

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA  
- FIBRA OBTENIDA DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado Por **Bachiller**  
**CESAREA DEL PILAR CALAMPA TORRES**

**TARAPOTO - PERU  
2000**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA  
FIBRA OBTENIDA DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado Por la Bachiller  
**CESAREA DEL PILAR CALAMPA TORRES**



**TARAPOTO - PERU**

**2000**

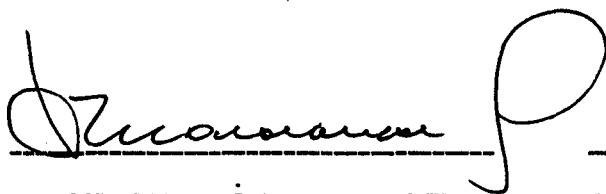
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN  
FACULTAD DE INGENIERIA  
AGROINDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA  
FIBRA OBTENIDA DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**

Presentado Por la Bachiller  
**CESAREA DEL PILAR CALAMPA TORRES**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO**




ING. MSc. CARLOS R. MALDONADO TITO

**Presidente**



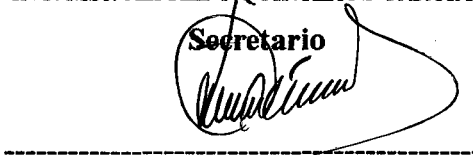
ING. MSc. ALFONSO LESCANO SANMARTIN

**Miembro**



ING. MSc. ALFREDO QUINTEROS GARCIA

**Secretario**



ING. MSc. JAIME G. GUERRERO MARINA

**Asesor**

**TARAPOTO – PERU**

**2000**

# INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN .....	01
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	02
2.1.	PLÁTANO ( <i>Musa paradisiaca</i> ) .....	02
2.2.	VARIETADES .....	03
2.2.1.	Cultivares de Plátano Existentes en el Trópico Americano .....	04
2.2.2.	Clones de Plátano Cultivados en el País .....	07
2.3.	EL SISTEMA FOLIAR .....	08
2.4.	EL PECIOLO .....	09
2.5.	NERVIACIÓN CENTRAL .....	09
2.6.	EL LIMBO .....	09
2.7.	INICIACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA INFLORESCENCIA ...	10
2.8.	CELULOSA .....	11
2.8.1.	Celulosa de Hojas .....	15
2.8.2.	Celulosas de Reserva .....	16
2.9.	HEMICELULOSA .....	16
2.9.1.	Separación de las Hemicelulosas .....	19
2.9.2.	Unidades de Azúcares en las Hemicelulosas .....	20
2.9.3.	Diferencias entre la Celulosa y las Hemicelulosa .....	21
2.10.	LIGNINA .....	22
2.11.	GOMAS .....	22
2.12.	MUCILAGOS .....	22

2.13. RESINAS .....	23
2.14. ESTRUCTURA DE LA FIBRA .....	23
2.15. FIBRAS VEGETALES NO MADERABLES .....	24
2.15.1. Fibras de Frutos .....	24
2.15.2. Fibras Liberianas .....	25
2.15.3. Fibras de Tallos .....	29
2.15.4. Fibras de Hojas .....	31
2.15.5. Fibras Animales .....	34
2.15.6. Fibras Minerales .....	34
2.15.7. Fibras Regeneradas y Sintéticas .....	35
2.16. RESISTENCIA DE MATERIALES .....	37
2.17. MODULO DE YOUNG .....	37
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN .....	38
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....	38
3.2.1. Materia Prima .....	38
3.2.2. Identificación de la Materia Prima .....	38
3.2.3. Materiales .....	44
3.2.4. Reactivos .....	45
3.2.5. Equipos .....	45
3.3. METODOLOGÍA .....	46
3.3.1. Acondicionamiento y Obtención de Fibra .....	46
3.3.2. Descripción del Acondicionamiento y Obtención de .....	47
Fibra de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	

3.3.3.	Secuencia de Actividades para la Determinación de ..... Holocelulosa	48
3.3.4.	Secuencia de Actividades para la Determinación de ..... Celulosa	50
3.3.5.	Secuencia de Actividades para la Determinación de ..... Ceniza	52
3.3.6.	Determinación del Análisis Químico .....	53
3.3.7.	Determinación de Propiedades Físicas .....	60
3.3.8.	Diseño Estadístico .....	64
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>65</b>
4.1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA .....	65
4.2.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA DE DE HOJA DE PLÁTANO	75
<b>V.</b>	<b>DISCUSIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>89</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>90</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>91</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>93</b>

## LISTA DE CUADROS

Nº	TÍTULO	Pág.
01	Superficie Sembrada por Campañas (Has)	95
02	Precios en Chacras del Plátano (S/. x K.)	96
03	Producción de Plátano del Alto Mayo con Relación a la Región San Martín 1995 (TM)	97
04	Clasificación de Fibras Textiles	98
05	Contenido de Celulosa y Hemicelulosa en Holocelulosa de la Fibra de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en dos Etapas de Desarrollo	66
06	Contenido de Lignina de la Fibra de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en Muestra Libre de Extraíble	67
07	Porcentaje Promedio de Extraíbles de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) por cada Solvente Utilizado	68
08	Porcentaje de Ceniza de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	69
09	Promedio de Componentes Químicos de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	70
10	Promedio de Algunas Propiedades Físicas de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en Comparación con las Fibras Textiles	76
11	Datos de Longitud (cm) y Fuerza (gr) Usados para Obtener el Módulo de Elasticidad	80

Nº	TÍTULO	Pág.
12	Longitud y Diámetro de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	82
13	Densidad y Contenido de Humedad Determinada de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	83
14	Comparación de color de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) con las Principales Fibras Textiles	84



## LISTA DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	Pág.
01	Materia Prima Utilizada para Obtención de Fibra de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	39
02	Fibras Obtenidas de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa 2 antes de la Floración y después de la Fructificación	40
03	Fibras Obtenidas de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa 6 antes de la Floración y después de la Fructificación	41
04	Fibras Obtenidas de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa 11 antes de la Floración y después de la Fructificación	42
05	Fibras Obtenidas de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa 16 antes de la Floración y después de la Fructificación	43
06	Acondicionamiento y Obtención de la Fibra de la Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	46
07	Secuencia de Actividades para la Determinación de Holocelulosa	49
08	Secuencia de Actividades para la Determinación de Celulosa	50
09	Secuencia de Actividades para la Determinación de Lignina	51
10	Secuencia de Actividades para la Determinación de Ceniza de la Fibra de Hoja de Plátano	52
11	Extracción de la Fibra de Hoja de Plátano con Solvente Utilizado	55
12	Obtención de Ceniza de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> )	61

Nº	TÍTULO	Pág.
13	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 2 antes de la Floración	71
14	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 2 después de la Fructificación	71
15	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 6 antes de la Floración	72
16	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 6 después de la Fructificación	72
17	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 11 antes de la Floración	73
18	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 11 después de la Fructificación	73
19	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 16 antes de la Floración	74
20	Componente Químico de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 16 después de la Fructificación	74
21	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 2 antes de la Floración	77

Nº	TÍTULO	Pág.
22	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 2 después de la Fructificación	77
23	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 6 antes de la Floración	78
24	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 6 después de la Fructificación	78
25	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 11 antes de la Floración	79
26	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 11 después de la Fructificación	79
27	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 16 antes de la Floración	80
28	Módulo de Elasticidad de la Fibra de Hoja de Plátano ( <i>Musa paradisiaca</i> ) en la Capa ó Vaina 16 después de la Fructificación	81

# *Dedicatoria*

*A mis padres:*

*Gabriel*

*y*

*Celina*

*Por haber sembrado en mí principios de superación.*

*En memoria a mi tío:*

*Vicente*

*A mi hermano:*

*Rusell,*

*Por todos sus buenos consejos.*

## *Agradecimientos*

- *A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto por brindarme las facilidades para realizar mis estudios en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial.*
- *Al Ingeniero M.Sc. Jaime Guerrero Marina profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial por su asesoramiento en forma constante.*
- *Al Lic. Cesar Costa Polo, por el apoyo brindado en las instalaciones del laboratorio de Física y por su co – asesoramiento.*
- *Al Sr. Guido Saavedra Vela, técnico del laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos TEPANAL de la Universidad Nacional de San Martín.*

- *Al Señor Manuel Tuesta Rivero, por su colaboración incondicional en mi vida universitaria.*
- *Finalmente agradezco a todas las personas que en forma especial y anónima han apoyado en forma directa e indirecta la ejecución del presente trabajo de investigación.*

## RESUMEN

Se evaluó propiedades físicas y químicas de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) tomándose muestras en dos etapas de desarrollo pre-floración y post fructificación.

Los análisis químicos dieron como resultado promedio en las diferentes fibras evaluadas contenidos en la etapa de pre-floración los siguientes valores 55,75% Celulosa; 15,28% Hemicelulosa; 12,24% Lignina; 14,47% Extraíbles y Ceniza 2,76%.

Mientras que en etapa de post - fructificación se obtuvo mejores resultados en la obtención, en cuanto a celulosa fue de 66,68%; hemicelulosa 7,56% Lignina 9,58% Extraíbles 14,32% y Ceniza 2,39%.

Haciéndose el acápite de que la fibra que corresponde a la última capa o vaina que fue la 16 en post - fructificación se obtuvo un 93% de celulosa en holocelulosa.

Todo los análisis químicos realizados están referidas a muestras anhidras.

Los ensayos físicos que involucraron la determinación en promedio de diámetro, longitud, resistencia a la tensión, módulo de elasticidad, humedad, densidad y color fueron evaluadas en muestra húmeda y dieron como resultado los siguientes valores. En pre-floración el diámetro fue de 0,056mm, longitud 560mm, módulo de elasticidad 34,421 MN/m<sup>2</sup>, resistencia a la tensión 416 MN/m<sup>2</sup> contenido de humedad 7,05%, densidad 2,34mg/m<sup>3</sup>.

Por su parte en post – fructificación se obtuvo diámetro de 0,058mm, longitud 650mm, módulo de elasticidad 57,024MN/m<sup>2</sup>, resistencia a la tensión 690MN/m<sup>2</sup>, contenido de humedad 6,19%, densidad 2,48mg/ m<sup>3</sup>.

Finalmente en el color se encontró que la fibra que corresponde a la capa ó vaina 6 en pre-floración la evaluación dió como resultado una fibra de color amarillo grisáceo y opaca, mientras que para la 11 de post – fructificación la misma evaluación dió como resultado una fibra amarilla y apariencia lustrosa.

Evaluaciones que concluyen en la obtención de una fibra de calidad con fines artesanales y/o industriales en áreas como textilería, cordelería, pulpa para papel, esteras y otros.



## SUMMARY

The leaf of banana (*Musa paradisiaca*) has been evaluated its physical and chemical properties, taking samples in two period of development before flowering and after fructification the chemical analysis gave an average result in the different fibers evaluated contained before flowering period the following 55,75% cellulose, 15,28% hemicellulose, 12,24% lignin, 14,47% extract and 2,76% ashes.

While in the after fructification period I had obtained best results with regard cellulose was 66,68%, hemicellulose 7,56%, lignin 9,58% extract 14,32% and 2,39% ashes

Doing the paragraph what the fiber correspond 93% of cellulose in hollocellulose.

All chemical analysis realized were refered in dried sample

The physical attempt that involved the determination in diameter average, lenght, elasticity module, resistance to the tensión, moisture, density and color were evaluated in wet sample.

Before flowering I obtained an average diameter 0,056 mm, lenght 560 mm, elasticity module 34,421 MN/m<sup>2</sup>, resistance to the tensión 416 MN/m<sup>2</sup>, moisture contain 7,05% density 2,34 mg/m<sup>3</sup>.

In another direction after fructification I had gotten an average diameter 0,058 mm, lenght 650 mm, elasticity module 57,024 MN/m<sup>2</sup>, resistance to the tension 690 MN/m<sup>2</sup>, moisture contain 6,19% density 2,48 mg/m<sup>3</sup>.

Evaluations what I have concluded in the obtains of a quality fiber with uses as handmade and/or manufacturer in areas like textile, cord, pulp of paper, manufacture of mat and so forth.

## I. INTRODUCCIÓN

Teniendo conocimiento que la región San Martín, presenta una gran variedad de microclimas, suelos aptos y amplias zonas dedicadas a la agricultura en las cuales una de las especies que mas se cultiva debido a la demanda por el hábito de consumo de la población es el plátano (*Musa paradisiaca*), del cual se aprovecha el fruto y ocasionalmente otras partes restantes de esta planta el poblador de las zonas rurales encuentra su uso en la elaboración de esteras, sogas, como aditivo en la fabricación de adobes y otros sin ningún tipo de procesamiento y siendo la Agroindustria una posibilidad de aprovechamiento integral de los recursos, se justifica realizar este trabajo de investigación evaluando sus propiedades físicas y químicas de la fibra obtenida de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) y de esta manera darle un mayor valor agregado a este cultivo.

Los antecedentes reportan trabajos similares para otro tipo de fibras como algodón, ramio, yute, cáñamo, hojas de abacá (*Musa textilis*) esta última perteneciente a la familia de las Musáceas, con estas fibras se compararán los resultados obtenidos en el presente estudio. La metodología utilizada involucra procesos químicos y físicos los que permiten determinar las cantidades y cualidades de esta fibra obtenida.

Bajo esta perspectiva los objetivos planteados en la presente investigación son los siguientes

Obtener fibra de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*), evaluar las propiedades físicas y químicas de la fibra obtenida y determinar su variabilidad a diferentes etapas de desarrollo y por número de capas o vainas foliares.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)

La ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA (8), describe botánicamente al plátano del modo siguiente:

Nombre científico	:	<i>Musa paradisiaca L.</i>
Nombre comunes	:	Banano, habano, banana, jamaico
Otro idioma	:	Banana tree (ing)
Clasificación Sistemática	:	
- Reino	:	Vegetal
- Clase	:	Angiospermae
- Sub clase	:	Monocotyledoneae
- Orden	:	Scitamineae
- Familia	:	Musaceae
- Género	:	Musa
- Especie	:	paradisiaca L.

Esta planta es sembrada en casi todos los países tropicales. El banano es el mayor cultivo de las frutas tropicales de mayor importancia en la economía mundial. La producción total de bananos y plátanos combinados es más de 55 millones de toneladas y en términos de la producción total de frutas es el segundo después de la uva. La planta, la cual crece a una altura de 3-10 metros es considerada una hierba gigante.

La fruta se desarrolla en las ramas que salen del tronco, y una sola planta puede algunas veces producir más de 200 bananas, citado por SHAW (22).

CHAMPION (6), menciona que el plátano es una planta herbácea. El tallo verdadero es corto y permanece soterrado, no sobresaliendo apenas del suelo hasta la época de la floración, por esta posición se le designa comúnmente como rizoma o mejor como bulbo, términos botánicamente discutibles en este caso, pero prácticamente utilizado en todos los países tropicales.

Según SIMMONDS (23), manifiesta que los plátanos son principalmente hierbas perennes, amontonados, con sistemas radicales adventicios y tallos simpódicos subterráneos; los tallos aéreos son altos y están sostenidos por las vainas foliares, unidas apretadamente, que forma el pseudotallo.

CHAMPION, (6) El plátano a fines del siglo pasado era una planta casi desconocida en Europa, a donde habían llegado muy escasos ejemplares traídos de las regiones tropicales por naturalistas viajeros y se conservaban como preciosas rarezas en los invernaderos cálidos de algunos museos de las capitales europeas. En nuestros días las investigaciones son cada día más crecientes paralelamente con una producción comercial.

CHAMPION, (6), señala que actualmente no existe un país cálido en el que no abunden los plátanos; donde no sean utilizados para la alimentación humana.

## 2.2. VARIEDADES

OCEANO (19) encuentra que en las zonas tropicales asiáticas se cultiva un sinnúmero de variedades. Hay zonas donde cada villa se caracteriza por tener su propia calidad de plátano. En los trópicos americanos, sin embargo, no sucede lo mismo. La limitada cantidad de variedades introducidas en esta parte del planeta es, en la mayoría de

los casos, de inferior calidad a la de los plátanos asiáticos. La variedad Gros Michel, introducida por la United Fruit Company en Centro América, es casi la única excepción a esta regla, ya que su calidad está al mismo nivel de las mejores clases asiáticas.

Una variedad muy apreciada, típica de los climas subtropicales, es el plátano enano de las Islas Canarias. Las variedades enanas son casi las únicas que pueden cultivarse a alturas cercanas a los 1,000 metros, lógicamente en regiones tropicales.

Asimismo, CHAMPION (6) y BURKILL (4) explicaban como Carlos Linneo disponiendo de muy poca información ignoraba evidentemente la existencia de la mayor parte de las especies y variedades. Después de pacientes investigaciones había sacado la conclusión de que la *Musa paradisiaca* se refiere a una variedad de banano llamado "French plantain" en las Antillas de habla inglesa. Durante unos cincuenta años, según se ha ido efectuando su reconocimiento, los clones se han venido reportando de manera casi sistemática, con el criterio de que la *Musa sapientum* abarca plátanos cuyos frutos se pueden consumir en crudo, mientras que los comprendidos por la *Musa paradisiaca* producen frutos que para el consumo precisan de la cocción previa.

#### 2.2.1. Cultivares de Plátano Existentes en el Trópico Americano

FIGUEROA-WILSON (9), mencionan que el número total de cultivares de plátano se calcula aproximadamente en 300 clones, de los cuales la mitad serían clones primarios y la otra mitad mutantes somáticos.

Los cultivares de plátano existentes en el país y en las Américas se han originado de (*Musa acuminata*) y mediante la formación de híbridos con (*Musa balbisiana*).

Un primer grupo de híbrido comprende cultivares que se derivan de (*Musa acuminata*):

AA : Plátano "moquillo", también conocido en otros países con los nombres de "azucarado", "bocadillo", "orito" y "ouro".

Plátano "seda" o "gros michel", este subgrupo incluye a "cocos" y "highgate", "cavendish", este subgrupo comprende al "cavendish enano" y "cavendish gigante" habiéndose entre ambos un rango de estatura.

"Lacatán americano", "valery", "rojo" o "morado" y sus mutantes verdes.

"Lujugira", del este de Africa, presente también en países de Sudamérica, como es el caso de "sao tomé" en Brasil.

AAAA : Plátano "IC<sub>2</sub>" producto del cruce del "seda" con (*Musa acuminata*) silvestre. Un segundo grupo que comprende clones de la especie (*Musa balbisiana*). De este grupo no se tiene cultivares en el país, pero existen clones silvestres de la fórmula BB en otras zonas tropicales del mundo. Un tercer grupo incluye a los híbridos triploides.

**AAB** : Incluye a los cultivares conocidos como "inguri", "dominico" o "largo", que desarrollan racimos de frutos numerosos y de tamaño mediano.

"Bellaco" o "hartón", con racimos formados por frutos grandes y en número reducido.

A este subgrupo también pertenecen los plátanos "silk", conocido como "manzano", "apple" o "maca".

Asimismo, "pome" o "prata", que tiene mutantes en algunos países con frutos más grandes, como es el caso de "pacovan" en Brasil.

"Mysore" es un híbrido muy importante en el sur de la India pero está siendo difundido en el Brasil por su resistencia al mal de Panamá.

**ABB** : Dentro de estos híbridos triploides se incluye el "bluggoe", "chato".

Estos plátanos presentan poca variabilidad en las Américas, en cambio alta variabilidad en la India.

"Pisang awak" o "Kluai namwa", etc., se encuentran dispersos en los países de Asia y también en Africa.

Dentro de los híbridos de este subgrupo se tiene el cultivar "Isla", del cual se distingue por lo menos cuatro clones con ciertas diferencias

entre ellos y son cultivados tanto en áreas de selva como de la costa del país.

### 2.2.2. Clones de Plátano Cultivados en el País

Los clones de plátanos más importantes en el país son mayormente triploides de (*Musa acuminata*) (AAA) o híbridos de (*Musa acuminata*) x (*Musa balbisiana*) (AAB y ABB). Dentro de cada uno de éstos híbridos existen varios clones derivados de mutaciones que se han perpetuado en diversas localidades.

El "INGUIRI", también denominado 'Dominico' en la costa norte del país. Este cultivar posee clones con el pseudotallo de color verde blanquecino, verde amarillento y verde rosado con manchas oscuras. La altura de la planta en promedio, es de 3.0 m y con un diámetro en su base de 20 cm. Las brácteas de la inflorescencia son rectas, persistiendo las más próximas al "badajo". Las flores masculinas presentan un color amarillo. A la madurez comercial el racimo en promedio, tiene 84 "dedos", con un peso por "dedo" de 160 g. A la madurez fisiológica es de color amarillo, el fruto presenta los extremos más delgados y en un corte transversal se observa el borde anguloso, con dos filas de óvulos en cada uno de los tres lóculos; la pulpa de un clón a otro varía de amarillo a rosado o blanco. Tienen un alto contenido de almidón, como tal preferentemente su consumo es cocinado. El 'Inguiri' es resistente al "Mal de Panamá" y a la "Sigatoka".



### 2.3. EL SISTEMA FOLIAR

CHAMPION (6), indica que la hoja del plátano adulto comprende, partiendo de la base, la vaina, el peciolo, la nerviación central y el limbo. La vaina es alargada, recta, con bordes rectilíneos, salvo en sus extremidades. Si se le corta transversalmente, se presenta en forma decreciente con bordes extremadamente finos, con una parte central más compacta (23 cm), las epidermis de sus dos caras son lisas y pulidas y la cara convexa de las vainas mas exteriores adquiere una pigmentación variable según los clones. En el mismo corte, la estructura lagunar es muy visible, debido a que estos huecos o vacíos dispuestos en fila ocupan casi toda la longitud; las separaciones son longitudinalmente continuas y contienen haces conductores liberoleñosos y largos haces de fibras.

Los alveolos (especies lagunares), generalmente están llenas de aire, esta disposición alveolar origina la buena rigidez de cada vaina cuyo perfil en forma creciente aumenta la resistencia.

Las vainas están fuertemente imbricadas unas en otras. Los más antiguos van siendo rechazados hacia el exterior por el desarrollo de los más jóvenes, en el centro. Continúan creciendo y el arco que forman se va abriendo a medida que la faja va pasando a la parte externa.

Por su parte SIMMONDS(23) Señala que la hoja de plátano es esencialmente una vaina modificada, y que la posición de la hoja varia con la edad, desde vertical en el momento del brote hasta horizontal o por debajo de la horizontal hacia el final de su vida.

#### 2.4. EL PECIOLO

CHAMPION (6), manifiesta que el extremo de la vaina se estrecha y apelmaza cada vez más, la cara cóncava creciente se abarquilla por levantamiento de sus bordes. Persisten los alveolos, pero dispuestos de otra forma y son más estrechos. Las haces de fibra quedan, pues apretadas (el peciolo es más rígido, robusto y apto para soportar el peso importante del limbo que según las variedades, alcanza de 30 a 60 cm de ancho).

SIMMONDS (23), señala que la vaina persiste mucho tiempo después de que la lámina y el peciolo han muerto, pero también ella, finalmente se pudre y después se seca, desprediéndose los restos durante una etapa posterior del crecimiento del pseudotallo.

#### 2.5. NERVIACION CENTRAL

CHAMPION (6), menciona que la nerviación central es la prolongación sin transiciones del peciolo. Se va adelgazando progresivamente hasta el ápice de la hoja.

#### 2.6. EL LIMBO

Además CHAMPION (6), cita que el limbo se encuentra a ambos lados de la nerviación y como prolongación de sus alas, se desarrollan los dos semilimbos, casi simétricos y cuyo conjunto forma un óvalo alargado. Existe una variabilidad de las dimensiones de los limbos de las hojas más grandes, el ancho varía de (70 a 100 cm) que la longitud (200 a 400 cm).

El espesor de los limbos varía de 0,35 a 1,00 mm, según los diversos factores: porción del limbo y estado de poliploidia.

El limbo se presenta con una lámina delgada y muy verde en su cara anterior, más o menos glauca la inferior.

SIMMONDS (23), manifiesta que el limbo ó lámina alcanza su madurez en tamaño y forma y es de color verde antes de ser expelida fuera del pseudotallo. Además el proceso del desenrollado de la lámina ha sido estudiado por SKUTCH (1930). Al brotar del pseudotallo, la lámina se presenta como un cilindro enrollado en forma apretada, en el cual la vernación es constante. El despliegue comienza en la punta de la hoja y progresa hacia abajo, conforme la base va saliendo del pseudotallo por el crecimiento de la vaina que porta la hoja.

## **2.7. INICIACION Y ESTRUCTURA DE LA INFLORESCENCIA**

SIMMONDS (23), explica, que la inflorescencia se forma a partir del punto vegetativo transformado, en el corazón del pseudotallo, y experimenta gran parte de su desarrollo antes de brotar.

La inflorescencia experimenta un desarrollo considerable, antes de que el tallo aéreo comience a elongarse. La elongación una vez iniciada es rápida.

**VIAN (24) Constitución de los Vegetales**

Todos los vegetales y especialmente los leñosos, están constituidos principalmente, aparte del agua por dos tipos de sustancias: Celulosa y Lignina. El porcentaje de ambas en el total de la planta es variable y oscila alrededor de 90%, distribuyéndose el resto entre grasas, resinas, ceras, sustancias minerales y otros.

La separación de los constituyentes de la planta puede conseguirse por extracciones sucesivas con diversos disolventes así se solubilizan con eter: grasas, cenizas, resinas, aceites esenciales, con agua a evolución: agua, pectinas, gomas, taninos, azucares, con alcali: lignina y celulosa.

## 2.8. CELULOSA

Con su carácter macromolecular, es la estructura fibrosa y constituye los tejidos de sostén del vegetal.

VIAN (24), indica que la fracción celulósica de la madera u holocelulosa, está constituida por una mezcla de polisacáridos bastante análogos, pero diferentes.

Si una vez aislada toda la fracción celulósica se la trata con disolución de sosa cáustica al 17.5% y a 20 °C se solubiliza parcialmente, quedando un resto insoluble, que es la alfa celulosa, llamada también celulosa noble.

La Celulosa es quizá el compuesto de mayor peso molecular de todos los polisacáridos naturales conocidos y uno de los que resisten mejor el ataque de ciertos productos químicos, así como de los microorganismos. Sus moléculas permanecen

extendidas, pero en general se entrelazan fuertemente y entonces es muy difícil disolverlas, a menos que sea en condiciones especiales.

La celulosa, cualquiera que sea su procedencia, tiene la misma composición química, aun cuando existe una diferencia entre la longitud de las cadenas de moléculas, lo mismo que el grado de orientación molecular de la estructura de los tejidos celulósicos.

Las celulosas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  sólo se diferencian por el fraccionamiento que experimenta la molécula al tratarla con una solución hidróxido sódico al 17,5 % y a la temperatura ambiente. La  $\alpha$ -celulosa es la fracción que permanece sin disolver.

La  $\beta$ -celulosa se disuelve, pero puede precipitar acidificando la solución alcalina, mientras que la celulosa permanece en solución. Estas diferencias se deben a las variaciones en la longitud de la cadena molecular, y así como a la inclusión de hemicelulosa como la xilana. El algodón es de los más ricos en celulosa, siguiéndole en importancia el lino, que contiene del 80 al 90 %, el cáñamo el 65%, el yute del 60 al 70%, y el ramio el 85%. Las fibras de hojas, como las de abacá, plátano y sisal, contienen del 50 al 70 % de celulosa.

La madera está formada por un 40 a 50 % de celulosa y en la actualidad constituye la fuente más importante de este producto. Otros residuos agrícolas, como los tallos de maíz, los zuros de esta gramínea y la paja de cereales, incluyen alrededor de un 30%.

Las plantas inferiores contienen también celulosa; se ha comprobado que en las algas verdes del tipo de Valonia (Asbtury, Marwick y Bernal), Halicystis y Cladophora

(Astbury y Preston) esta substancia forma parte de las paredes celulares. Asimismo las laminarias (Percival y Gross) la contienen en alguna cantidad. Y en las algas marinas puede constituir del 1 al 20 % de su materia seca.

Se ha podido identificar igualmente la presencia de celulosa en la bacteria *Acetobacter xylinum* (Farr y Eckerson) entre otros microorganismos.

La celulosa, como otros polisacáridos, tiene cierta afinidad por el agua; normalmente, su contenido de humedad es del 8 al 9 %. La mayoría de las reacciones de esta substancia comienzan con la celulosa fibrosa, que es en parte cristalina. El principal problema es la química de la celulosa consiste en que todas las partes de fibra puedan reaccionar, lo cual se consigue cuando ésta se ha hinchado lo suficiente para que aquéllas queden en contacto con la substancia reaccionante.

Los álcalis ejercen un efecto particular sobre la celulosa. El amoníaco gaseoso es absorbido casi totalmente por la celulosa, lo mismo que la solución de hidróxido amónico, sin que se altere la estructura reticular de aquélla. El amoníaco líquido también reacciona formando un complejo de amoníaco-celulosa con una estructura modificada. Sabido es que la solución de hidróxido de cupriamonio posee propiedades de disolución muy activas porque forma un complejo de cobre y amoníaco, del cual libera amoníaco.

Otro medio para disolver la celulosa puede ser una solución cúprica de hidroxietilendiamina, que resulta muy estable.

Las soluciones de hidracina, etilendiamina y tetrametilendiamina actúan sobre la celulosa formando compuestos expandidos. Otros álcalis, como el hidróxido de

tetraetilamonio, el hidróxido de dibencildimetilamonio e hidróxido de benciltrimetilamonio, obran de la misma forma, y son disolventes para la celulosa, actuando con la máxima concentración cuando la solución es 2N. Los tratamientos con soluciones de hidróxido sódico son conocidas desde 1844, en que los descubrió John Mercer; de ahí que este procedimiento se denomine "mercerización". Consiste éste en tratar las fibras de algodón con solución de hidróxido sódico, a la vez que se les somete a tensión para prevenir su encogimiento. El algodón así tratado presenta un aspecto suave y lustroso y los tintes se adhieren mucho mejor.

Una de las reacciones más importantes es la que experimenta la celulosa sódica con el disulfuro de carbono ( $S_2C$ ) par formar un xantato sódico de celulosa soluble, del cual se derivan el rayón, los papeles transparentes, las esponjas de celulosa y otros muchos productos. Esta reacción se descubrió en 1892. Industrialmente, se prepara sumergiendo la pulpa de celulosa en una solución al 18% de hidróxido sódico a 15-25°C durante 30 a 60 minutos. El exceso de sosa cáustica se separa mediante prensada, formándose así unas láminas que pueden disolverse. Estas láminas se dejan de 1 a 3 días a 25-30°C para que absorban oxígeno y la viscosidad de la celulosa se reduzca a la cifra deseada. Luego, el producto se coloca en tambores rotativos con disulfuro de carbono, por espacio de 1 a 3 horas a 20 y 35°C, formándose el xantato de color amarillo anaranjado, al que se deja madurar de 1 a 3 días más a 15-2°C.

Con lo que respecta a los ácidos, producen asimismo reacciones con la celulosa y en concentraciones altas pueden modificar la estructura cristalina, disolviendo aquélla. El ácido clorhídrico a una concentración del 43% produce la disolución total, incluso a bajas temperaturas. Soluciones de 10,5 moles/lit de ácido sulfúrico o 14,1 de ácido fosfórico

también actúan como disolventes, aunque el último disuelve únicamente las materias de bajo peso molecular. La celulosa precipita de nuevo cuando estas soluciones se diluyen con agua. Todos los ácidos producen la hidrólisis de la celulosa, pero el fosfórico ejerce una acción mucho más moderada que los anteriores. El ácido nítrico absorbe igualmente la celulosa, produciendo un compuesto que contiene el 14,8% de nitrógeno. En cuanto a la hidrólisis, es sabido que tiene efecto con el 0,5% de ácido sulfúrico a 150°C al tratar con esta solución la madera; así pueden producirse hidratos de carbono de bajo peso molecular, en general azúcares sencillos (manosas).

### 2.8.1. Celulosa de Hojas

RAFOLS (20), indica que las fibras vegetales obtenidas de las hojas y aprovechadas corrientemente por la industria son muchas. Las más abundantes son las llamadas fibras duras, que se emplean por lo general en la fabricación de cuerdas, contándose entre las más importantes el abacá, el sisal y el henequén o pita.

La primera de ellas se obtiene de la planta de (*Musa textilis*) y se prepara secando las hojas después de haber separado mecánicamente la pulpa y peinándola a continuación para quitar las partes impuras. Contiene un 63.2% de celulosa. De la misma familia que esta fibra es la del plátano (*Musa sapientium*), que en algunos lugares se aprovecha para la fabricación de pulpa de papel de cierta calidad. Ofrece posibilidades económicas y por eso en algunos lugares se aprovechan comercialmente los importantes residuos que se obtienen de la recolección de los frutos.



El sisal (*Agave sisaliana*) y el henequén (*Agave fourcroydes*) tienen similar utilización a las anteriores, pues sus hojas, convenientemente despulpadas y secadas, producen fibras de gran dureza, utilizadas sobre todo en cordelería y saquerío. El sisal contiene un 65% de celulosa.

Otras fibras importantes son las que proporcionan las especies de *Bromelia*, que también se utilizan para cuerdas por ser resistentes; la más importante es la *Bromelia pinguin*, planta muy semejante a la piña americana (*Ananas comucrus*) y cuya fibra se ha usado también para la manufactura textil.

Algunas especies de yuca se ha empleado en la producción de pulpa para papel y cuerdas.

### 2.8.2. Celulosas de Reserva

HILL (11), manifiesta que por sus características físicas estas sustancias se parecen a la celulosa de la que difieren en sus propiedades químicas. Entre ellas se cuentan las hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos. Algunos de estos compuestos tienen una doble misión, pues aumentan la consistencia de las membranas celulares y sirven al mismo tiempo como alimento de reserva. Las hemicelulosas pueden transformarse gradualmente en pectinas y luego en gomas.

## 2.9. HEMICELULOSA

CASEY (5), menciona que la celulosa y la lignina de las paredes celulares de la planta están estrechamente interpenetradas por una mezcla de polisacáridos denominados hemicelulosas. El nombre de hemicelulosa lo sugirió originalmente Schelze en 1891,

para designar a los polisacáridos extraíbles de las plantas mediante álcali acuoso. Actualmente la mayoría de los investigadores limitan el nombre de hemicelulosas, utilizándolo para designar los polisacáridos de la pared celular de las plantas de tierra, excluyendo la celulosa y los componentes pécticos.

En general las hemicelulosas son sustancias insolubles en agua, solubles en álcali, y que se hidrolizan más fácilmente en ácidos que lo que ocurre con la celulosa. Estructuralmente, las hemicelulosas difieren de la celulosa en que son ramificadas y tienen un peso molecular mucho más bajo.

RAFOLS (20), menciona que estos polisacáridos se encuentran en las plantas asociados con la celulosa, de la cual se diferencian en que son solubles en soluciones alcalinas. Si a un extracto alcalino de madera se le precipita con etanol, se obtiene una especie de goma de madera mucho más fácilmente hidrolizada que la celulosa. Por su relación con ésta se la denominó hemicelulosa en 1891.

La naturaleza precisa de las hemicelulosas todavía se desconoce. Son una mezcla de glicanas no modificadas, algunas de ellas compuestas por pentosas y otras por unidades de hexosa, o bien son glicanas (poliurónidos) modificadas que contienen uno o más grupos de ácidos glicurónidos unidos formando la molécula polisacárida. Existen una gran variedad en concordancia con el tamaño molecular que alcanzan, y debido a estas diferencias, así como a sus propiedades ácidas, estos polisacáridos constituyen un grupo de hemicelulosas muy variable en cuanto a solubilidad. Por consiguiente, es difícil separar un tipo molecular puro mediante fraccionamiento. Sin embargo, para una misma especie de planta o tejido, el número de estos polisacáridos en general no es muy grande,

unos tres o cuatro por planta. Se sabe, sin embargo, que la mayoría de las hemicelulosas están constituidas por un polisacárido, la xilana, y al mismo tiempo, si bien con no tanta frecuencia, por un polímero de xilosa que contiene uno o más grupos de ácido D-glucurónico. En las maderas blandas la manmana substituye a la xilana o al polisacárido formado por este hidrato de carbono. También se encuentran galactanas y arabanas en algunas preparaciones de hemicelulosa y al mismo tiempo existen algunas moléculas de celulosa de bajo peso molecular. Las hemicelulosas pueden hidrolizarse por medio de ácidos diluidos en caliente, dando hexosas y pentosas. El tipo de azúcar obtenido depende de los precursores polisacáridos, como la xilana y la galactana. Los ácidos urónicos, como el glucurónico y el galacturónico, también pueden obtenerse de hemicelulosas. Es interesante hacer notar la relación que existe entre los grupos de azúcares sencillos partiendo de distintas hemicelulosas. Las hemicelulosas se dividen en general, en dos grupos: el de los poliurónidos, que no se relacionan con la celulosa y contienen una cantidad considerable de ácidos urónicos, y la celulosana (derivada de una combinación de la celulosa con la hexosana y la pentosana), que se refiere a las hemicelulosas que se hallan íntimamente asociadas con la celulosa y no contienen ácidos urónicos. La celulosana se ha encontrado en muchas formaciones de celulosa y es el polisacárido xilana que da la D-xilosa al que se libera de los extractos (los cuales son solubles en agua fría o en solventes orgánicos neutros) y luego se libera cuidadosamente de la lignina, rinde un producto fibroso llamado holocelulosa, que representa la suma total de la celulosa y otros polisacáridos. Estos últimos se llaman, generalmente hemicelulosas (o poliosas).

El mismo RAFOLS (20), manifiesta que es otra de las combinaciones de polisacáridos existentes en las paredes celulares, es una fracción obtenida de extractos de

madera mediante un tratamiento alternado con cloro y alcohol-piridina, o con cloro y alcohol de 95° que contenga un 3% de monoetanolamina. Estos métodos sirven para quitar el leño de la madera sin separar ninguna porción de hidratos de carbono. La holocelulosa puede considerarse como la suma total de las sustancias que integran las paredes celulares.

### 2.9.1. Separación de las Hemicelulosas

LIBBY (16), las hemicelulosas pueden separarse de la holocelulosa por medio de un tratamiento con una solución acuosa de hidróxido de sodio o de potasio, de preferencia en atmósfera de nitrógeno. Aquí también, la separación de las hemicelulosas solubles en álcali, de la celulosa resistente al álcali, es imperfecta. Sin embargo, cuando se usa una técnica específica, los resultados son reproducibles. Al efectuar dicha separación es importante establecer con precisión qué álcali y qué concentración alcalina se emplearon y mencionar las condiciones exactas de temperatura, tiempo de contacto con la holocelulosa, etc.

Cuando estas soluciones alcalinas de las hemicelulosas se acidifican ligeramente con ácido acético y se vacían en alcohol de 95%, las hemicelulosas precipitan en forma floculenta y pueden purificarse posteriormente con electrodiálisis o por reprecipitaciones que las liberan de la mayoría de sus contaminantes inorgánicos.

El residuo insoluble, álcali-resistente, es la celulosa de madera (a la que algunas veces se hace referencia como celulosa álcali-resistente). Dependiendo de

cómo se hicieron las separaciones, el residuo fibroso de celulosa aún retiene, en mayor o menor cantidad, las unidades de manosa y xilosa antes mencionadas.

### 2.9.2. Unidades de Azúcares en las Hemicelulosas

LIBBY (16), las hemicelulosas (cuando están libres de lignina) se hinchan más que la celulosa y son, en parte, dispersables en agua. Tienen propiedades adhesivas que no posee la celulosa. La celulosa comprende en gran proporción unidades de glucosa; las hemicelulosas contienen principalmente unidades de azúcares diferentes a la glucosa. Por lo general, la unidad predominante en las hemicelulosas es la xilosa, aunque con frecuencia están presentes unidades de manosa en cantidades apreciables, especialmente en el caso de las hemicelulosas de maderas de coníferas.

Las hemicelulosas también contienen invariablemente unidades de ácido urónico. Las diferentes unidades de azúcares también forman cadenas de polisacáridos, las cuales algunas veces están ligeramente ramificadas. Los grupos de ácido urónico están firmemente unidos con unidades de xilosa, de manera que cuando se hidroliza una hemicelulosa, se forma un disacárido modificado, conocido como un ácido aldobiurónico.

Las fracciones de hemicelulosas que contienen unidades de xilosa (y ácido urónico) a menudo se llaman xilanas, o más generalmente, pentosanas (puesto que la xilosa es la pentosa más común). Existe evidencia experimental indirecta de que estas xilanas también contienen grupos acetilo. Otro tipo de hemicelulosa consiste, en gran parte, de unidades de manosa unidas entre sí y a unidades de

glucosa (las cuales están presentes en cantidades más pequeñas). Estas fracciones son las glucomannanas, a las que generalmente se hace referencia como "mannanas".

### 2.9.3. Diferencias entre la Celulosa y la Hemicelulosa

Mientras que la celulosa puede tener un grado de polimerización de varios miles o más, el grado de polimerización de las hemicelulosas extraídas es, por lo general, de aproximadamente  $150 \pm 30$ . Los ácidos minerales diluidos en caliente, atacan a la celulosa con lentitud relativa, aunque hidrolizan a las hemicelulosas con bastante rapidez para formar los monosacáridos y los ácidos aldobiurónicos.

En tanto que la celulosa es fibrosa, las hemicelulosas son componentes no fibrosos de la madera. En general, las hemicelulosas no son cristalinas. Así muy claramente, las hemicelulosas pueden diferenciarse de la celulosa, aunque esta diferenciación diste de ser perfecta. La evidencia muestra que al menos una parte de las hemicelulosas pueden estar unidas químicamente a la lignina. La vieja idea de que la celulosa y la lignina estaban químicamente unidas entre si en la madera, ya no se sostiene más por la mayoría de los investigadores en esta materia.

En resumen, la celulosa es fibrosa, tiene alto grado de polimerización, es bastante insoluble en álcali frío, es relativamente poco afectada por los ácidos minerales diluidos, y está constituida, en gran parte, por cadenas largas de unidades de glucosa unidas a través de los átomos de carbono 1 y 4. Las hemicelulosas no son fibrosas, tienen un grado de polimerización promedio de aproximadamente  $150 \pm 30$ , y son bastante solubles en sosa cáustica diluida (después de que la madera se ha hidrolizado para formar mannososa, glucosa,

galactosa, arabinosa y ácidos aldobiurónicos). En la holocelulosa original, las hemicelulosas también contienen grupos acetilo que se saponifican cuando se extraen con álcali.

## 2.10. LIGNINA

VIAN (24), cita que aún no está totalmente identificada la estructura de este constituyente, aunque se sabe que las unidades fundamentales están formadas por un grupo propilo de constitución variable unidos guayacohilo, piperonilo o siringilo. Es un polímero no lineal es el agente que a modo de cemento aglomera aquellas fibras y fija su posición.

La lignina no tiene más reacciones de interés que las que motivan su solubilidad o insolubilidad, y esto importa para su separación de la celulosa.

Por su parte LIBBY (16), menciona que las ligninas aislados son polvos amorfas, de color café, con propiedades físicas que algunas veces varían ampliamente, dependiendo de método usado para prepararlos y de la fracción representada de la lignina total.

## 2.11. GOMAS

Proceden de la destrucción de la celulosa o de otros hidratos de carbono, y están formadas por un ácido orgánico combinado con sales inorgánicas.

Las gomas favorecen la retención de agua por la planta y son también como sustancias de reserva, HILL (11).

## 2.12. MUCILAGOS

Están estrechamente relacionados con las gomas, están ampliamente distribuidos en el mundo vegetal. El mucílago a menudo se halla asociado con la celulosa en las membranas celulares, HILL (11).

RAFOLS (20), Cuando se humedecen con agua no se disuelven, pero forman una masa gelatinosa.

### 2.13. RESINAS

HILL (11), las define como sustancias complejas que derivan probablemente de los carbohidratos, que se segregan en glándulas o canales, a menudo van asociados a los aceites esenciales y las gomas. Las resinas son insolubles en agua.

### 2.14. ESTRUCTURA DE LA FIBRA

La molécula de celulosa tiene numerosos grupos hidroxilo con fuerte tendencia hacia la unión del hidrógeno con el hidroxilo de moléculas adyacentes. Esta tendencia, en conjunto con la estructura molecular es responsable de la insolubilidad de la celulosa en agua, en contraste con su isómero, el almidón, y también de la tendencia que la celulosa tiene a formar áreas cristalinas.

Se ha demostrado que en el algodón, esta formación de fibrillas cristalinas es un proceso periódico que ocurre durante el día, alternándose con los períodos nocturnos cuando se forman las zonas fibrosas menos organizadas. El análisis de la disolución de la fibra indica que en las fibras de la madera se encuentra una organización similar.

De esta manera, una fibra está compuesta de fibrillas cristalinas, que, ocasionalmente, tendrán regiones en común con fibrillas vecinas, formando una fuerte unión entre fibrillas. Durante los períodos nocturnos de crecimiento, la estructura de la fibrillas quedará menos organizada, de modo que una zona de naturaleza amorfa sigue a



una zona de naturaleza más cristalina y así sucesivamente, estando siempre la última zona menos expuesta a hincharse.

## **2.15. FIBRAS VEGETALES NO MADERABLES**

LIBBY (16), clasifica las diferentes fibras en:

### **2.15.1. Fibras de Frutos**

#### **a. Algodón**

Es la base de la mayoría de los papeles de trapo, es una célula sencilla en forma de filamento, aplanada y torcida si está completamente madura. Las fibras forman una cubierta de la semilla del algodón y se separan de la misma durante el despepitado. Su longitud varía de 12 a 33 mm y su diámetro varía de 16 a 21  $\mu$ . Las paredes de la fibra madura son delgadas.

Debido a la escasez de materia prima, la industria papelera se ha visto forzada a usar los "linters" de algodón, además del trapo. Los "linters" son fibras bastante cortas (menos de 4 a 5 mm) que se separan de las semillas, después del despepitado por medio de máquinas cortadoras. Se usan en la producción de celulosa química y materiales de ella derivados, así como en la fabricación de papel.

#### **b. Kapok**

Se obtiene a partir de las vainas recogidas del árbol kapok, principalmente en Java, se usa como material para cojines, salvavidas y

colchones, y como material de desperdicio se emplea en ciertas limitaciones, en la industria del papel. Las fibras son de 10 a 30 mm de largo y de 20 a 45  $\mu$  de ancho, y tienen un lumen muy ancho y paredes delgadas.

**c. Fibra de la Cáscara de Coco**

Esta fibra se obtiene a partir de la cáscara del fruto del coco (filamentos). Se usa como cerda para cepillos y material para esteras, colchones, hilados, cables y cordeles. En la industria papelera, entra como material de desperdicio. La fibra individual de la cáscara del coco tiene una longitud de 0.4 a 1.0 mm, una anchura de 12 a 24  $\mu$ , y un espesor de pared, de aproximadamente un tercio del diámetro celular.

**2.15.2. Fibras Liberianas**

La fibra liberiana usada en la industria papelera se obtiene a partir de la porción exterior, o liber, del tallo de las plantas dicotiledóneas. Con frecuencia, como en el caso del lino, la fibra ya ha sido previamente usada en la industria textil o, quizá, como cable o cordel.

**a. Fibra de Linaza**

Para fines textiles, el lino se obtiene enriando los hilos fibrosos de las partes exteriores de los tallos. La fibra, en forma de recortes textiles o fragmentos, se usa en la fabricación de papeles finos de escritura, papeles carbón y papel moneda. La fibra individual tiene una longitud de 6 a 60 mm (promedio, 25 mm) y una anchura de 12 a 26  $\mu$ . Las fibras tienen paredes gruesas con regiones engrosadas o nudos, a determinados intervalos.

Además de la fibra liberiana obtenida como lino a partir de plantas cultivadas para fibra, se obtiene fibra de linaza a partir de plantas cultivadas para la producción de semillas para aceite de linaza. Los tallos de estas plantas se cosechan, se cortan, se tamizan y se cocen.

La pulpa contiene una mezcla de fibra liberiana y pequeñas astillitas (células más cortas del centro leñoso del tallo). Esta pulpa se emplea comúnmente en papeles para cigarrillos y en algunas otras hojas de peso ligero.

**b. Cáñamo**

ROBLES (21), indica que pertenece a la familia de la Moráceas *Cannabis sativa Linneus*. Se le conoce como Hemp en inglés. Es una planta herbácea anual, de tallo erguido y delgado que puede alcanzar de 1 a 3 metros de longitud y de 4 a 20 mm de diámetro. El tallo ideal para la producción de fibra mide cerca de 5 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

Según RAFOLS (20), los hilos de la fibra de cáñamo se usan en las industrias textil y de cordelería, y en la industria del papel entran como cordeles viejos o desperdicio textil burdo. En Europa, la fibra de cáñamo se ha usado en ciertos papeles especiales, tales como la Biblia y el papel para cigarrillos.

c. Yute

Familia de la Tilaceas *Corchorus capsularis* Linnaeus *Corchorus olitorius* Linnaeus. El yute es un liber suave, multicelular, de fibras largas que se obtienen de las capas corticales que envuelven el tallo leñoso de dos plantas muy allegadas.

La fibra de yute tiene muy poca elasticidad, se emplea en la manufactura de paño burdo, arpillera o tela de yute y de otras telas propias para hacer costales, ROBLES (21).

Asimismo, RAFOLS (20), señala que también se obtiene a partir de recortes de arpilleras nuevas, de empaques para azúcar lavados, y del material de envoltura que se utiliza en las pacas de algodón. La fibra de yute, por su dureza y durabilidad, se usa con pulpa kraft en calidades de papel que requieren esas propiedades en alto grado. Encuentra una amplia aplicación en marbetes para empaques de uso rudo y en patrones de cartoncillos resistentes, usados en la industria del vestido. También se emplea en cartulinas "bristol" de color y en papeles para dibujo de croquis y apuntes.

La fibra se puede blanquear solamente hasta un ligero color amarillo por la presencia del complejo de lignina, lo cual, naturalmente, limita su uso.

**d. Caamo de India**

Esta fibra tiene una longitud de 4 a 12 mm (promedio, 8 mm) y una anchura de 13 a 50  $\mu$ . Se ha empleado como relleno en papeles hechos con fibras de cables.

**e. Ramio**

**ROBLES (21)**, manifiesta que pertenece a la familia de las Urticceas *Boehmeria nivea* (L) Gaudichaud *Urtica nivea* Linnaeus.

Es una planta textil llamada Ramie en inglés y rameh en holandés.

Las cintas que se obtienen al separar del tallo la corteza que contiene la fibra, se llama "Cinta de Ramio". La planta de ramio tiene rizomas perennes de las cuales brotan cañas herbáceas escasamente ramosas, que miden de 1 a 2 metros de longitud y de 10 a 20 mm de diámetro.

**RAFOLS (20)** cita, que es probablemente en centeno y cebada (especialmente la de trigo) se han empleado en varias partes del mundo para la obtención de pulpas celulósicas. Se fabrican dos clases de pulpa de paja: la pulpa amarilla, usada en la fabricación de tubos y botes de papel, charolas para empaques de huevos, cartones de paja y papeles para corrugar, y la celulosa de paja, que siempre se maneja comercialmente como pulpa blanqueada, y se usa en papeles finos.

### **2.15.3. Fibras de Tallos**

#### **a. Bagazo**

Está constituido por tallos aplastados de la caña de azúcar después de la extracción del jugo. Se ha empleado por varias décadas como materia prima para una gran variedad de productos aislantes y de tablas duras para las industrias de la construcción. La fibra de bagazo, separada de las células de parénquima, puede usarse para la producción de pulpas químicas para papeles de escritura, libros, revistas, y otros papeles que requieran buena formación, opacidad, y aptitud para la impresión.

Las fibras tienen extremos puntiagudos y son de pared delgada a gruesa, sin marcas características en la pared celular, excepto por la presencia ocasional de pequeñas punteaduras. Su longitud es de 0,8 a 2,8 mm (promedio, 1,7 mm) y su anchura, de 10 a 34  $\mu$ . Además de las fibras, de los haces vasculares provienen segmentos de vasos que llegan hasta 1,3 mm de largo. En la pulpa existen también células de parénquima, más cortas, y células epidérmicas aserradas.

La estructura del tallo del maíz es similar a la del tallo de la caña de azúcar, aunque se ha reportado que sus células parenquimatosas son más cortas.

#### **b. Bambú**

La enorme cantidad de bambú que existe en el mundo y su muy rápido crecimiento, hacen de este vegetal una fuente promisoría de materia prima

para la fabricación de papel. En la India se producen más de 200 000 toneladas de pulpa de bambú, las cuales se emplean en papeles de escritura, de impresión, de seguridad, para documentos, y de otras muchas clases.

Las fibras típicas de bambú son de 1,5 a 4,4 mm (promedio, 2,4 mm) de largo, y de 7 a 27  $\mu$  de anchura. Las fibras muy anchas, con punteaduras, de pared delgada, tienen de 2,8 a 3,2 mm de longitud y de 20 a 40  $\mu$  de ancho. También existen en la pulpa, segmentos de vasos, células epidérmicas aserradas y células ovoides de parénquima, de varias formas y tamaños.

c. **Esparto**

La fibra de esparto se ha empleado en la fabricación de papel en la Gran Bretaña, desde hace un siglo, y más recientemente, en Francia, Italia y otros países de la zona del Mediterráneo. La fibra parece especialmente apropiada para la manufactura de papeles de alta calidad para libros y de mediana calidad para impresión en general. Los papeles hechos a base de esparto, son de naturaleza suave, susceptibles de imprimirse, y producen impresiones claras tanto en tipografía como en litografía.

d. **Carrizos**

Para producir pulpa se han ensayado carrizos comunes que pertenecen a la familia de las gramíneas y que crecen en los pantanos o en las orillas de los lagos, así como en las riberas de los ríos. La caña gigante (*Arundo donax*) se transforma en pulpa, en Italia y Argentina. Otra especie, la caña

del Danubio (*Phragmites communis*), se ha considerado favorablemente y se usan en Rumania, Bulgaria, Hungría y Rusia.

#### 2.15.4. Fibras de Hojas

LIBBY (16), la industria textil y cordelera ha usado por mucho tiempo hilos de fibras de las hojas de ciertas plantas como abacá sisal y henequén. Estos hilos se obtienen raspando, a mano o en máquina, las diferentes células de la hoja que rodean a los haces vasculares longitudinalmente orientados. Los hilos para fines textiles o de cordelería, pueden ser hasta de más de un metro de largo.

##### a. Abacá

De interés primordial es la fibra para cordelería conocida como abacá, fibra de Manila o cáñamo de Manila (*Musa textilis*). En la industria del papel esta fibra es empleada, principalmente, por un grupo de fábricas caracterizadas por elaborar papeles a base de cáñamo. Estos papeles incluyen sacos para harina y para alimento de ganado, papeles para aislamientos eléctricos, papel base para lija, marbetes para empaques, empaquetaduras y papeles duplicadores.

ROBLES (21), indica que también se la denomina cáñamo de Manila a la planta y a la fibra de esta planta a pesar de que ni la planta se cultiva cerca de Manila para la producción de la fibra, ni tampoco se asemeja al cáñamo verdadero.



Abacá es un vocablo malayo que se empleaba para designar la planta y la fibra mucho antes de que llegaran los europeos a las islas Filipinas.

El abacá es una especie allegada al plátano corriente con el cual tiene gran parecido. Es una planta perenne que nace de rizomas cortos, de los cuales emerge un gran número de hijuelos, formando un grupo de tallos de 3 a 6 metros de alto.

Estos presentan troncos falsos de 15 a 30 cm de diámetro que en realidad no son más que un conjunto de vainas o peciolos ensanchados que sostienen hojas majestuosas de 1 a 2 m de largo por 30 cm de ancho.

En cuanto a su uso, LIBBY (16), señala que la fibra se emplea en cordelería, para fabricar papeles que incluyen sacos para harina y para alimento de ganado, papeles para aislamientos eléctricos, papel para lija, marbetes para empaques, empaquetaduras y papeles duplicadores.

El abacá se emplea en estos papeles, debido a su longitud de fibra y a su resistencia, las cuales originan buena flexibilidad junto con un máximo de resistencia al rasgado y aptitud para soportar el trato rudo.

La mayor parte de la fibra que se utiliza en estos papeles proviene de cable usado, aunque de los fabricantes de productos de cordelería se puede disponer de ciertas cantidades, en forma de borra.

La fibra de Manila sirve especialmente para hacer bolsas para té y hojas para esténcil. Para ambos casos se utiliza normalmente una determinada calidad de pulpa virgen.

**b. Sisal y Henequén**

La fibra de sisal sustituye a la de cable para hacer papeles menos resistentes y flexibles que con la fibra de abacá. Las fibras tienen de 1,5 a 4,0 mm de largo, y de 20 a 32  $\mu$  de anchura. El henequén es una especie íntimamente relacionada al sisal, con dimensiones de fibras y propiedades muy similares entre ambas.

**ROBLES (21)**, informa que es una planta textil, específicamente productora de fibras duras contenidas en sus pencas y hojas. Se la usa en la obtención de cordeles, hilos de engavillar, fabricación de costales de gran resistencia, artículos de artesanía como tapetes, alfombras, las fibras que quedan en el bagazo se emplean para relleno de muebles o usos semejantes.

Actualmente los bagazales se están aprovechando al ser esparcidos en suelos dedicados a la producción hortícola como fuente de materia orgánica después de su fermentación. Del bagazo se puede extraer ceras y grasas 5 ó 6%. También se ha obtenido ácido acético, carbón vegetal, alquitrán, etc. Además el bagazo se está empleando para la alimentación de ganado lechero.

### c. Caroa y Phormium

En la fabricación de papel, también se usan otras fibras de hojas, especialmente de caroa y phormium. La caroa crece en Brasil y ahí se utiliza principalmente para papeles ligeros. La fibra tiene una longitud de 2 a 6 mm, y un diámetro de 8 a 12  $\mu$ . Varias fibras similares, como las de la hoja de piña, que es otra fibra de diámetro fino, también se emplean para ciertos papeles especiales. La fibra de phormium es nativa de Nueva Zelanda. Se ha cultivado en Australia, y se usa en mezcla con pulpa kraft. La fibra tiene de 5 a 15 mm de largo, y de 10 a 20  $\mu$  de anchura.

#### 2.15.5. Fibras Animales

En ciertos campos de la industria del papel, tales como los de papeles saturados y calidades especiales de cartón, se encuentran fibras animales en forma de seda, lana y algunos hilos especiales, y cuero. Dado que la fibra de lana se emplea en la manufactura de los filtros para las máquinas de papel, es posible que se pueda encontrar ocasionalmente como una fibra extraña sobre la superficie del papel.

#### 2.15.6. Fibras Minerales

Las fibras de asbesto se han usado por muchos años en la fabricación de hojas de papel no combustibles. Estas fibras se fracturan fácilmente, de modo que es imposible efectuar mediciones exactas de su longitud y de su anchura.

Las fibras de vidrio son bastante resistentes al calor, a los agentes químicos, y a la acción bacteriana. Estas fibras pueden fabricarse en diámetros controlados,

tan pequeños como 0,2  $\mu$ . La mayor dificultad para usar fibras de vidrio en papel, es la ausencia de adhesividad de fibra a fibra. Recientemente, los técnicos en la materia han producido, con éxito, fibras de vidrio, y se espera que las investigaciones continuas que se hacen a este respecto, mejoren los resultados.

#### **2.15.7. Fibras Regeneradas y Sintéticas**

Durante varios años se han propuesto para ser empleadas en la fabricación de papel, las fibras regeneradas y sintéticas. Al igual que con las fibras de vidrio, con este tipo de fibras la mayor dificultad estriba en la imposibilidad de desarrollar uniones fuertes de fibra a fibra, cuando éstas se forman y se secan en la operación normal de fabricación de papel. Para mejorar la fuerza de dichas uniones se han propuesto técnicas a base de solventes, polímeros sintéticos y técnicas termoplásticas, ya que las fibras sintéticas tienen muchas propiedades deseables, de interés en papeles para usos especiales. Estas fibras están disponibles en forma de filamentos textiles, de longitud bastante uniforme, tan corta como 3 mm.

#### **HILL (11) Clasificación Económica de las Fibras**

Basándose en su utilización, es posible clasificar dos fibras en seis grupos:

##### **- *Fibras Textiles***

Actualmente las fibras encuentran su máxima aplicación en la industria textil, que se ocupa de la fabricación de tejidos, cordelería y redes. Para la fabricación de telas y redes las fibras se someten a torcido y luego son hilados y tejidos.

Entre los tejidos se encuentran las telas para prendas de vestir, y otros materiales más bastos como la tela de saco y la arpillera.

- ***Fibras para Cepillos***

Para la fabricación de cepillos y escobas se emplean fibras rígidas y resistentes.

- ***Fibras para Trenzar***

Las hebras, hojas o tallos flexibles se entretajan para confeccionar sombreros de paja, sandalias, cestas, sillas y otros objetos parecidos. Los materiales más elásticos se tejen de modo rudimentario para hacer esteras y cubiertos para las casas, mientras que las fibras de leño se usan para trabajos de cestería.

- ***Fibras para Relleno***

Se usan para rellenar colchones, almohadas, etc y en la tapicería como material de embalaje.

- ***Fibras Géneros Bastos***

Se trata generalmente del liber de los árboles. Es usado como material de menor calidad para el vestido y la cordelería.

- ***Fibras para la Fabricación de Papel***

Comprende muchas clases de fibras: fibras leñosas, fibras textiles utilizados directamente o después de un tratamiento industrial.

Es evidente que, siguiendo un criterio económico, ninguna planta puede ser incluida de modo categórico en un solo grupo puesto que una misma especie vegetal puede producir varios tipos de fibras y una misma fibra puede ser empleada para diferentes fines.

## **2.16. RESISTENCIA DE MATERIALES**

FISHBANE et al (10), indica que la resistencia es una propiedad importante de los sólidos, o en forma específica su resistencia a la torsión que se llama esfuerzo de ruptura. Es el esfuerzo necesario para romper un material (fibra).

## **2.17. MODULO DE YOUNG**

Llamado también módulo de elasticidad, es una constante cuyo valor varía de acuerdo con el material; mide la "rigidez" del mismo. Es análoga a la constante de un resorte K, en la ecuación de la fuerza de un resorte  $F = -KX$ . De hecho el módulo de elasticidad es una constante solo para deformaciones unitarias pequeñas, FISHBANE et al (10).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCION**

La toma de muestras para el presente trabajo de investigación se realizó en el Sector Las Palmas, Distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia y Región de San Martín (Perú). Los análisis fueron efectuados en los laboratorios de Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL), Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA) y en el Laboratorio de Física, pertenecientes a la **Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.**

#### **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **3.2.1. Materia Prima**

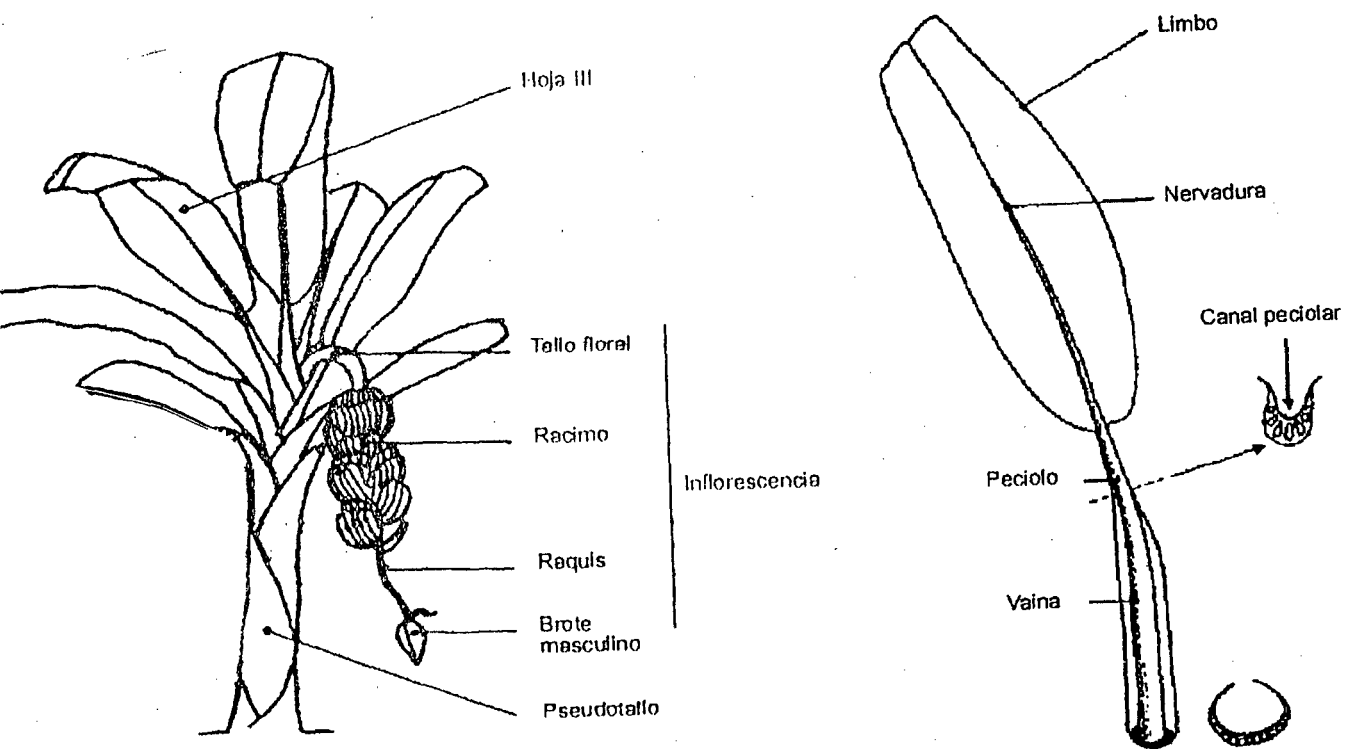
Se utilizó como materia prima las vainas foliares que en su conjunto forman el pseudotallo y que a su vez forman la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*).

Estas vainas foliares fueron estudiadas y tomadas en cuenta de la parte externa hacia adentro y enumerados de la forma siguiente vaina o capa 2, 6, 11, y 16 en sus dos etapas de desarrollo antes de la floración y después de la fructificación como se describe en esta investigación.

##### **3.2.2. Identificación de la Materia Prima**

La identificación de la especie fue realizada por el Biólogo Marco León Martínez quien certificó que la muestra entregada corresponde al híbrido triploide (*Musa paradisiaca*) del tipo AAB, platano de la variedad Harton o Bellaco tal como es mostrada la Certificación en el Anexo.


FIGURA N° 1: MATERIA PRIMA UTILIZADA PARA LA OBTENCIÓN DE FIBRA DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)




Fuente INTERNET (11)



FIGURA Nº 2: FIBRAS OBTENIDAS DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) EN LA CAPA 2 ANTES DE LA FLORACIÓN Y DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACIÓN

Capa ó vaina 2 

Capa ó vaina 2 

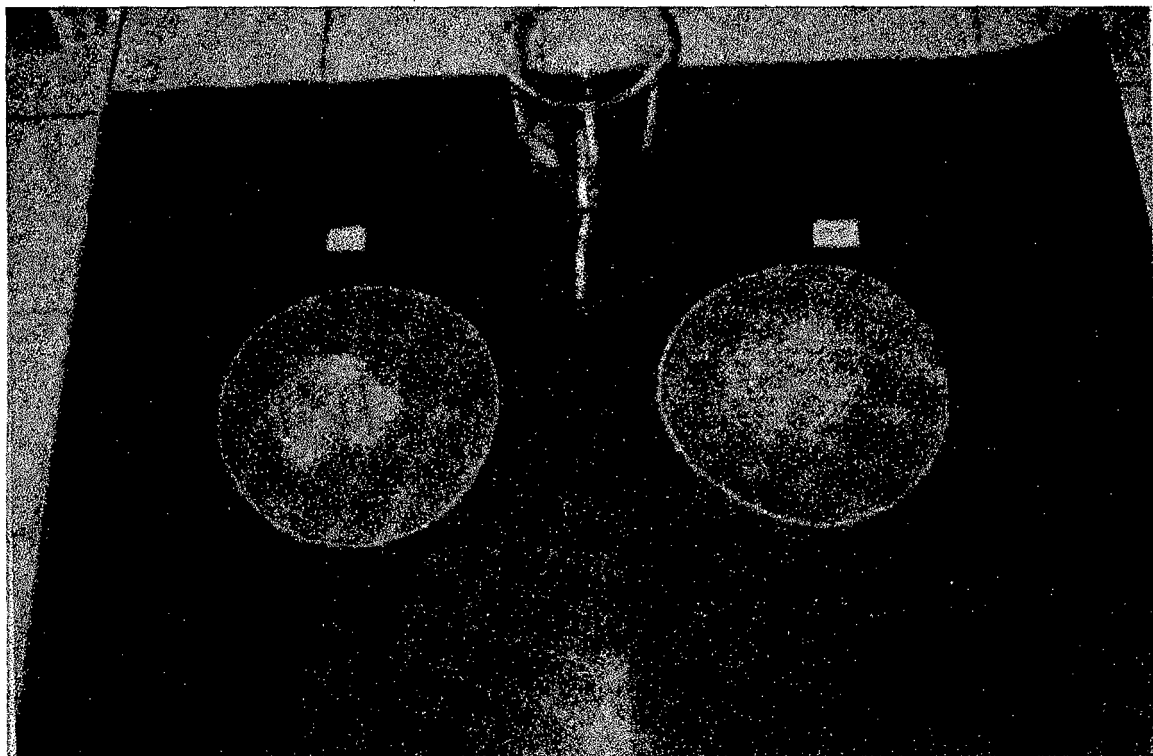


FIGURA Nº 3 : FIBRAS OBTENIDAS DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) EN LA CAPA 6 ANTES DE LA FLORACIÓN Y DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACIÓN

Capa ó vaina 6 🌸

Capa ó vaina 6 ☾

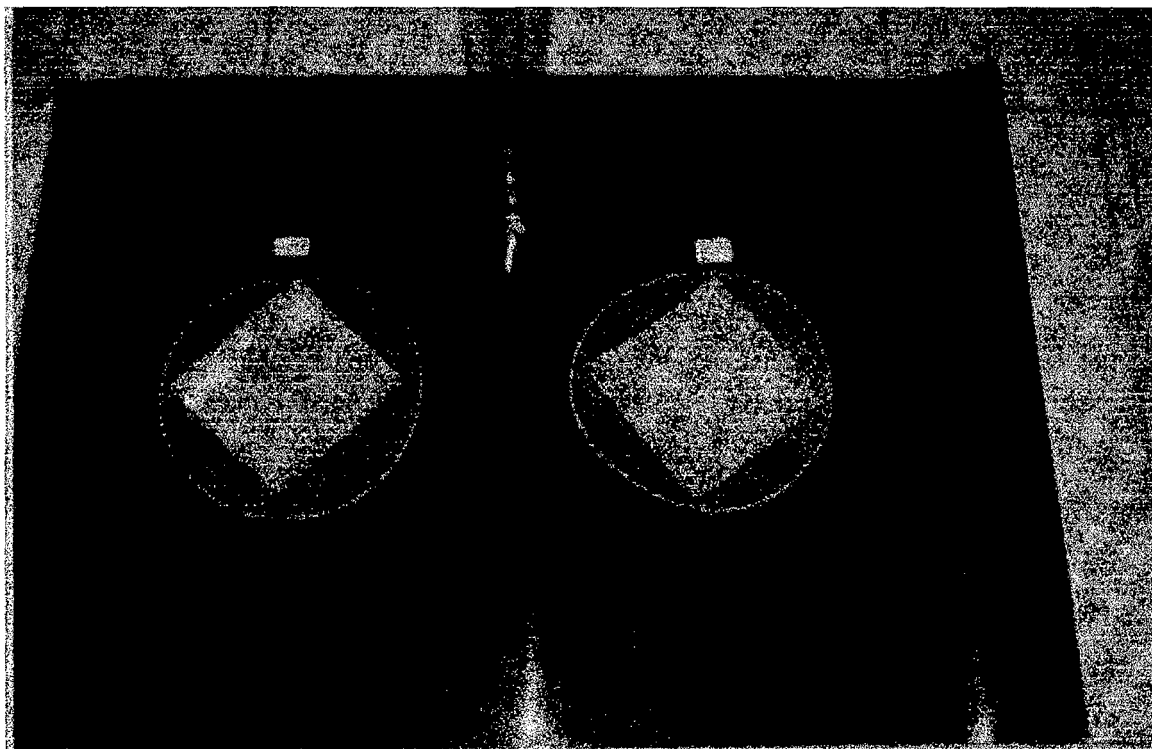


FIGURA N° 4: FIBRAS OBTENIDAS DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) EN LA CAPA 11 ANTES DE LA FLORACIÓN Y DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACIÓN

Capa ó vaina 11 ☾

Capa ó vaina 11 ☼

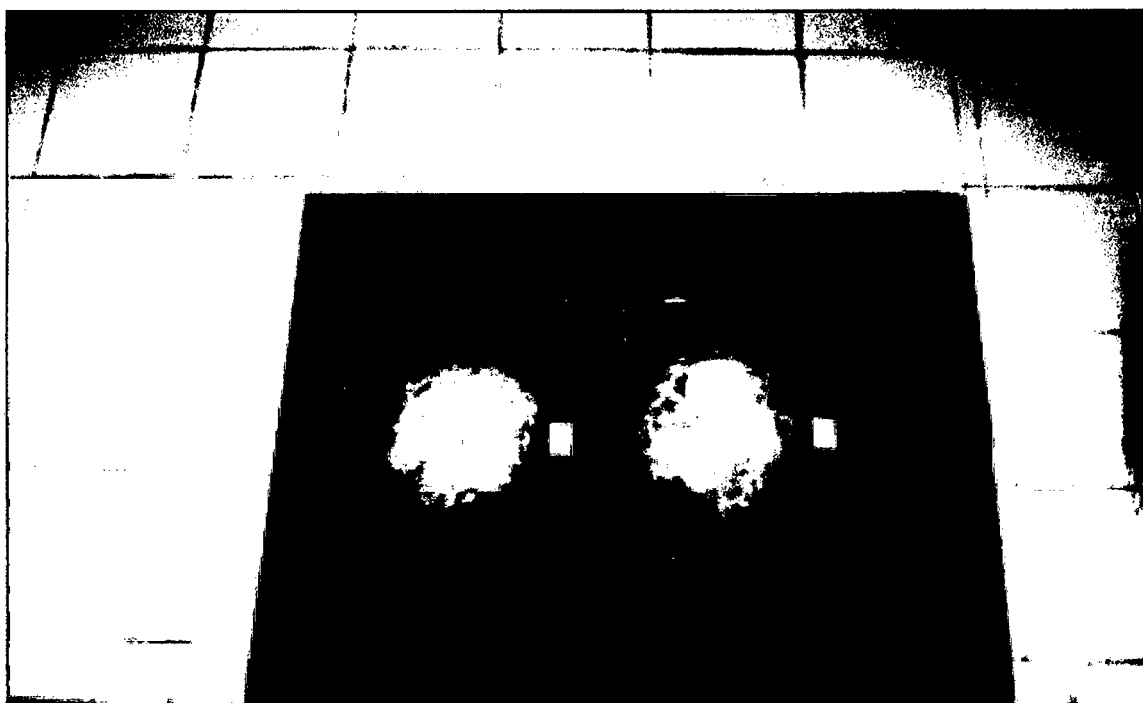
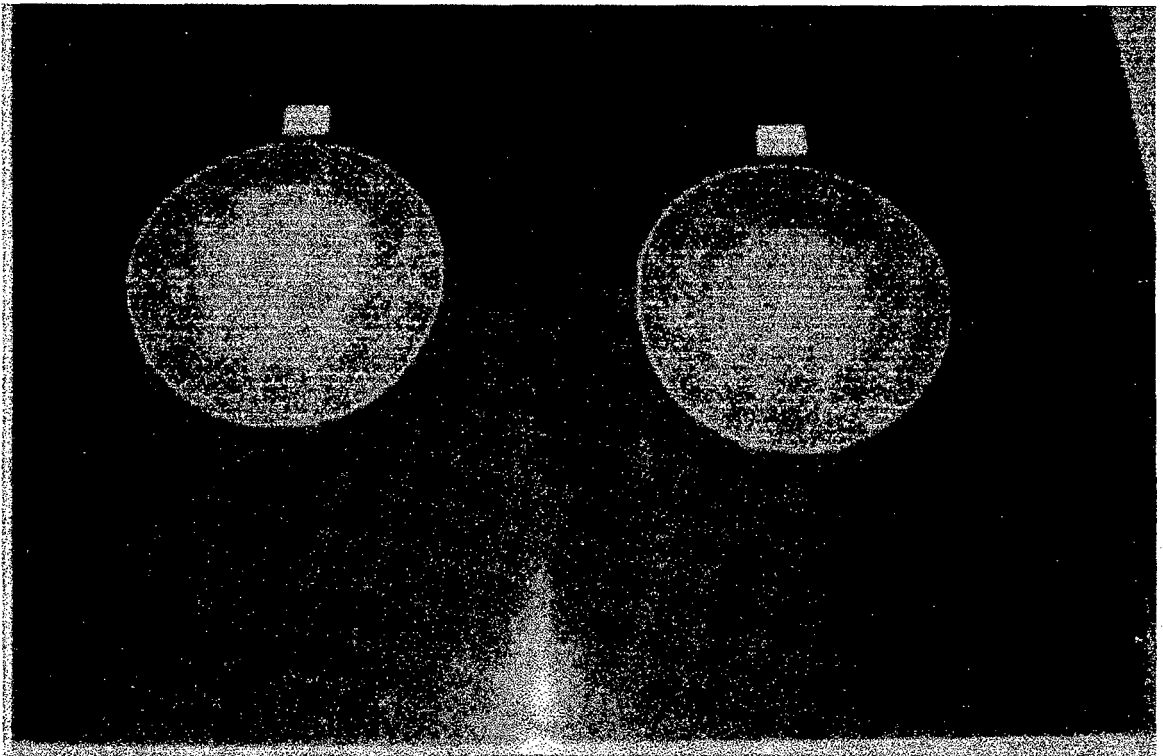


FIGURA N° 5: FIBRAS OBTENIDAS DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) EN LA CAPA 16 ANTES DE LA FLORACIÓN Y DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACIÓN

Capa ó vaina 16 ☾

Capa ó vaina 16 ☼



Encontrándose las muestras en estudio en el Laboratorio de Tecnología de Productos AgroIndustriales No Alimentos (TEPANAL)

### **3.2.3. Materiales**

#### **a. De Laboratorio**

- Vasos de precipitación 50,100, 250 y 500ml.
- Matraces Erlenmeyer 100, 150 y 250ml.
- Probetas graduadas 100 y 250ml.
- Pipetas graduadas 01 y 2 normal
- Embudos de vidrio pyrex
- Fiolas 100, 200 y 500ml.
- Baguetas
- Buretas
- Placas petri
- Crisoles
- Papel filtro whatman
- Pinzas
- Cocina eléctrica: Marca Fisher, modelo 200M
- Campana desecadora Marca Glaswern werthein
- Tinas de remojo
- Peines desfibreadores
- Regla metálica graduada
- Pesas de 5, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 g
- Cámara fotográfica kodak

**b. De campo**

- Machete
- Botas de jebe
- Bolsas de polietileno
- Costalillos
- Libreta de campo

**3.2.4. Reactivos**

- Acido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ) al 10%
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) al 8,3 y 17,5%
- Clorito de sodio ( $\text{NaClO}_2$ )
- Benceno  $\text{C}_6\text{H}_6$
- Alcohol 95%
- Acido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) al 72%
- Sulfito de Sodio  $\text{Na}_2\text{S}$
- Agua destilada



**3.2.5. Equipos**

- Estufa Universal automática, marca Memmert, tipo U80, temperatura máxima 254°C. Germany.
- Equipo Soxhlet, marca Pyrex 24/50, 45/50.
- Mufra, marca Thermolyne 1500, modelo FD1520M-1, temperatura máxima 1200°C. U.S.A.
- Termómetro (-10 a 110°C).

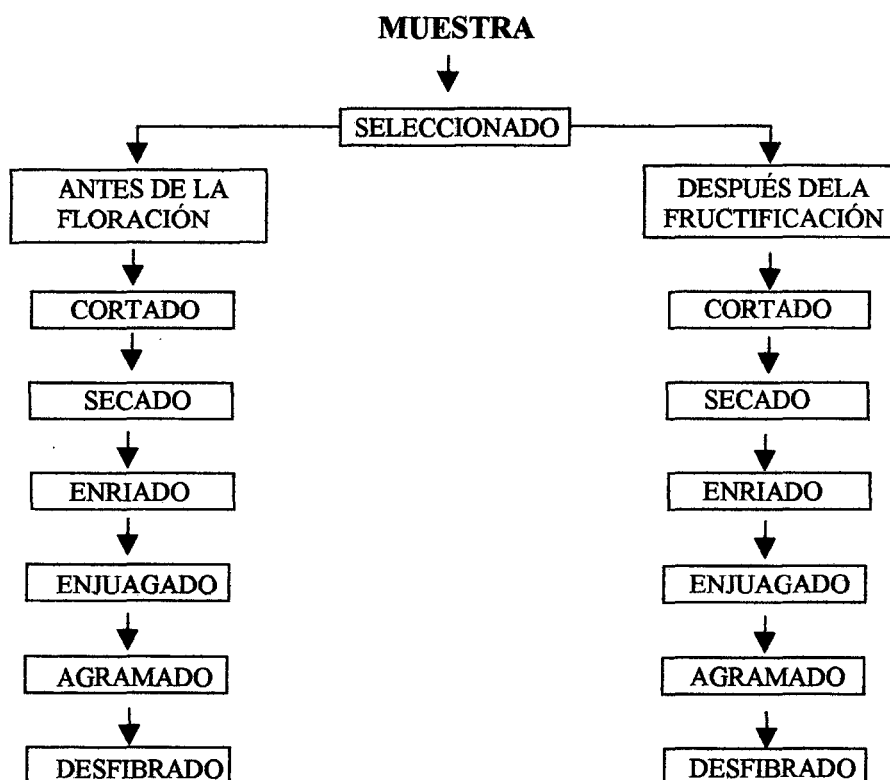
- Baño maría, marca Memmert, tipo W-350, temperatura máxima 100°C. Germany.
- Balanza digital, marca Denver Instrument Company, AA-200, capacidad 210 g, exactitud 0.1 mg. U.S.A.
- Micrómetro 0-25 mm.
- Equipo de elasticidad

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1. Acondicionamiento y Obtención de Fibra

Se realizó mediante el siguiente flujograma:

**FIGURA Nº 6: ACONDICIONAMIENTO Y OBTENCIÓN DE FIBRA DE LA HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)**



### **3.3.2. Descripción del Acondicionamiento y Obtención de Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa paradisiaca*)**

#### **a. Seleccionado**

Esta operación permitió seleccionar muestras de hoja de plátano en sus dos etapas de desarrollo antes de la floración y después de la fructificación las mismas que se encuentran en el campo.

#### **b. Cortado**

Las muestras seleccionadas para el presente estudio, fueron cortadas desde la base más próxima del suelo hasta la altura del pedúnculo, para luego ser separados manualmente por capas o número de vainas, lo que permitió obtener fibras mas largas.

#### **c. Secado**

Las muestras se separaron manualmente por capas ó vainas y se expuso a secado mediante la exposición de rayos solares, por un tiempo de una semana.

#### **d. Enriado**

Las muestras secados al sol se fermentaron por inmersión en agua y en sulfito de sodio  $\text{Na}_2 \text{SO}_3$ , con la finalidad de descomponer los tejidos leñosos y pectosos.



**e. Enjuagado**

Se realizó con abundante agua para eliminar las impurezas de la fermentación.

**f. Agramado**

Se realizó a mano, mediante golpes que permitieron romper las partes descompuestas y separar las fibras

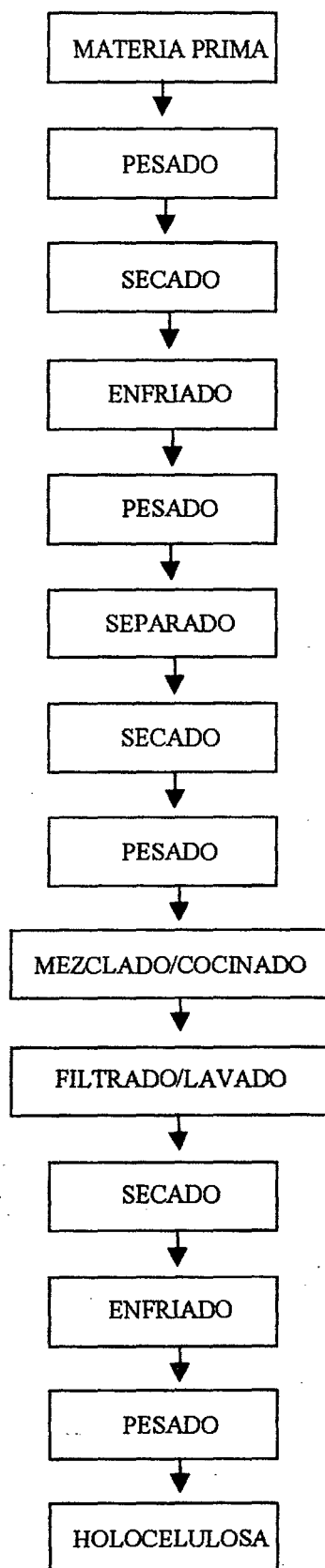
**g. Desfibrado**

Se procedió a realizar el desfibrado utilizando peine desfibrador donde se obtuvo fibras de diferentes longitudes y diámetros.

**3.3.3. Secuencia de Actividades para la Determinación de Holocelulosa**

A continuación se muestra la secuencia de actividades para la determinación de Holocelulosa.

**FIGURA Nº 7: SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA DETERMINACIÓN DE HOLOCELULOSA**



### 3.3.4. Secuencia de Actividades para la Determinación de Celulosa

A continuación se muestra la secuencia de actividades para la determinación de celulosa a partir de la Holocelulosa.

**FIGURA N° 8 : SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA DETERMINACIÓN DE CELULOSA**

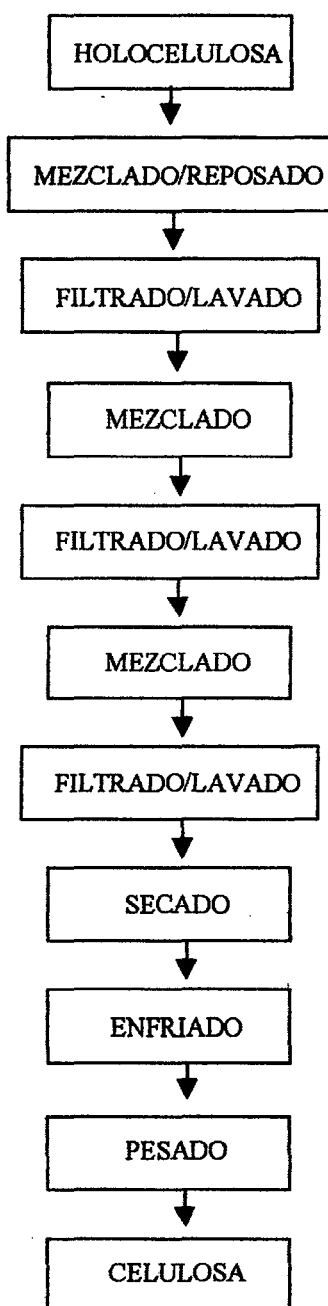
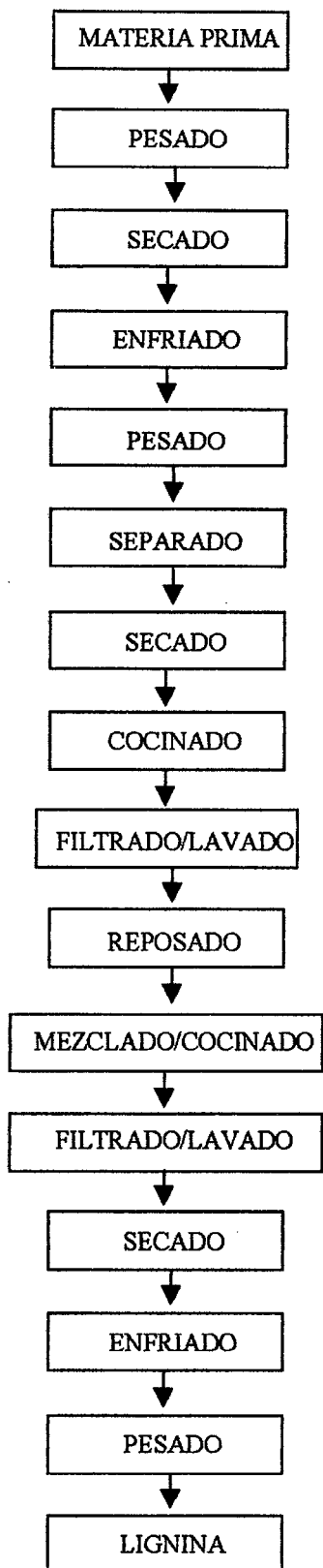


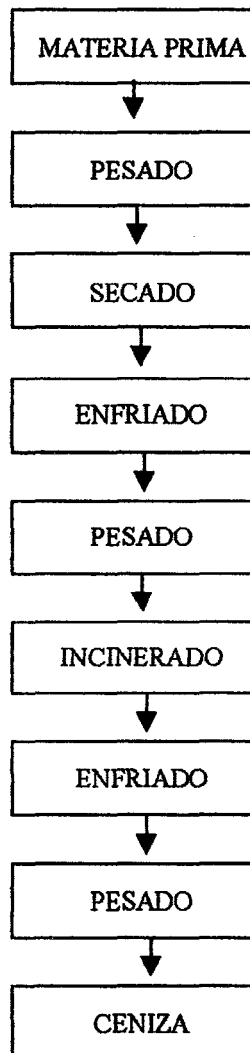
FIGURA Nº 9: SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA DETERMINACIÓN DE LIGNINA



### 3.3.5. Secuencia de Actividades para la Determinación de Ceniza

A continuación se observa la secuencia de actividades para la determinación de ceniza de la fibra de hoja de plátano y la obtención de ceniza; se observa en la Figura No 12

**FIGURA N° 10 : SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZA DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO**



### 3.3.6. Determinación del Análisis Químico

A continuación se realizó la determinación de componentes estructurales de la fibra de hoja de plátano.

#### a. Descripción para la Determinación de Holocelulosa “Por método de Clorito” (ASTM D-1104)

##### - *Materia Prima*

La materia prima consistió en fibras de hoja de plátano tomadas en dos etapas de desarrollo (antes de la floración y después de fructificación).

##### - *Pesado*

Se pesaron las fibras en la balanza digital que nos permitió obtener valores de muestra original

##### - *Secado*

Se realizó en la estufa a temperatura de  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 2 horas hasta peso constante

##### - *Enfriado*

Esta operación nos permitió enfriar la muestra en la campana de secadora por un periodo de 15 minutos.

- *Pesado*

Permitió obtener peso de una muestra de contenido libre de humedad (muestra anhidra).

- *Separado*

Se realizó en un equipo Soxhlet para lo cual se utilizó tres solventes:

- Extracción con solventes mezcla alcohol – benceno
- Extracción con solvente alcohol
- Extracción con solvente agua

Toda las extracciones se realizaron por un tiempo de 4 horas como lo indican las normas ASTM D1105-56, ASTM D1110-56 y ASTM D1109-56.

- *Secado*

Se realizó en la estufa a temperatura de  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante.

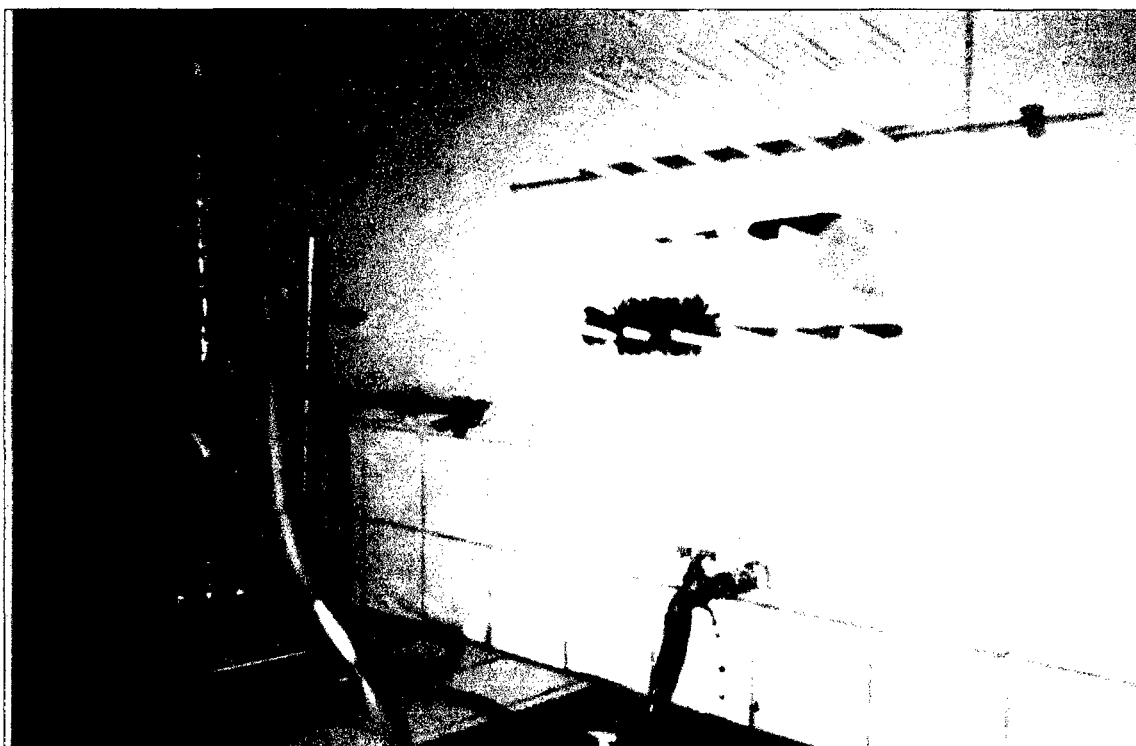
- *Pesado*

Se obtuvo peso de muestra libre de extraíbles

- *Mezclado/Cocinado*

La muestra pesada es colocada en baño maría y mezclada con agua destilada a temperatura de  $67 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , luego se adicionó clorito de sodio y ácido acético glacial por un periodo de 60 minutos.

**FIGURA N° 11 : EXTRACCIÓN DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO CON  
SOLVENTE UTILIZADO**





- ***Filtrado/Lavado***

Se procedió al filtrado y lavado con agua destilada caliente y finalmente con agua fría.

- ***Secado***

Se realizó en la estufa a temperatura de  $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante

- ***Enfriado***

Luego del secado se enfrió en la campana desecadora por un periodo de 30 minutos

- ***Pesado***

Se obtuvo un peso final o residuo de holocelulosa

**b. Descripción para la Determinación de Celulosa en Material Lignocelulocico (ASTM D1103-60)**

La muestra consistió en la holocelulosa obtenida de ensayo según la norma ASTM D1104

- ***Mezclado/Reposado***

Se adiciono hidroxido de sodio al 17,5% a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  en un baño maría agitando constantemente, se dejó reposar la mezcla a temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$  por un tiempo total de 45 minutos para el ataque de los reactivos químicos, posteriormente se adicionó Hidroxido de Sodio al 8,37% y el reposo se realizó por una hora.

- ***Filtrado/Lavado***

Se filtró la celulosa en un papel filtrante y se hizo un lavado con hidróxido de sodio al 8,37% a temperatura de 20°C y luego continúa el lavado con agua destilada a 20°C.

- ***Mezclado***

Luego del filtrado/lavado se adicionó ácido acético al 10% a temperatura ambiente.

- ***Filtrado/Lavado***

Se realizó con abundante agua destilada hasta que el residuo de celulosa se encuentre libre de ácido.

- ***Secado***

Se colocó en la estufa a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  hasta peso constante.

- ***Enfriado***

Se llevó a la campana desecadora por un tiempo de una hora.

- ***Pesado***

Se obtuvo un peso anhidro del residuo de celulosa según el método descrito.

**c. Descripción para la Determinación de Lignina según Klason (Norma ASTM D 1106-56)**

Las muestras consistieron en fibras libres de extraíbles según las normas ya referidas

**- *Cocinado***

La muestra extraída fue cocida con agua destilada en baño maría a 100°C por 3 horas.

**- *Filtrado/Lavado***

Se filtró y lavó con agua caliente y finalmente con alcohol para facilitar la remoción de la muestra.

**- *Reposado***

Luego del Filtrado/lavado La muestra se dejó en reposo hasta secar al aire libre.

**- *Mezclado/Cocido***

Se mezcló a la muestra reposada ácido sulfúrico al 72% por un tiempo de 2 horas con agitación frecuente, luego se adicionó ácido sulfúrico al 3% y se cocinó en baño maría por 4 horas.

**- *Filtrado/Lavado***

Se realizó el filtrado y lavado con agua caliente hasta dejarlo libre de ácido.

- ***Secado***

Se hizo en estufa a 100-105°C por un tiempo de 2 horas hasta peso constante.

- ***Enfriado***

Se llevo a cabo en la campana desecadora por un tiempo de 30 minutos.

- ***Pesado***

Se obtuvo finalmente el peso del residuo de lignina.

**d. Descripción para la Determinación de Ceniza (Norma ASTM D 1102-56)**

- ***Materia Prima***

La materia prima consistió en fibras de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*)

- ***Pesado***

Las fibras de la hoja de plátano fueron pesadas para tener un valor inicial

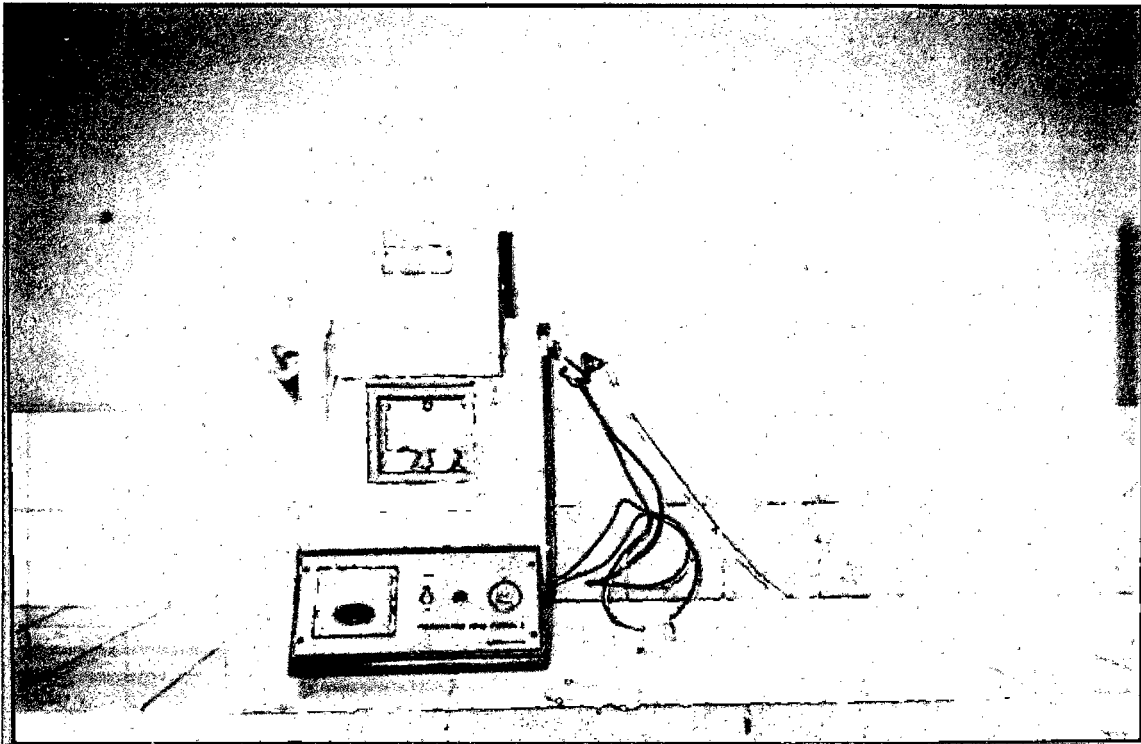
- ***Secado***

Se realizó en la estufa a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por un tiempo de 2 horas.

- ***Enfriado***

La muestra secada es llevada a la campana desecadora para enfriarlo por un tiempo de 15 minutos.

FIGURA Nº 12 : OBTENCIÓN DE CENIZA DE LA FIBRA DE HOJA DE  
PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)



- *Pesado*

Luego del enfriado se obtuvo un peso anhidro de la fibra.

- *Incinerado*

Se realizó la incineración en la mufla a temperatura de 500°C por un tiempo de 2 horas.

- *Enfriado*

Se realizó en la campana de secadora por un tiempo de 15 minutos.

- *Pesado*

Finalmente se obtuvo el peso de la ceniza.

### **3.3.7. Determinación de Propiedades Físicas**

Se determinó las siguientes propiedades:

#### **a. Contenido de Humedad (Método de Estufa) Según ITINTEC**

La humedad se determinó a temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por un tiempo de 2 horas y por diferencia de masa debido a la pérdida de humedad entre un estado inicial (húmedo) y un final (seco) se determinó el contenido de humedad de la fibra.

**b. Determinación de Densidad (Método de Ensayo Físico – Mecánico)**

**Según ITINTEC**

Consistió en determinar el largo, ancho y masa de la fibra expresando en unidades del sistema internacional, cuya fórmula es la siguiente:

$$D = \frac{m}{v}$$

Donde:

m = masa de la fibra

v = volumen de la fibra

D = Densidad de la fibra expresado en mg/m<sup>3</sup>

**c. Determinación del Módulo de Elasticidad (Mediante Fórmulas Físicas)**

También conocido como módulo de Young, es una constante cuyo valor varía de acuerdo con el material (fibra), la cual se tomó en la zona elástica en uno de los puntos. La determinación del módulo de elasticidad se obtuvo mediante el equipo de elasticidad y los valores fueron remplazados mediante la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{FL}{A\Delta L}$$

Donde:

$\Delta L$  = Cambio de longitud

L = Longitud inicial

F = Fuerza o peso para deformar a la fibra

A = Area transversal de la fibra

**d. Determinación de la Resistencia a la Tensión (Mediante Formulas Físicas)**

Una propiedad importante de la fibra es su Resistencia a la tensión que es igual a Esfuerzo de ruptura, donde los datos obtenidos se remplazan en la fórmula siguiente:

$$R = Y \left( \frac{\Delta L}{L} \right)$$

Donde :

$$\left( \frac{\Delta L}{L} \right) = \text{Deformación unitaria crítica}$$

Y = Módulo de Young

**e. Determinación del Diámetro (Métodos Directos)**

Las fibras fueron medidas con un instrumento llamado micrómetro, obteniéndose diámetros de diferentes valores en milímetros.

**f. Determinación de la Longitud (Métodos Directos)**

Para determinar la longitud de la fibra se tomó desde la base de la fibra y sin estimarla, medimos hasta el extremo; con una regla metálica graduada.

**g. Determinación del Color – Brillo**

Se hizo por inspección visual con la finalidad de lograr una mejor selección de las fibras en estudio.



### **3.3.8. Diseño Estadístico**

El diseño estadístico para la presente investigación obedece a un Diseño en Bloque Completamente Aleatorizado con arreglo factorial de 2 y un Análisis de Varianza con  $\alpha = 0.05$  de nivel de significancia. La diferencia entre medias se hizo a través de la Prueba de Duncan.

Este análisis se efectuó, utilizando un programa computarizado denominado MS-STAT, cuyos resultados se muestran en el Anexo.









## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA**


Los resultados logrados del análisis químico de las fibras en estudio se encuentran en los siguientes cuadros.

Tal como se muestra en el Cuadro N° 5, se determinó los porcentajes de , celulosa y hemicelulosa.









**CUADRO N° 5: Contenido de Celulosa y Hemicelulosa en Holocelulosa de la Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa Paradisiaca*) en Dos Etapas de Desarrollo**



COMPONENTES	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS							
	2		6		11		16	
								
Celulosa %	70,60	72,10	70,10	81,70	70,70	86,80	76,30	93,00
Hemicelulosa %	20,40	19,50	21,50	9,30	21,30	6,50	18,60	2,90

 = Antes de la Floración









 = Después de la Fructificación



**CUADRO N° 6: Contenido de Lignina de la Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa Paradisiaca*) en Muestra Libre de Extraíble.**

COMPONENTES	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS							
	2		6		11		16	
								
Lignina %	19,60	13,70	16,10	12,50	15,60	11,20	14,20	10,70









 = Antes de la Floración  
 = Después de la Fructificación



**CUADRO N° 7: Porcentaje Promedio de Extraíbles de la Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa Paradisiaca*) por Cada Solvente Utilizado.**

SOLVENTES (%)	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS							
	2		6		11		16	
								
Alcohol Benceno	2,24	10,00	6,63	6,50	8,26	6,79	9,92	3,07
Alcohol	5,00	3,30	4,10	5,52	4,05	6,49	2,79	3,58
Agua	5,00	2,54	3,89	4,00	2,76	1,88	3,28	3,62
<b>TOTAL</b>	12,24	15,84	14,62	16,02	15,07	15,16	15,99	10,27

 = Antes de la Floración  
 = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 8 : Porcentaje de Ceniza de la Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa paradisiaca*)**

COMPONENTES	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS							
	2		6		11		16	
								
Ceniza %	2,48	1,94	2,89	2,28	2,56	2,53	3,11	2,82

 = Antes de la Floración  
 = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 9 : Promedio de Componentes Químicos de la Fibra de la Hoja de Plátano (*Musa paradisiaca*)**

COMPONENTES QUÍMICOS %	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS								PROMEDIO	
	2		6		11		16		🌸	☾
	🌸	☾	🌸	☾	🌸	☾	🌸	☾		
CELULOSA	55,88	56,39	54,21	65,17	54,426/	68,55	58,49	76,60	55,75	66,68
HEMICELULOSAS	16,15	15,25	16,62	7,46	16,39	5,13	11,98	2,39	15,28	7,56
LIGNINA	13,61	10,72	12,45	9,95	10,89	8,81	10,89	8,81	12,24	9,58
EXTRAIBLE	12,24	15,84	14,62	16,02	15,94	10,27	15,94	10,27	14,48	14,32
CENIZA	2,48	1,94	2,89	2,28	3,11	2,82	3,11	2,82	2,76	2,39
<b>TOTAL</b>	100,36	100,14	100,79	100,88	100,41	100,89	100,41	100,89		

🌸 = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación

FIGURA N° 13 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) EN LA CAPA O VAINA 2 🌸

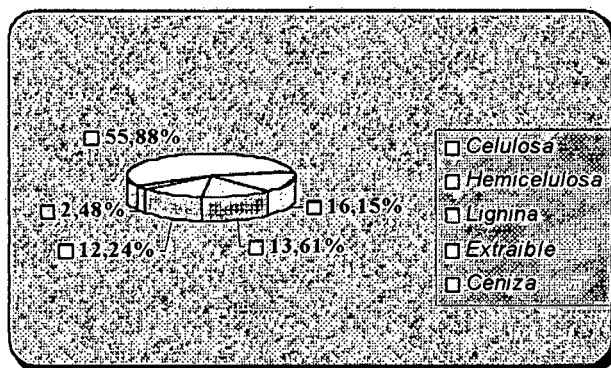


FIGURA N° 14 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 2 ☾

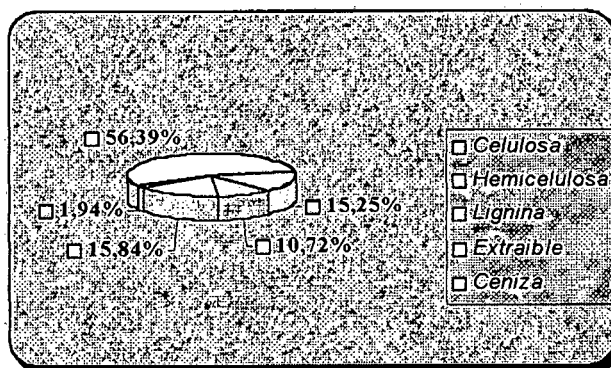




FIGURA N° 15 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 6 ☼

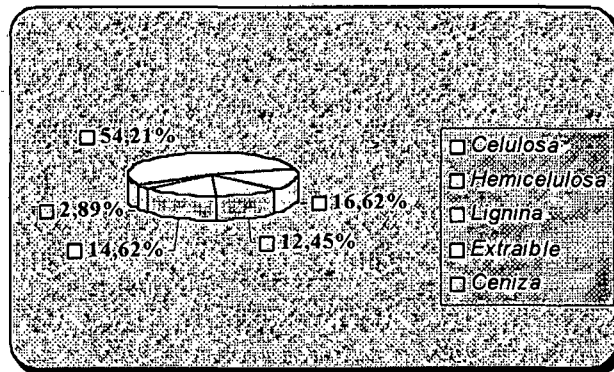


FIGURA N° 16 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 6 ☾

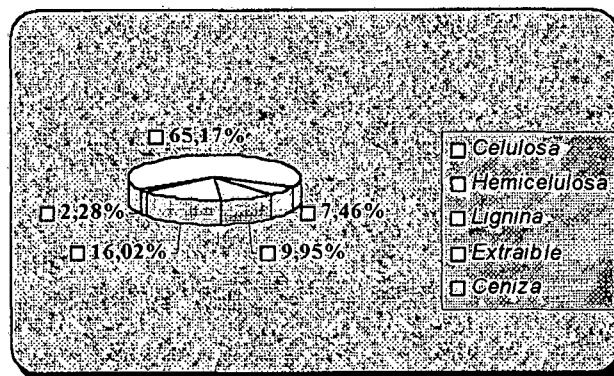


FIGURA N° 17: COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 11 🌸

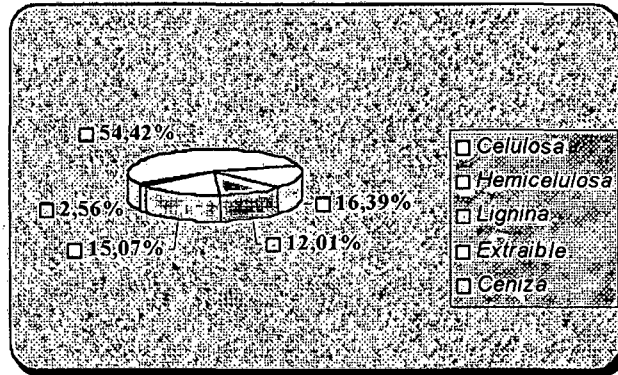


FIGURA N° 18: COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 11 ☾

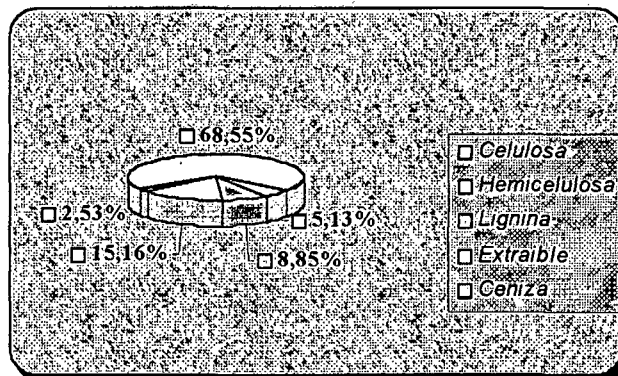


FIGURA N° 19 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 16 ☼

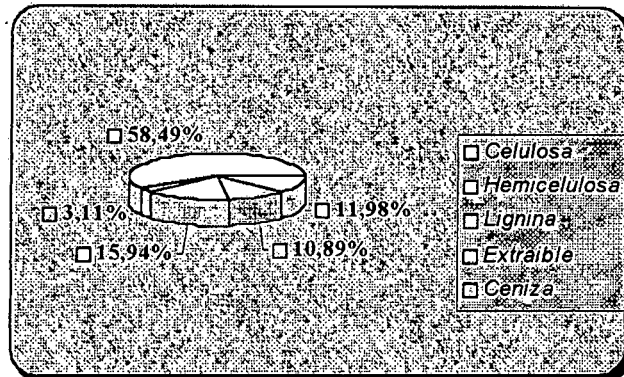
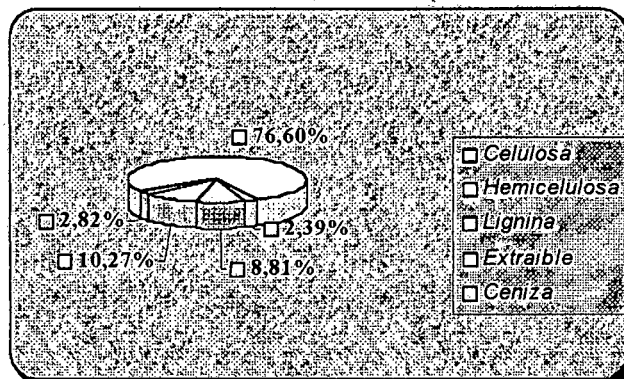


FIGURA N° 20 : COMPONENTE QUÍMICO DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO

(*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 16 ☾





#### **4.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO**

Todas las evaluaciones de propiedades físicas de la fibra de hoja de plátano están referidas en base húmeda.

A continuación se muestra las propiedades físicas de algunas fibras más conocidas, como algodón y cáñamo.

**CUADRO N° 10: Promedio de Algunas Propiedades Físicas de la Fibra de Hoja de Plátano (*Musa Paradisiaca*) En Comparación con Fibras Textiles.**

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS FIBRAS (Valores Promedio)	HOJA DE PLÁTANO		ALGODÓN	CÁÑAMO
				
Módulo de elasticidad (Y) MN/m <sup>2</sup>	34421	57024	-	-
Resistencia a la Tensión (R) MN/m <sup>2</sup>	416	690	350*	450*

Fuente : \* FISHBANE et al (10)



-  = Antes de la Floración  
 = Después de la Fructificación

FIGURA N° 21 : MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE  
PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 2 ☼

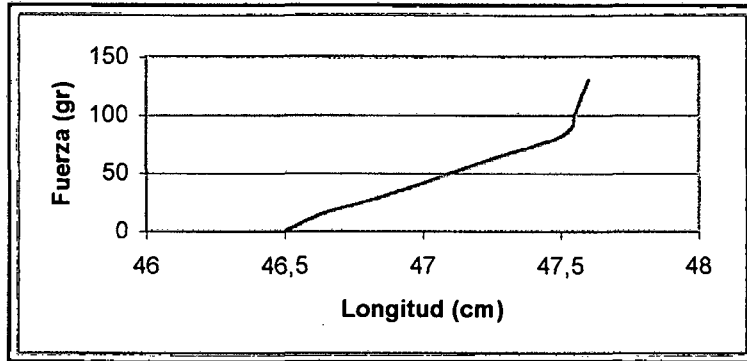


FIGURA N° 22 : MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE  
PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 2 ☾

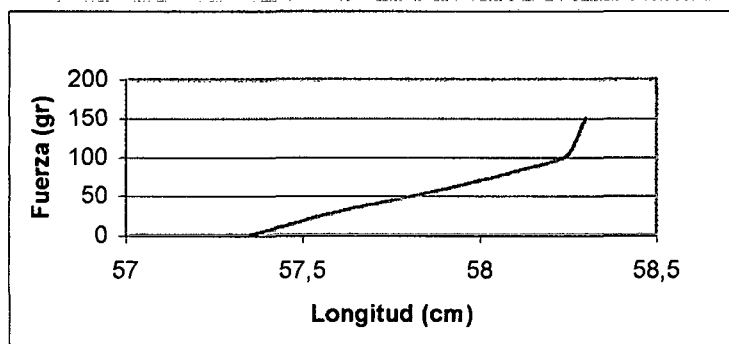


FIGURA N° 23 : MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE

PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 6 ☼

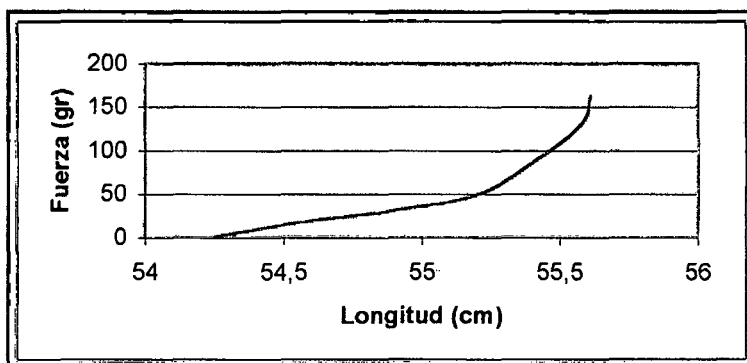
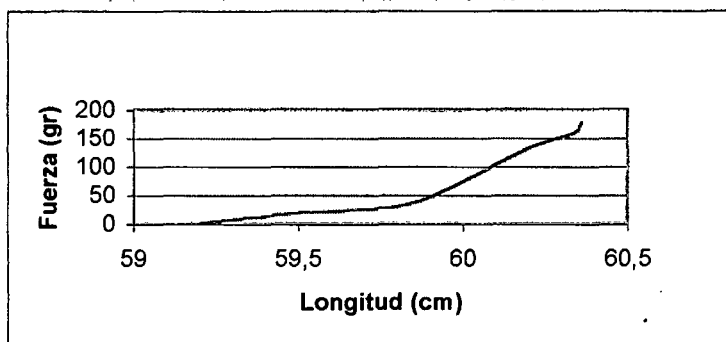
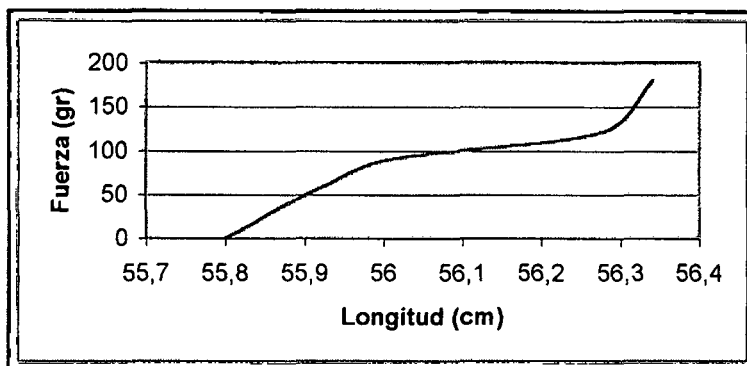


FIGURA N° 24 : MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE

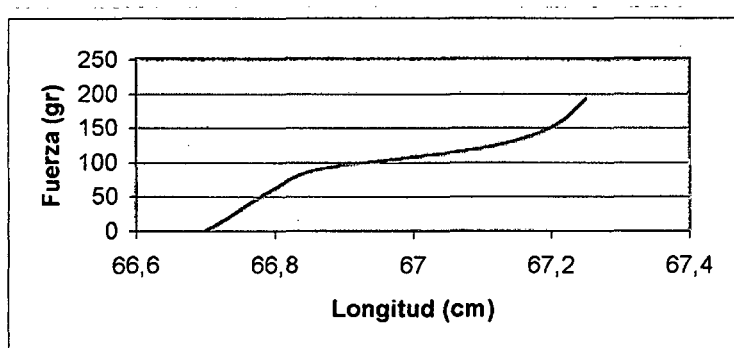
PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 6 ☾



**FIGURA N° 25: MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 11 ☼**

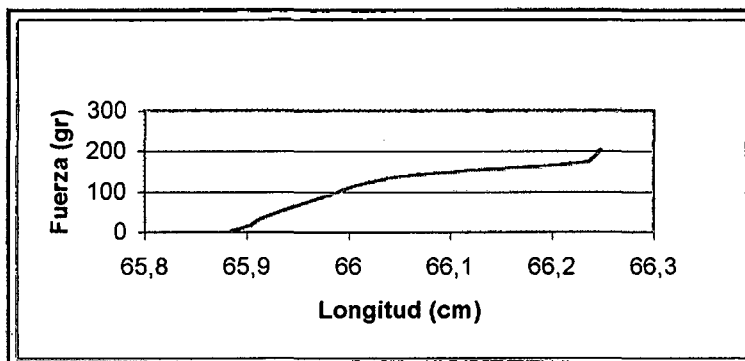


**FIGURA N° 26: MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 11 ☾**





**FIGURA N° 27: MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA ó VAINA 16** ☼

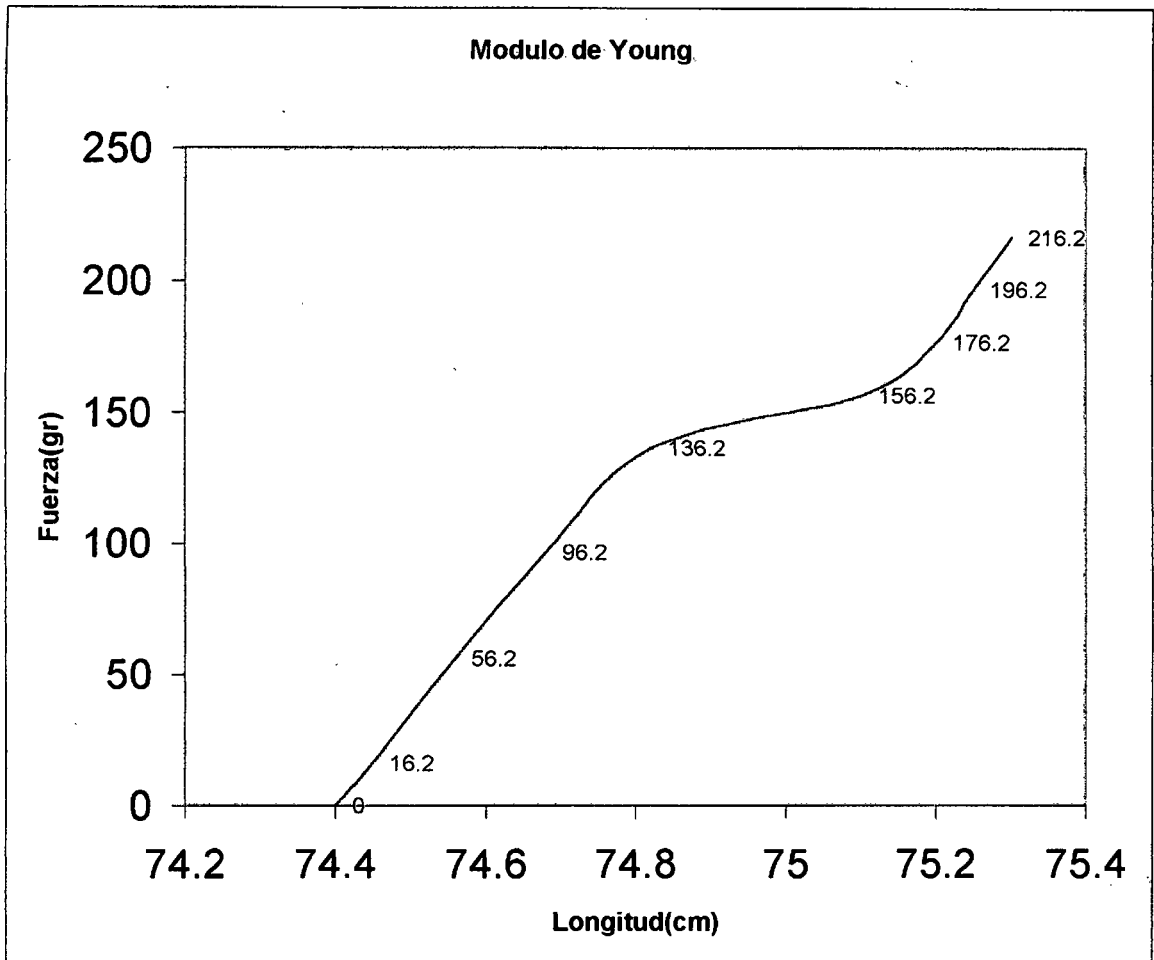


**CUADRO N° 11: DATOS DE LONGITUD (cm) Y FUERZA (g) USADOS PARA OBTENER EL MÓDULO DE ELASTICIDAD**

LONGITUD (cm)	FUERZA (g)
74,40	0,0
74,45	16,2
74,56	56,2
74,68	96,2
74,82	136,2
75,10	156,2
72,20	176,2
75,25	196,2
75,30	216,2

Con estos datos se construyó la Figura N° 28 que se muestra a continuación, donde la fibra pertenece a la capa o vaina 16 ☾ con un contenido de humedad de 6,26%

FIGURA N° 28: MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA FIBRA DE HOJA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) CAPA 6 VAINA 16 C



**CUADRO N° 12 : Longitud y Diámetro Determinado de la Fibra de Hoja de Plátano (*Musa paradisiaca*)**

COMPONENTE	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS								PROMEDIO	
	2		6		11		16		🌸	☾
	🌸	☾	🌸	☾	🌸	☾	🌸	☾		
Longitud (mm)	470	580	550	600	560	670	660	750	560	650
Diámetro (mm)	0,041	0,044	0,051	0,053	0,061	0,062	0,071	0,072	0,056	0,058
Diámetro (micrones)	41	44	51	53	61	62	71	72	56	58

🌸 = Antes de la Floración

☾ = Después de la Floración









**CUADRO N° 13: Densidad y Contenido de Humedad Determinada de la Fibra de Hoja de Plátano (*Musa paradisiaca*)**

COMPONENTES	NÚMERO DE CAPAS ó VAÍNAS								PROMEDIO	
	2		6		11		16		✿	☾
	✿	☾	✿	☾	✿	☾	✿	☾		
Densidad (mg/mm <sup>3</sup> )	1,87	1,98	2,26	2,45	2,54	2,73	2,68	2,77	2,34	2,48
Humedad %	5,91	5,08	7,62	7,04	7,37	6,39	7,29	6,26	7,05	6,19

✿ = Antes de la Floración  
 ☾ = Después de la Floración

**CUADRO N° 14 : Comparación del Color de la Fibra de Hoja de Plátano (*Musa Paradisiaca*) con las Principales Fibras Textiles**

**COLOR**

COMPONENTES	FIBRAS	NÚMERO DE CAPAS ó VAINAS							
		2		6		11		16	
									
	Hoja de Plátano	Parduzco	Parduzco	Amarillo grisáceo	crema	crema lustroso	amarillo	crema	crema
	Abacá *	Amarillo lustroso							
	Cáñamo *	Grisáceo, amarillento, pálido, amarillo							
	Yute *	Amarillento, grisáceo							
	Algodón *	Blanco, blanquesino, amarillo, amarillento							
	Coco *	Rojizo							

Fuente: \* LINK (17)



= Antes de la Floración



= Después de la Floración



## V. DISCUSIONES

Tal como se muestra en Cuadro N° 9 se determinó los porcentajes de celulosa y hemicelulosa, en el contenido de celulosa de la fibra en estudio se obtuvo un promedio de 55,75% antes de la floración y 66,68% después de la fructificación.

Existen rangos de contenido de celulosa en fibras como algodón de 95 a 99%, ramio 80 a 90%, cáñamo 78%, bambú 40 a 50% citados por LINK (17), MEDINA(18) y EDEMAR(7).

Así también RAFOLS (20) muestra contenido de celulosa en las hojas de abacá, plátano y sisal del 50 al 70%. Mostrándose que en la fibra de hoja de plátano el contenido de celulosa encuentran valores cercanos a las fibras de cáñamo, abacá, sisal como lo reportan estos autores.

En el caso de seleccionar las fibras por número de capas o vainas los resultados muestran un 76,60% como máximo en contenido de celulosa en la etapa después de la fructificación.

En lo que respecta a la lignina se obtuvo un rango promedio de 12,87% antes de la floración y 9,58% después de la fructificación.

LASHERAS (15) señala 6% de lignina en la fibra del cáñamo, 11 a 14% en la de yute, 6% en el lino, obteniéndose en la investigación valores próximos a lo citado por este autor.

En cuanto al porcentaje de ceniza se encontró un máximo de 3,11% y 1,94 como mínimo.

Por su parte MEDINA (18) estableció un rango de 0,7% a 3,2% de ceniza en la fibra de abacá.

LINK (17) indica 1% de ceniza para la fibra de cáñamo. Encontrándose ceniza en la fibra investigada márgenes aceptables de las fibras ya conocidas.

FISHBANE et al (10), reporta la resistencia a la tensión del algodón de 350 MN/m<sup>2</sup> y de cáñamo 450 MN/m<sup>2</sup>. Por su parte en la fibra de plátano estudiada, se encontró una resistencia a la tensión promedio de 416 MN/m<sup>2</sup> antes de la floración y un incremento mayor de 690 MN/m<sup>2</sup> después de la fructificación, observándose que la resistencia a la tensión es mucho mayor con respecto a la fibra utilizada después de la fructificación.

Mientras que para el módulo de elasticidad se obtuvo promedios de 34,421 MN/m<sup>2</sup> antes de la floración y 57,024 MN/m<sup>2</sup> después de la fructificación, desconociéndose valores de esta propiedad en otras fibras.

LINK (17) muestra longitudes de ramio de 60 a 250 mm y en yute de 1000 a 2000 mm.

Sin embargo, RAFOLS (20) señala de 10 - 180 mm. en el ramio; 100 - 300 mm. en el cáñamo y de 180 - 360 mm. de longitud en el abacá.

Los resultados promedios de longitud de la hoja de plátano son de 560 mm antes de la floración y 650 mm después de la fructificación, mostrándose que después de la fructificación las fibras son mas largas y tratan de aproximarse estas a la fibra de abacá y la de yute como ya se mencionó.

En cuanto al diámetro LINK (17), señala diámetros de 15 a 40 micrones en la fibra de cañamo y 30 a 80 micrones en ramio, 15 a 30 micrones en la fibra de abacá.

Por su parte RAFOLS (20) reporta diámetros de 0,01 – 0,28 mm en el abacá, y 0,04 – 0,62 mm en el lino.

En la muestra estudiada se encontró diámetros promedios de 56 micrones antes de la floración y 58 micrones después de la fructificación, por consiguiente el diámetro de la fibra de la hoja de plátano se encuentra en rangos aceptables en cuanto a fibras textiles más conocidas.

HOLLEN (12) reporta 7% de humedad en la fibra de algodón y un 12% en la fibra de lino; por otra parte LINK (17) señala un rango de 5 - 8% de humedad en el algodón y en el cañamo un 8% de humedad. Asimismo las fibras investigadas muestran contenido de humedad promedio de 7,05% antes de la floración y 6,19% después de la fructificación, encontrándose contenido de humedad próximas a las fibras conocidas.

La densidad de la fibra de hoja de plátano encontrada fue de 1,87mg /m<sup>3</sup> a 2,77 mg /m<sup>3</sup> tomadas a diferentes capas o vainas.

LASHERAS (15) señala la densidad del algodón de 1,54 mg /m<sup>3</sup> de lino 1,50 mg /m<sup>3</sup> y de cañamo de 0,85 mg /m<sup>3</sup> a 1,0mg /m<sup>3</sup>.

Así mismo, LASHERAS (15) reporta colores de la fibra de abacá de amarillo al pardo.



A su vez LINK (17) muestra en el abacá un color amarillo lustroso en el yute amarillo grisáceo, cáñamo grisáceo amarillento parduzco y en el algodón blanco blanquecino amarilla amarillento.

Finalmente las fibras de la hoja de plátano muestran colores parduzcos, amarillo grisáceo, crema y amarillo en las diferentes capas o vainas evaluadas. Las mismas que tienen similitud a las fibras arriba mencionada.

## VI. CONCLUSIONES

El estudio realizado ha posibilitado arribar a las siguientes conclusiones:

1. Para la obtención de fibra de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*), se ha utilizado dos (02) etapas de desarrollo: antes de la floración y después de la fructificación, obteniendo un alto contenido de celulosa, bajo porcentaje de lignina en las fibras tomadas después de la fructificación. Por lo que se puede afirmar que las hojas de plátano deben ser recolectadas después de la fructificación para ser aprovechado en forma integral (fruto y fibra) como lo demuestra el presente estudio.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos y a su comparación con otras fibras como abacá, cáñamo algodón ramio y yute es factible la utilización de esta fibra en la industria como textilera, cordelería, pulpa para papel, fabricación de esteras y otros.
3. El módulo de elasticidad varía en función a la fuerza o peso aplicada a la fibra de la hoja de plátano produciéndose una deformación elástica y plástica en su longitud.
4. Los colores obtenidos en la fibra de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) son similares a la fibra de abacá (*Musa textilis*) cáñamo, yute y algodón, esta última dependiendo de la variedad excepto el color blanco.
5. La celulosa químicamente pura es una sustancia blanca, amorfa y algo translúcida la que presenta en la última capa ó vaina 16 después de la fructificación un 93% de celulosa en holocelulosa para la fibra de hoja de plátano.

## VII. RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda investigar el uso específico de esta fibra en la industria de pulpa y papel, textilera, cordelería, fabricación de esteras y otros, además realizar pruebas complementarias que ayuden a sostener la calidad de esta importante fuente de recurso celulósico.
2. Se recomienda utilizar en forma simultánea el cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*), tanto el fruto como la fibra que lo constituye en su mayoría, permitiendo de esta manera su uso integral como lo demuestra así el presente trabajo.
3. Ensayar estudios similares con otras fibras existentes como atadizo, bombonaje, coco, itiningo, tambish y otros que sería de gran aporte para la incentivar su cultivo y aprovechamiento.
4. Solicitar al sector público y/o privado estudios para la posibilidad de instalar una planta agroindustria para la obtención de fibra de la hoja de plátano (*Musa paradisiaca*) en nuestra región.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM; (1990). **American Society For Testing and Material.**  
Anual Book of ASTM Estándar vol. 16
2. BALLENA CH., P.; (1998) **Métodos Estadísticos.**  
UNSM. Tarapoto-Perú
3. BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ; (1997). **Sección Estudios Estadísticos**  
Síntesis Económica Loreto, Ucayali y San Martín.
4. BURKILL, M.A. y F.L.S.; (1935). **A Dictionary of the economic products of the Malay Peninsula.** Vol. II (I-Z). Printed in London-Great Britain.
5. CASEY, J.P.; (1978). **Pulpa y Papel.** Vol. I y II. Química y Téc. Química. Edit. LIMUSA. Barcelona-España.
6. CHAMPION, J.; (1978). **El Plátano.** Edit. BLUME. Barcelona-España.
7. EDEMAR, L.G.; ERIKSSON, K.E. and JOHNSRUD, C.; (1981). **Technical and Economical Aspects on Ethanol Production Based on Lignocellulosic Materials.** In: The Ekman Days (1981). Int. Symp. Wood Pulp. Chem., Stockholm. Tomos I y II.
8. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA; (1995). **Producción Agrícola.** Tomos I y II. TERRANOVA Editores. Santafé de Bogotá-Colombia.
9. FIGUEROA, R. y WILSON. G.; (1992). **El cultivo del plátano en el Perú.** Manual Editado por FUNDEAGRO. Lima-Perú.
10. FISHBANE, et al; (1994). **Físicas para Ciencias e Ingeniería.** Vol. I. Prentice-hall Hispano Americana, S.A.-México.

20. **RAFOLS, W.;** (1985). **Aprovechamiento Industrial de los Productos Agrícolas.**  
Edit. SALVAT. Barcelona-España.
21. **ROBLES S., R.;** (1989). **Producción de Oleaginosas y Textiles.** 2da. Edic. Edit.  
LIMUSA, S.A. D.F.-México.
22. **SHAW, P. E.;** (1994). **Fruit juices.** In Kirk-Othmer. Encyclopedia of Chemical  
Technology. Vol II. Wiley. New York-EE.UU.
23. **SIMMONDS, N.W.;** (1973). **Los Plátanos.** Edit. BIUMF. Barcelona-España.
24. **VIAN O.A.;** (1980). **Introducción a la Química Industrial.** Edit. ALHAMBRA.  
Madrid-España.

## **IX. ANEXO**

**CUADRO N° 1 : Superficie Sembrada por Campañas (Has)**

<b>CULTIVO</b>	<b>AÑO</b>	<b>Has.</b>
<b>Plátano</b>	1991/1992	2,117
	1992/1993	1,864
	1993/1994	2,028
	1994/1995	2,255
	1995/1996	3,255
	1997/1998	4,931

**Fuente :** BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ - Oficina de Información Agraria. D.R.A.- Tarapoto (2)

**CUADRO N° 2 : Precios en Chacra del Plátano (S/. x Kilo)**

<b>AÑO</b>	<b>S/. x Kilo</b>
1992	0.35
1993	0.39
1994	0.19
1995	0.17
1996	0.30
1997	0.29

**Fuente :** BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ - Oficina de Información Agraria. D.R.A.- Tarapoto (2)



**CUADRO N° 3 : Producción de Plátano del Alto Mayo con Relación a la Región San Martín 1995 (TM)**

<b>CULTIVO</b>	<b>RIOJA</b>	<b>MOYOBAMBA</b>	<b>REGIÓN SAN MARTÍN</b>
<b>Plátano</b>	<b>14,283.00</b>	<b>4,447.00</b>	<b>75,095.00</b>





**Fuente:** BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ – Agencia Agraria Rioja  
- Región San Martín (2)

**CUADRO N° 4 : Clasificación de Fibras Textiles**

VEGETALES	ANIMALES	MINERALES	ARTIFICIALES
<p>a) <u>De Semilla</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algodón</li> <li>• Kapoc</li> <li>• Asclepcias</li> </ul> <p>b) <u>De Tallo (blandos)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lino</li> <li>• Cafamo</li> <li>• Yute</li> <li>• Ramio</li> <li>• Malva blanca</li> </ul> <p>c) <u>De Hojas (duras)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abaca</li> <li>• Sisal</li> <li>• Henequen</li> </ul> <p>d) <u>De Fruto</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coco</li> </ul>	<p>a) <u>Lana</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oveja</li> </ul> <p>b) <u>Pelos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cabra</li> <li>• Alpaca</li> <li>• Camello</li> <li>• Vicua</li> <li>• Liebre</li> </ul> <p>c) <u>Seda</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gusano domesticado</li> <li>• Gusano silvestre</li> </ul> <p>d) <u>Pluma</u></p>	<p>a) <u>Fibra</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amianto</li> </ul> <p>b) <u>Vidrio</u></p> <p>c) <u>Hilo de</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oro</li> <li>• Plano</li> <li>• Cobre</li> <li>• Hierro</li> </ul>	<p>a) <u>Rayon</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrocelulosa</li> <li>• Cuproamonio</li> <li>• Acetato Viscoso</li> </ul> <p>b) <u>Fibras Regeneradas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trapos deshilachados</li> <li>• Desperdicios de fbrica</li> </ul> <p>c) <u>Papel</u></p> <p>d) <u>Caucho</u></p>

Fuente : LINK (17)

**CUADRO N° 5: Datos obtenidos para la obtención de Holocelulosa antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
		☾		☾		☾		☾
Holocelulosa (%)	90.7	92.8	92.7	91.1	91.6	94.3	96.8	96.3
	98.2	93.3	95.4	89.1	90.1	92.7	98.3	97.5
	90.0	90.8	88.4	90.3	93.5	95.3	94.5	94.8
	85.3	89.8	89.9	93.5	92.9	90.8	90.3	95.3
Promedio	91.1	91.6	91.6	91.0	92.0	93.3	94.9	95.9

 = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 6: Datos obtenidos para la obtención de Celulosa en Holocelulosa antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
	☼	☾	☼	☾	☼	☾	☼	☾
Celulosa (%)	75.6	74.7	77.8	78.5	65.1	82.9	70.8	93.8
	68.4	69.4	72.9	80.3	66.5	85.3	78.4	90.8
	65.3	70.5	58.9	85.7	73.7	88.3	75.7	91.9
	73.3	73.8	70.8	82.3	77.6	90.8	80.2	95.6
Promedio	70.6	72.1	70.1	81.7	70.7	86.8	76.3	93.0

☼ = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 7: Datos obtenidos para la obtención de extraíbles en solvente agua antes de la floración y después de la fructificación.**

Solvente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
	☼	☾	☼	☾	☼	☾	☼	☾
Agua (%)	10.40	0.12	4.59	6.35	4.20	2.22	3.57	1.80
	2.79	2.72	2.30	3.14	0.68	1.57	6.55	6.34
	3.45	0.32	5.40	2.52	3.70	2.92	2.74	3.45
	3.38	6.98	3.27	3.99	2.44	0.78	0.24	2.88
Promedio	5.00	2.54	3.89	4.00	2.76	1.88	3.28	3.62

☼ = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación





**CUADRO N° 8: Datos obtenidos para la determinación del Módulo de elasticidad antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
	☼	☾	☼	☾	☼	☾	☼	☾
Modulo de Elasticidad Y (MN/m <sup>2</sup> )	27120	53210	24548	57955	41757	62106	49120	63541
	23126	51512	30255	49827	32117	58301	45810	58204
	25715	47198	26698	58809	40228	61178	46557	62450
Promedio	25320	50640	27167	55530	38034	60528	47162	61398

☼ = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación









**CUADRO N° 9: Datos obtenidos para la determinación del diámetro antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
		☾		☾		☾		☾
Diámetro (mm)	0.048	0.044	0.043	0.041	0.059	0.064	0.056	0.065
	0.045	0.053	0.036	0.045	0.066	0.058	0.075	0.070
	0.040	0.039	0.056	0.064	0.068	0.064	0.077	0.064
	0.046	0.040	0.040	0.061	0.065	0.052	0.069	0.068
	0.038	0.040	0.055	0.048	0.055	0.072	0.085	0.074
	0.042	0.035	0.064	0.054	0.059	0.061	0.078	0.066
	0.041	0.051	0.045	0.056	0.067	0.070	0.067	0.090
	0.038	0.038	0.060	0.053	0.054	0.057	0.074	0.065
	0.036	0.045	0.046	0.058	0.052	0.062	0.059	0.068
	0.032	0.053	0.063	0.050	0.061	0.060	0.067	0.088
Promedio	0.041	0.044	0.051	0.053	0.061	0.062	0.071	0.072

 = Antes de la Floración

☾ = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 10: Datos obtenidos para la determinación de la densidad antes de la floración y después de la fructificación.**









Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Densidad (mg/mm <sup>3</sup> )	1.96	1.86	2.38	3.00	2.90	2.94	1.97	3.10
	1.88	1.95	2.46	1.82	3.08	3.28	2.84	2.24
	1.76	2.12	1.94	2.54	1.65	1.97	3.23	2.98
Promedio	1.87	1.98	2.26	2.45	2.54	2.73	2.68	2.77

 = Antes de la Floración

 = Después de la Fructificación











**CUADRO N° 11: Datos obtenidos para la obtención de humedad antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Humedad (%)	5.73	4.41	6.22	4.86	6.75	4.86	7.46	5.88
	5.86	4.94	7.91	8.42	9.21	8.42	8.22	5.62
	5.09	5.45	9.45	5.98	6.32	5.98	7.32	7.15
	6.97	5.53	5.88	6.28	7.18	6.28	6.17	6.40
Promedio	5.91	5.08	7.62	7.04	7.37	6.39	7.29	6.26

 = Antes de la Floración

 = Después de la Fructificación









**CUADRO N° 12: Datos obtenidos para la determinación de la longitud antes de la floración y después de la fructificación.**


Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Longitud (mm)	368	510	320	480	626	845	720	687
	226	682	541	538	597	628	523	752
	550	493	628	735	465	494	837	789
	333	589	475	620	558	573	760	693
	486	665	571	592	623	620	521	752
	572	564	642	625	577	741	744	765
	686	427	733	491	713	852	581	557
	426	660	568	558	396	547	645	827
	521	584	398	740	458	685	637	836
	533	626	626	623	584	713	632	845
Promedio	470	580	550	600	560	670	660	750

 = Antes de la Floración

 = Después de la Fructificación









**CUADRO N° 13: Datos obtenidos para la obtención de ceniza antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Ceniza (%)	2.15	2.01	2.60	2.19	2.34	2.74	2.74	2.67
	2.18	1.82	3.09	2.47	3.07	2.80	3.40	3.18
	3.10	2.00	2.98	2.17	2.28	2.06	3.20	2.62
Promedio	2.48	1.94	2.89	2.28	2.56	2.53	3.11	2.82

 = Antes de la Floración

 = Después de la Fructificación









**CUADRO N° 14: Datos obtenidos para la obtención de extraíbles en solventes alcohol-benceno antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Alcohol-benceno (%)	3.59	12.80	4.20	6.03	4.23	7.38	10.02	1.69
	1.35	7.16	3.56	8.90	12.50	5.40	10.09	1.10
	2.02	10.48	12.20	2.70	5.40	3.20	9.85	3.30
	1.98	9.59	6.56	8.40	10.90	11.20	8.92	6.20
Promedio	2.24	10.00	6.63	6.50	8.26	6.79	9.72	3.07

 = Antes de la Floración

 = Después de la Fructificación

**CUADRO N° 15: Datos obtenidos para la obtención de extraíbles en solvente alcohol antes de la floración y después de la fructificación.**

Componente	Número de Capas o Vainas							
	2		6		11		16	
								
Alcohol (%)	2.03	4.30	4.02	6.07	2.99	3.56	3.81	2.12
	8.44	4.26	6.30	4.97	1.81	8.56	0.70	3.78
	5.66	3.12	2.85	3.98	6.00	6.85	2.75	4.52
	3.87	1.52	3.25	7.09	5.41	7.02	3.92	3.90
Promedio	5.00	3.30	4.10	5.52	4.05	6.49	2.79	3.58

 = Antes de la Floración

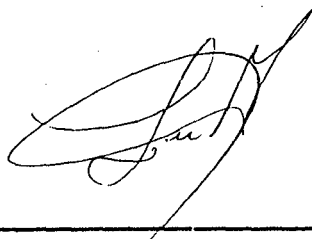
 = Después de la Fructificación

# **CERTIFICACIÓN**

Por medio de la presente el suscrito certifica que la muestra entregada por la Srta. Cesárea del Pilar Calampa Torres corresponde al híbrido triploide *Musa x paradisiaca* del tipo AAB, Plátano de la variedad Harton o "Bellaco".

Para mayor constancia firmo la presente.

Tarapoto, Diciembre 14 de 1,999



---

**Marco León Martínez**  
**Biólogo Colegado**  
**CBP # 2981**

DATA FILE: PLATANO  
 TITLE: CELULOSA DESPUES DE LA FRUCTIFICACION  
 FUNCTION: ANOVA-2

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA CELULOSA DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACIÓN

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	40.39	13.464	2.13		
Tratamiento	3	939.80	313.268	49.62	3.86	**
Error	9	56.82	6.314			
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>1037.02</b>				

LEYENDA:

- \* Significativo
- \*\* Altamente significativo
- N.S. No significativo

COMPARACION ENTRE PROMEDIO DE TRATAMIENTO

Se utiliza la prueba "t" de Student.

$$\frac{t(t-1)}{2}$$

$$t = 4 \quad \frac{t(t-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6 \text{ Comparaciones}$$

DIFERENCIA LIMITE DE SIGNIFICANCIA (D.L.S.)

Esta prueba utiliza generalmente la siguiente fórmula:

$$D.L.S. = T [\alpha, (n-t)]. Sd$$

Donde:

Sd = Desviación standart de la diferencia de promedios y está definida por:

Donde:

CME = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

T $\alpha$  (n-t): Valor tabular de t con (n-t) grados de libertad del error

D.L.S. = Valor crítico.

Para que una diferencia sea significativa, la diferencia absoluta de los tratamientos en comparación, debe ser mayor que la diferencia límite de significancia (D.L.S.)

**COMPARACIONES DE TRATAMIENTOS MEDIANTE LA PRUEBA DE DUNCAN ( $\alpha = 0.05$ )**

COMPARACIONES	D.A.	P	AES (D)	D.L.S.(D)	SIGNIFICANCIA
1 Vs 2	6.200	2	3.20	2.30	*
1 Vs 3	11.325	3	3.34	2.30	*
1 Vs 4	20.925	4	3.41	2.30	*
2 Vs 3	5.125	2	3.20	2.30	*
2 Vs 4	14.725	3	3.34	2.30	*
3 Vs 4	9.600	2	3.20	2.30	*



## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 2.30

$S_x = 1.256$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 93.03 A

Mean 2 = 86.83 B

Mean 3 = 81.71 C

Mean 4 = 72.11 D

DATA FILE: PLATANO

TITLE : CELULOSA ANTES DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CELULOSA ANTES DE LA FLORACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	100.58	33.528	0.96		
Tratamiento	3	101.60	33.868	0.97	3.86	N.S.
Error	9	313.34	34.815			
TOTAL	15	515.52				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 9.438

$S_x = 2.950$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 76.28 A

Mean 2 = 70.72 A

Mean 3 = 70.63 A

Mean 4 = 70.11 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: LIGNINA ANTES DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA LIGNINA ANTES DE LA FLORACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	13.20	4.401	0.20		
Tratamiento	3	51.88	17.293	0.77	3.86	N.S.
Error	9	202.15	22.461			
TOTAL	15	267.23				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 7.581

$S_x = 2.370$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 14.88 A

Mean 2 = 15.58 A

Mean 3 = 16.08 A

Mean 4 = 19.56 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: LIGNINA DESPUES DE LA FRUCTIFICACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA LIGNINA DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	11.11	3.704	0.63		
Tratamiento	3	21.33	7.109	1.21	3.86	N.S.
Error	9	52.81	5.868			
TOTAL	15	85.25				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 3.875

Sx = 1.211 AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 10.71 A

Mean 2 = 11.24 A

Mean 3 = 12.51 A

Mean 4 = 13.68 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: CENIZA DESPUES DE LA FRUCTIFICACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CENIZA DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	2	0.25	0.126	2.12		
Tratamiento	3	1.26	0.421	7.08	4.76	*
Error	6	0.36	0.059			
TOTAL	11	1.87				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 0.4853

$S_x = 0.1402$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 2.830 A

Mean 2 = 2.540 AB

Mean 3 = 2.280 BC

Mean 4 = 1.950 C

DATA FILE: PLATANO

TITLE: CENIZA ANTES DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CENIZA ANTES DE LA FLORACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	2	0.56	0.278	2.15		
Tratamiento	3	0.78	0.261	2.02	4.76	N.S.
Error	6	0.78	0.129			
TOTAL	11	2.11				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 0.7176

Sx = 0.2474 AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 3.120 A

Mean 2 = 2.570 A

Mean 3 = 2.900 A

Mean 4 = 2.480 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: HOLOCELULOSA DESPUES DE LA  
FRUCTIFICACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HOLOCELULOSA DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	3.48	1.159	0.34		
Tratamiento	3	58.95	19.649	5.77	3.86	*
Error	9	30.63	3.403			
TOTAL	15	93.05				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 2.951

$S_x = 0.9224$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 95.98 A

Mean 2 = 93.28 AB

Mean 3 = 91.01 B

Mean 4 = 91.66 B

DATA FILE: PLATANO

TITLE: HOLOCELULOSA ANTES DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HOLOCELULOSA ANTES DE LA FLORACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	73.57	24.522	2.63		
Tratamiento	3	36.93	12.311	1.32	3.86	N.S.
Error	9	83.92	9.324			
TOTAL	15	194.42				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 4.884

$S_x = 1.527$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 94.98 A

Mean 2 = 92.03 A

Mean 3 = 91.61 A

Mean 4 = 91.06 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: EXTRACCION EN MEZCLA ALCOHOL BENCENO DESPUES  
DE LA FRUCTIFICACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EXTRACCION EN MEZCLA ALCOHOL BENCENO DESPUES DE LA FRUCTIFICACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	43.54	14.515	2.65		
Tratamiento	3	93.43	31.144	5.69	3.86	*
Error	9	49.29	5.477			
TOTAL	15	186.27				



## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 5.111

$S_x = 1.597$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 9.930A

Mean 2 = 8.260A

Mean 3 = 6.640AB

Mean 4 = 2.240B

DATA FILE: PLATANO

TITLE: HUMEDAD ANTES DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD ANTES DE LA FLORACION

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	3.52	1.173	0.88		
Tratamiento	3	7.08	2.371	1.77	3.86	N.S.
Error	9	11.99	1.332			
TOTAL	15	22.59				

**DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST**

L.D.S. VALUE 3.744

Sx = 1.170 AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 3.080B

Mean 2 = 6.810AB

Mean 3 = 6.560AB

Mean 4 = 9.900A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: EXTRACCION EN MEZCLA DE ALCOHOL BENCENO ANTES  
DE LA FLORACION

FUNCTION: ANOVA-2

**ANALISIS DE VARIANZA PARA LA EXTRACCION EN MEZCLA  
ALCOHOL BENCENO ANTES DE LA FLORACION**

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	8.57	2.855	0.28		
Tratamiento	3	130.95	43.649	4.28	3.86	*
Error	9	91.87	10.208			
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>231.38</b>				



**DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST**

L.D.S. VALUE 1.846

Sx = 0.5771 AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 7.300 A

Mean 2 = 7.370 A

Mean 3 = 7.620 A

Mean 4 = 5.920 A

DATA FILE: PLATANO

TITLE: HUMEDAD DESPUES DE LA FRUCTIFICACION

FUNCTION: ANOVA-2

**ANALISIS DE VARIANZA PARA LA HUMEDAD DESPUÉS DE LA FRUCTIFICACION**

Fte. Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F Calc.	F tabu.	Signif.
Bloques	3	0.70	0.232	0.17		
Tratamiento	3	7.99	2.662	1.94	3.86	N.S.
Error	9	12.35	1.372			
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>21.03</b>				

## DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST

L.D.S. VALUE 1.874

$S_x = 0.5857$  AT ALPHA = 0.05

Mean 1 = 6.270 A

Mean 2 = 6.390 A

Mean 3 = 7.050 A

Mean 4 = 5.090 A

