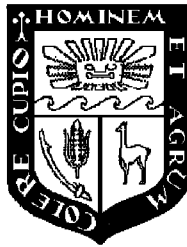


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Harina de Pituca (*Colocasia esculenta Schott*) como
extendedor en la formulación de la cola para tableros
contrachapados**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Neil Santos Arenas

Lima – Perú
2007

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. NEIL SANTOS ARENAS, intitulado “HARINA DE PITUCA (*COLOCASIA ESCULENTA SCHOTT*) COMO EXTENDEDOR EN LA FORMULACIÓN DE LA COLA PARA TABLEROS CONTRACHAPADOS”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 12 de Octubre de 2007

.....
Ing. Julio Canchucaya Rojas
Presidente

.....
Ing. Graciela Egoavil Cueva Gálvez
Miembro

.....
Dr. Percy A. Zevallos Pollito
Miembro

.....
Ing. Leonidas Miguel Castro
Patrocinador

.....

RESUMEN

Se evaluó la aptitud de la harina de pituca *Colocasia esculenta* Schott procedente de la zona de Selva Central – Distrito de la Merced, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín, como extendedor en la formulación de la cola para tableros contrachapado de Lupuna *Chorisia integrifolia* H.B.K., reemplazando porcentualmente a la harina de trigo en un 100% , 80% , 60%, 40% y 20% .

Los tableros fueron elaborados utilizando úrea formaldehído como componente principal de la cola, con un extendido de 220 g/m² , una temperatura de 125° C, 6 Kg/cm² de presión específica y un tiempo de prensado de 4 minutos.

Se evaluó la resistencia a la tracción paralela al grano de los 5 tratamientos reemplazando a la harina de trigo, como entendedor, en las mezclas encolantes mediante un diseño completamente al azar (DCA).

Los resultados demuestran que es factible utilizar harina de pituca como extendedor en una formulación de cola para tablero contrachapado de uso interior reemplazando a la harina de trigo en un 80%, con los cuales se obtienen tableros de resistencias en la línea de cola muy similares a los tableros elaborados con harina de trigo como extendedor.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PITUCA.....	3
2.1.1 <i>Taxonomía</i>	3
2.1.2 <i>Generalidades sobre el cultivo</i>	5
2.1.3 <i>Composición química de la pituca y harina de pituca</i>	5
2.1.4 <i>Origen</i>	8
2.1.5 <i>Usos e importancia alimenticia</i>	8
2.1.6 <i>Producción Nacional</i>	9
2.1.7 <i>Rendimiento del cultivo de pituca</i>	10
2.1.8 <i>Rendimiento de la harina de pituca</i>	11
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA UTILIZADA.....	12
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENCOLADO.....	13
2.3.1 <i>La Adhesión</i>	13
2.3.2 <i>De la viscosidad</i>	17
2.3.3 <i>De la acidez</i>	17
2.3.4 <i>Del contenido de humedad</i>	18
2.3.5 <i>De la temperatura</i>	18
2.4 TECNOLOGÍA DE ADHESIVOS.....	19
2.4.1 <i>Componentes</i>	20
2.4.2 <i>Resina</i>	20
2.4.3 <i>Catalizadores o Endurecedores</i>	21
2.4.4 <i>Cargas y extendedores</i>	22
2.5 PREPARACIÓN DE LA MADERA.....	24
2.6 APLICACIÓN DE LA COLA.....	26
2.7 CONFORMACIÓN DE LOS TABLEROS.....	27
2.8 CARACTERIZACIÓN DE LA RESINA.....	30
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN:.....	32
3.2 PROCEDENCIA Y COLECCIÓN DE LAS MUESTRAS:.....	32
3.2.1 <i>Pituca</i>	32
3.2.2 <i>Láminas de Madera</i>	32
3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS LÁMINAS.....	32
3.4 IDENTIFICACIÓN DE LA VARIEDAD.....	33
3.5 MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	33
3.6 MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	33
3.7 METODOLOGÍA.....	34
3.7.1 <i>Obtención de la harina de pituca</i>	34
3.7.2 <i>Determinación del Rendimiento</i>	35
3.7.3 <i>Análisis Físico químico de la harina de pituca</i>	36
3.7.4 <i>Preparación de la mezcla encolante</i>	36

3.7.5	Preparación de los tableros.....	37
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1	RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LA HARINA DE PITUCA.....	43
4.2	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA HARINA DE PITUCA.....	44
4.3	EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS.....	45
4.3.1	Prueba Física o de Resistencia a la Humedad.....	45
4.3.2	Prueba Mecánica o de Resistencia a la Tracción Paralela al Grano.....	47
5.	CONCLUSIONES.....	49
6.	RECOMENDACIONES.....	50
	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXO 1.....	57
	ESCALA DE CALIDAD DE LIGADURAS EN LA LINEA DE COLA, DE ACUERDO A LA NORMA TECNICA PERUANA INDECOPI 57	
	ANEXO 2.....	58
	A: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS TESTIGO, ELABORADOS UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO 100% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 1 - TESTIGO).....	58
	B: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 100% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 2).....	59
	C: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 20% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 3).....	60
	D: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 40% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 4).....	61
	E: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 60% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 5).....	62
	F: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 80% EN KG/CM ² (TRATAMIENTO 6).....	63
	ANEXO 3.....	64
	RESULTADOS DEL ENSAYO FÍSICO (HUMEDAD) PARA USO INTERIOR DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS RESPECTIVOS. CALIFICACIÓN DE ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA PERUANA 251.042 DE INDECOPI (1 979).....	64
	ANEXO 4.....	65
	ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) DE LOS VALORES DEL ENSAYO MECÁNICO DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS Y EL TESTIGO.....	65
	ANEXO 5.....	66
	PRUEBA DE DUNNET PARA COMPARACIONES DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA DE LOS TRATAMIENTOS POR PROPORCIÓN DE EXTENDEDOR UTILIZADO EN LA PREPARACIÓN DE LA COLA.....	66

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CORMO DE PITUCA Y DE TRIGO, POR 100G DE PORCIÓN COMESTIBLE.6
CUADRO 2	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE PITUCA DE LA VARIEDAD BLANCA.6
CUADRO 3	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE PITUCA Y DE TRIGO, POR 100G DE PORCIÓN COMESTIBLE.7
CUADRO 4	PRODUCCIÓN NACIONAL DE PITUCA (TONELADAS MÉTRICAS)10
CUADRO 5	CARACTERÍSTICAS DE LA UREA FORMALDEHÍDO, VENCE UF – 600.....21
CUADRO 6	VALORES DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD Y TRACCIÓN PARALELA AL GRANO31
CUADRO 7	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA HARINA DE TRIGO Y DE PITUCA44
CUADRO 8	CALIFICACIÓN DEL ENCOLADO DE TABLEROS ELABORADOS CON EXTENDEDORES A BASE DE HARINA DE TRIGO Y/O PITUCA PARA USO INTERIOR. VALORES PROMEDIO OBTENIDO DEL CUADRO- ANEXO3.....46
CUADRO 9	PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS PARA LA EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD DE LOS TABLEROS PREPARADOS CON EXTENDEDORES A BASE DE HARINA DE TRIGO Y/O PITUCA.....46
CUADRO 10	VALORES PROMEDIOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA AL GRANO Y CALIFICACIÓN DE LA FALLA DE LOS TABLEROS ELABORADOS A BASE DE HARINA DE TRIGO Y/O PITUCA47
CUADRO 11	VALORES PROMEDIO OBTENIDOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE LOS TABLEROS ELABORADOS A BASE DE HARINA DE TRIGO Y/O PITUCA CORRESPONDIENTE A LOS TRATAMIENTOS.48

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA UNIÓN ADHESIVA FORMADO EN LA SUPERFICIE TANGENCIAL DE LA MADERA.....	16
FIGURA 2 DISTRIBUCIÓN DE LAS PROBETAS EN EL TABLERO CONTRACHAPADO.	41
FIGURA 3 SECUENCIA METODOLÓGICA DE LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE PITUCA, PARA SU USO COMO EXTENDEDOR EN LA FORMULACIÓN DE LA COLA.....	42
FIGURA 4 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL PROMEDIO DEL RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LOS CORMOS DE PITUCA (RENDIMIENTO EN HARINA).....	43

1. INTRODUCCIÓN

La industria de tableros contrachapados en el Perú se encuentra concentrada fundamentalmente en las localidades de Pucallpa e Iquitos con una producción de 48000 m³/año tanto para el mercado local como para la exportación. Las principales especies utilizadas para la producción de estos tableros son: Lupuna, Cumala, Capinuri, Copaiba, Loromicuna, entre otras. (INRENA, 2003)

Esta importante industria, durante los últimos cinco años ha mostrado una tendencia creciente en su producción, alcanzando actualmente una producción que bordea los 125 000 m³/año; sin embargo para continuar con esta tendencia y poder consolidar su actual posicionamiento en el mercado nacional e internacional además incursionar exitosamente en nuevos mercados requiere trabajar seria e intensamente en el campo de la innovación y desarrollo tecnológico (Sociedad Nacional de Industrias et al. 2006).

Su producción es en un 95 % a base de especie “lupuna” y utiliza harina de trigo como extendedor en la formulación de la cola para la elaboración de los tableros, insumo que al ser importado para satisfacer la demanda de las fábricas con un consumo de aproximadamente de 300 000 TM/año (SUNAT, 2003), se convierte en un insumo necesario e imprescindible para el normal proceso de producción de los tableros.

Frente a esta situación es importante conocer las bondades de otros extendedores que permitan a la Industria de Tableros Contrachapados contar con una alternativa tecnológicamente viable y con productos preferentemente de la zona donde se encuentran localizadas la mayor cantidad de estas empresas.

La pituca es un cultivo esencialmente tropical de alto rendimiento por hectárea (9 TM) y de fácil laboreo. Se encuentra difundido mayormente en la zona de ceja de selva; actualmente su producción anual promedio es de 16 700 TM, volumen que potencialmente tiene la posibilidad de incrementarse con su potencial industrialización.

Es por esta razón que en el presente estudio se analiza las características y rendimiento de producción de la harina de Pituca, así como la calidad del encolado de los tableros contrachapados de “lupuna” de tres capas elaborados utilizando harina de pituca como extendedor en la formulación de la cola, reemplazando a la harina de trigo en un 100%, 80%, 60%, 40% y 20%.

Los resultados de este estudio contribuirán a brindar conocimiento de las bondades de un extendedor alternativo a la harina de trigo que pueda ser utilizado por la industria de tableros contrachapados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PITUCA

2.1.1 TAXONOMÍA:

Estudios realizados por León (1968), indican que la posición sistemática de la pituca en la clasificación de los vegetales es:

División	Fanerógama
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Aroideas
Familia	Aráceas
Subfamilia	Colocasiodeae
Género	Colocasia
Especie	<i>Colocasia esculenta</i> Schott

Montaldo (1977) y Fernández, citado por Sandoval (1993), manifiestan que la pituca es una planta herbácea, suculenta, que alcanza gran altura, 1 - 2 metros, sin tallo aéreo en los ejemplares bajo cultivo anual y con hojas de pecíolo largos, láminas verdes, oblongo ovada, cordada. Flores en espádice y flores estaminadas en el extremo, con un grupo de flores estériles entre ambas zonas. Montaldo (1977) y Morín (1983), mencionan además, que la planta produce una especie de órgano de reserva en su base que se denomina técnicamente como "cormo". Este cormo viene a ser la parte utilizable de la planta como tuberosa o fuente de carbohidratos; son de forma esférica, elipsoidal o cónica o un cormo central que se ramifica en cormelos laterales que son mayores que el central. Estos cormos o cormelos están recubiertos exteriormente por escamas fibrosas o pueden ser lisos. El color de la pulpa es por lo general blanco pero también se presentan clones coloreados hasta llegar al morado. Esta planta, por lo

general no produce semillas quizá ello se deba a que por selección clonal a través de cientos de años de cultivo, sólo se hayan seleccionado los clones infértiles o bien debido a que como la cosecha se hace antes del año o al año, las inflorescencias no tienen la oportunidad de formarse. Las plantas están llenas de tubos lactíferos que contienen un líquido blanco o amarillento, rico en taninos. Todas las partes de la planta son comestibles pero como todas las aráceas, contiene oxalato de calcio y es lo que limita el consumo de algunas variedades. Respecto a la denominación Morín (1983) señala que la denominación nacional, de esta tuberosa tropical, como pituca es una incógnita y su origen no ha podido ser determinado. Nieto (1977), afirma que el nombre vulgar con el cual se le conoce en el Perú a la especie *Colocasia esculenta*, es "Pituca". Asimismo, manifiesta que en otros lugares del mundo toma diferentes nombres tales como taro, eddoe, dasheen, tannia, malanga, etc. Según Winters, citado por Sandoval (1993) menciona que son variables la forma, tamaño y peso de los cormos, dependiendo de la variedad y en menor escala de la ecología, suelo y modalidad de cultivo. El corno central varía en peso desde 230 hasta 3 200 g o más; mientras que los cormelos son de menor tamaño y cuando estos maduran pesan entre 80 a 460 g aproximadamente.

En cuanto a las variedades existentes Greewell, citado por Morín (1983), señala que en la actualidad existen probablemente 1 000 variedades hortícola cultivadas, cada una difiriendo en algún aspecto de las otras. Winters, citado por Nieto (1977), indica que existen dos plantas herbáceas de hojas acorazonadas de la familia de las Araceas, que se cultivan en los trópicos por sus cormos. Estas dos plantas cultivables son muy distintas botánicamente, pero su apariencia general es muy similar, así como su cultivo y en su aprovechamiento. Estas son la *Colocasia esculenta*, cuyos nombres vulgares son pituca, taro, malanga, dedos, dasheen, etc.,(según la región donde se la encuentra) y la *Xanthosoma sagittifolium*, la cual se le conoce como tannia o tannier, yautía, mafafas, coco-ñame, ocumo, etc. Una clara distinción a simple vista entre los dos géneros es la siguiente:

Colocasia: hojas peltadas, con pecíolo unido a la hoja hacia su centro.

Xanthosoma: hojas sagitadas, con pecíolo unido a la base y margen de la hoja.

Goodin y Campell, citado por Loayza (1981) anotan las siguientes diferencias menos evidentes a simple vista: En Colocasia la flor tiene el apéndice estéril claramente distinto del Xanthosoma y los gránulos de almidón son más pequeños que el otro género y además el corno central es grande y posee pocos cormelos laterales. En Xanthosoma el apéndice estéril es como dos tercios más grande que en Colocasia, los gránulos de almidón son más grandes y en cuanto al corno central, éste es relativamente pequeño y con muchos cormelos laterales.

2.1.2 GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO:

En cuanto a su importancia alimenticia Plucknett, citado por Loayza (1981) señala que la pituca constituye un alimento rico en carbohidratos y muy pobre en proteínas. La proteína es algo deficiente en el aminoácido esencial lisina, similar en esto a la mayoría de los cereales. Estos cormos son más ricos en calcio, fósforo y hierro que la papa y aproximadamente iguales a ella en contenido vitamínico.

Respecto a su ecología, Moreno (1967) sostiene que es una planta esencialmente tropical y requiere de altas precipitaciones (1800 – 2500 mm), bien distribuidos y temperatura de 25 – 30 °C, con buena luminosidad.

2.1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PITUCA Y HARINA DE PITUCA

Según Coursey y Oyenuga, citado por Sandoval (1993), el corno de pituca posee una humedad que va de 65% a 85%, carbohidratos 13% a 29%, proteína de 1,4% a 3%, grasa 0,16% a 0,36%, fibra cruda 0,60% a 1,18% y cenizas 0,60% a 1,30%.

Nieto (1977), afirma que al realizar un análisis químico de la materia prima (cormos de pituca de la variedad blanca), encontró: 72,40 % de humedad, 1,78% proteína, 0,30% grasa, 0,11% fibra, 24,27 % carbohidratos totales y 1,14% de cenizas.

En el cuadro 1, se muestra los valores relacionados a la composición química del trigo y de la pituca, determinado por Collazos (1996). En él se aprecia que el mayor componente de la pituca es agua (73,7g), seguido de carbohidratos (23,2g) que son los que básicamente conforman la harina; por otro lado el trigo presenta como mayor componente a los carbohidratos (73,7g) y un bajo contenido de agua (14,5g), es decir en la molienda de los granos de trigo la mayor cantidad resulta en harina; contrario a lo que sucede con la pituca que se obtiene 22,3g de carbohidratos lo que equivale a decir un rendimiento de harina de 22,3% lo cual se resalta como dato fundamental para este estudio.

Cuadro 1 Composición química del corno de pituca y de trigo, por 100g de porción comestible.

Componentes	Pituca (g)	Trigo(g)
Agua	73,7	14,5
Proteína	1,6	8,6
Grasas	0,5	1,5
Carbohidratos	23,2	73,7
Fibra	0,8	3,0
Cenizas	1,0	1,7

Fuente: Collazos et al. (1996).

En el cuadro 2, se presenta los valores relacionados a la composición química de la harina de pituca de la variedad blanca determinados por Nieto (1977) y Sandoval (1993).

Cuadro 2 Composición química de la harina de pituca de la variedad blanca.

Componentes	Harina de pituca (%)	
	Según NIETO	Según SANDOVAL
Agua	7,89	12,50
Proteína	--	4,77
Grasas	--	0,40
Carbohidratos	81,49(*)	77,21
Fibra	--	0,79
Cenizas	3,72	4,33

Fuente: Nieto (1977); Sandoval (1993)

() carbohidratos totales.*

Respecto a la acidez, Sandoval (1993), indica para la harina de pituca variedad blanca un pH de 5,8.

En el cuadro 3, se muestra los valores promedio relacionados a la composición química de la harina de pituca y de trigo, determinado por Collazos (1996). Los valores promedio del componente carbohidrato para la harina de pituca y trigo son 78,6g y 74,8g; lo que equivale decir 78,6% y 74,8% de rendimiento de harina respectivamente.

Estos valores son altos puesto que se está analizando al producto harina, la misma que se encuentra libre del componente agua.

Cuadro 3 Composición química de la harina de pituca y de Trigo, por 100g de porción comestible.

Componentes	Harina de pituca (g)	Harina de Trigo (g)
Agua	9,7	10,8
Proteína	8,1	10,5
Grasas	0,3	2,0
Carbohidratos	78,6	74,8
Fibra	-	1,5
Cenizas	3,3	0,4

Fuente: Collazos et al. (1996).

Respecto a la composición química de la harina Villagómez (1993), señala que el contenido de almidón así como otros elementos en las raíces reservantes es variable y depende de condiciones de clima, suelo, factores hereditarios y estado de maduración entre otros.

Por otra parte Grace (1977), indica que cuando más cuidadosa y limpia sea la manufactura de la harina, tanto más elevado será su valor para casi todas las aplicaciones y por consiguiente mejorará su calidad. Asimismo señala que la cantidad de elementos inorgánicos presentes, medidos por el contenido de cenizas, puede considerarse como signo del grado de limpieza de su elaboración.

2.1.4 ORIGEN

Schery (1956), menciona que el taro o pituca, es una raíz de origen asiático, desde donde progresivamente fue introducida al trópico de todo el mundo. Actualmente es un cultivo popular en la India, Hawai, Fiji, Trinidad, África.

Según Nieto (1977), pituca es el nombre vulgar con el cual se le conoce en el Perú a la especie *Colocasia esculenta*. Además señala que en otros lugares del mundo toma diferentes nombres, así tenemos: taro, eddoe, dasheen, tannia, malanga, etc.; en la literatura se le encuentra generalmente con el nombre de taro o dasheen.

Plowman (1969), manifiesta que el taro constituyó un importante alimento en el África Occidental, y cuando los esclavos africanos fueron traídos a América durante la época de la colonia trajeron consigo la planta.

2.1.5 USOS E IMPORTANCIA ALIMENTICIA

Sandoval (1993), afirma que en el Perú, fue Fernández en el año 1970 quién realiza investigaciones en pituca con fines alimenticios que hasta entonces se tenía poca información acerca de su consumo en la alimentación humana en la ceja de selva; pues mayormente era destinada a la alimentación de porcinos.

Según Montaldo (1977) la pituca se emplea en la alimentación humana en los trópicos, los cormos se consumen cocidos, también como harina para diversos usos, rodela fritas y como "poi". Las hojas de algunas variedades, con bajo contenido en oxalatos se consumen hervidas, como hortalizas. El "poi" se prepara en Hawai, de cormos de pituca cocidas, peladas, lavadas y molidas hasta formar una pasta de color gris-marrón, la que a veces se somete a un ligero proceso de fermentación.

Plowman (1969), menciona que los cormos pelados, precocidos y secados, puede ser utilizada en forma similar a la harina de papa para la preparación de sopas, galletas, pan, bebidas, budines, alimentos para infantes, etc.

Casseres, citado por Loayza (1981) refiere que los cormos cocidos sustituyen a la papa y es utilizada por la gente pobre de las regiones tropicales y subtropicales. Además el follaje tierno del cogollo de algunas variedades se puede consumir cocido de manera similar a las espinacas.

Plucknett, citado por Sandoval (1993) menciona que la planta de pituca puede consumirse en su totalidad aunque existen algunas variedades que contiene alta concentración de cristales de oxalato de calcio los que puede causar dificultades en la preparación de la comida. Usualmente las hojas y los pecíolos son mas acres o picantes de los cormos. El mismo autor manifiesta, según Greenwell el efecto del oxalato de calcio es más que nada un efecto físico y no la acción de una sustancia tóxica.

Según ASPA (2 000), la harina de pituca puede ser usada como sustituto de la harina de trigo en la elaboración del pan. Afirma además, que las referencias han demostrado que el pan elaborado con un porcentaje de harina de pituca mantiene por más tiempo sus condiciones apropiadas para el consumo, endureciéndose más lentamente.

2.1.6 PRODUCCIÓN NACIONAL

En el Perú, según Loayza (1981), durante los años 1974 a 1976 los departamentos de mayor producción de pituca fueron: Cajamarca, Ayacucho y Huanuco; siendo estos los que tuvieron mayor rendimiento y superficie sembrada; y que comparando su rendimiento al de otras raíces y tubérculos como la yuca, camote y sachapapa resulta tener un rendimiento menor con respecto a ellos.

El mismo autor, menciona que la baja producción nacional de pituca se debe a la poca superficie cultivada, pudiendo ser producto de la falta de un sistema de cultivo, dando énfasis a un control sobre plagas y enfermedades; asimismo, estudios de genética y mejoramiento. Otra causa podría ser que la pituca está dirigida a la alimentación animal y en menor escala al consumo humano, razón por la cual no se extiende su cultivo.

Según el Instituto Nacional de Estadística é Informática INEI (2004), en la actualidad en el Perú se producen 16 958 TM anuales con un rendimiento promedio nacional de éste cultivo de 9,10 TM/ha, está considerada dentro del grupo de otros productos agrícolas, en el que se encuentran los productos de menores volúmenes de producción. En el cuadro 4 se presenta la producción nacional de pituca en los últimos años.

Cuadro 4 Producción Nacional de Pituca (Toneladas Métricas)

Años	Producción (TM)
1994	1 777
1995	1 610
1996	3 711
1997	2 675
1998	8 477
1999	14 014
2000	16 543
2001	15 561
2002	17 754
2003	16 958

*Fuente: Dirección General de Información Agraria.
INEI –Perú: Compendio Estadístico 2 004*

2.1.7 RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PITUCA

Según Purewal, citado por Morín (1983), el rendimiento varía considerablemente de acuerdo con la variedad y las prácticas culturales adoptadas. La introducción de variedades mejoradas repercutirá fuertemente en el incremento de los rendimientos, pero las máximas cosechas solo se pueden obtener cuando las variedades mejoradas son cultivadas bajo las mejores prácticas culturales, tales como espaciamiento, abonado y riego.

Al respecto Plucknett, citado por Loayza (1981), sostiene que el rendimiento del cultivo de pituca oscila entre 3 y 30 TM o más por hectárea; además menciona que las diferencias se deben, en parte, a la idoneidad del suelo y al sistema de cultivo.

Gerigelli, citado por Morín (1983), indica que los rendimientos son difíciles de precisar porque en general esta planta no se cultiva sino en parcelas; se estima 15 TM/ha, como un buen rendimiento promedio bajo condiciones ordinarias de cultivo. Además señala que en el Congo Belga se da como variaciones de la producción de 8 a 35 TM/ha. Sobre el particular éste mismo autor, cita algunas referencias bibliográficas, siendo las más importantes: Goodin y Campbell (1961), obtuvieron 12,5 TM/ha como promedio de varias variedades en un experimento comparativo en Trinidad; Montaldo, señala que los rendimientos por lo general son bajos, variando de 4,5 TM/ha en las islas Fiji a 17,6 TM/ha en Egipto y El Ministerio de Agricultura del Perú (1975) reporta como rendimiento promedio nacional 9,09 TM/ha .

2.1.8 RENDIMIENTO DE LA HARINA DE PITUCA

En relación al rendimiento de la pituca en harina Nieto (1977), en un estudio de investigación obtuvo: 19,68 % harina, 5,76% de cáscara, 72,60% agua y 1,96% pérdidas; a partir de los cormos de pituca fresca de la variedad blanca sin pelar.

Ordoñez (1983), al referirse al rendimiento de la harina de pituca, indica que en promedio obtuvo: 20,12 % harina, 6,2% de cáscara, 71,68% agua y 2% pérdidas; en un estudio similar al caso anterior y utilizando los mismos métodos.

Respecto al rendimiento de harinas de pituca, Jain et al (1951) citado por Sandoval (1993) menciona que los cormos deben ser lavados a fin de eliminar completamente la tierra y otras materias extrañas para luego recién ser pelados, considera además que algunas variedades contienen abundante sustancia mucilaginosas los cuales son responsables del bajo rendimiento de la harina.

2.2 CARACTERISTICAS DE LA MADERA UTILIZADA

Montalván, citado por Canchucaja (2 001), describe a la lupuna de la siguiente manera:

Taxonomía:

Orden: Angiosperma

Familia: Bombacaceae

Género: *Chorisia*

Especie: *Integrifolia*

Nombre científico: *Chorisia integrifolia* H.B.K.

Nombre común: Lupuna, barriguda.

Acevedo (1994) describe a la lupuna como una madera de color crema, en condición seca al aire no presenta diferencia entre albura y duramen, los anillos de crecimiento son diferenciados y visibles a simple vista, vetado en arcos superpuestos, grano recto y textura media.

El mismo autor, señala que esta especie posee madera de porosidad difusa, poros visibles con lupa 10X, solitarios, múltiples radiales de forma oval, con 1 a 5 poros/mm², presencia de tñlides, parénquima visible con lupa 10X, terminal y apotraqueal difuso. Radios visibles con lupa 10X, con 1 a 5/mm, no estratificados.

Aróstegui (1974), menciona que la madera de lupuna es muy susceptible al ataque de organismos xilófagos, tiene una densidad muy baja y su resistencia mecánica es baja a muy baja.

Por otro lado Aróstegui (1982), señala que la madera de lupuna tiene una densidad básica de 0,28 , de secado natural rápido y de buen comportamiento al secado artificial. Entre sus principales usos están los laminados y tableros contrachapados.

2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ENCOLADO

2.3.1 LA ADHESIÓN

Durante la aplicación del adhesivo sobre las superficies a unirse, intervienen varios factores que influyen de una u otra forma afectando favorable o desfavorablemente.

Según Heritage (1983), define la adhesión como el estado en el cual dos superficies se mantienen juntas mediante la acción de fuerzas interfaciales, las cuales pueden consistir de fuerzas de valencia, acción interbloqueante o ambas. Estas fuerzas de atracción son debidas a las interacciones de moléculas, átomos e iones en las dos superficies. Ellas varían en magnitud desde las uniones químicas fuertes formadas cuando dos átomos comparten electrones (enlace covalente) o cuando cargas eléctricas se atraen mutuamente, hasta las comparativamente fuerzas de atracción débiles, conocidas como interacciones de Van der Waals., las cuales se encuentran aún cuando dos sustancias se ubican en un íntimo contacto.

El mismo autor, menciona el adhesivo y las moléculas del sustrato pueden también poseer un carácter químico específico que mejoran la adhesión (quimisorción).

Arriaga (1996), define la adhesión como la fuerza de atracción entre la superficie que se quiere unir y la línea de cola formada por el adhesivo. Es un fenómeno de superficie y tiene su origen en que las moléculas del material que se pretende unir son distintas a las moléculas del adhesivo que forma la línea de cola. Se define cohesión a la fuerza entre las propias moléculas de la línea de cola y es la causa de que éstas se mantengan unidas.

El mismo autor menciona que la adhesión, es decir, la unión entre la madera (en este caso) y la línea de cola es consecuencia de tres mecanismos: de una cierta adhesión mecánica, de la adhesión específica dependiente de la naturaleza de la madera y del adhesivo, y de una adhesión química. En cuanto a la adhesión mecánica afirma, depende de la forma de penetrar la

cola por los poros de la madera. Si la cola penetra bien se conseguirá una buena adhesión mecánica. La adhesión específica será función de las fuerzas moleculares que aparezcan entre la cola y la madera, es decir dependerá de la tensión superficial del líquido adhesivo y de su más o menos habilidad para “mojar”, la superficie de la madera. En este sentido conviene indicar que para mojar una superficie cuya composición principal es celulosa, el líquido tiene que ser polar, por ejemplo no servirá el polietileno o los aceites minerales porque son no-polares.

La adhesión química depende de la reacción de la cola con el material que va a ser encolado.

Al respecto Kollmann (1980) sostiene que para entender los fundamentos de adhesión se debe analizar la relación entre cohesión y adhesión. Señala que la cohesión es causada por las fuerzas de atracción entre átomos o moléculas, en el proceso de separación, la energía es disipada, solo de este modo las fuerzas de atracción son vencidas y simultáneamente nuevas superficies son producidas. Esta es la razón por la que se puede estimar la cantidad de fuerzas de cohesión, basados en la fuerza o resistencia al rasgado; fundamentalmente las fuerzas de cohesión y adhesión son idénticas. Generalmente, la adhesión es la fuerza adhesiva entre moléculas que están adyacentes. Esta fuerza adhesiva solo puede ser desarrollada si las moléculas se encuentran suficientemente próximas (a una distancia menor de 3×10^{-8} cm), a esta distancia las moléculas pueden interactuar.

En relación al fenómeno de la adhesión Chugg, (1964) manifiesta que un requerimiento necesario para un buen encolado es que el adhesivo debe ser capaz de humedecer la superficie en la cual es aplicada y a la vez hacer desplazar el aire de la superficie. Asimismo indica que la capacidad de un líquido para humedecer un sólido es gobernado por la “humectabilidad” del líquido, que es determinado por su tensión superficial, temperatura, viscosidad, por la tensión interfacial entre líquido-sólido y su afinidad química con la superficie sólida.

De otro modo, Skeist (1965) afirma que es esencial que un adhesivo fluya o se deforme cuando se esté realizando la unión de tal forma que penetre en los valles o capilares de el sustrato, desplace al aire y llegue a un contacto íntimo con la superficie del sustrato.

Con respecto a este punto en la fig. 1 se aprecia esquemáticamente la unión adhesiva en la superficie tangencial de la madera. Es importante para comprender cómo se produce la unión entre la superficie y la línea de cola.

Marra (1951) señala que después que la cola ha sido aplicada en la madera y las superficies entran en contacto, se deben concretar las siguientes acciones tanto físicas como químicas, antes de que la unión se consolide:

1. Flujo a través de una película continua.
2. Transferencia a una superficie no extendida.
3. Penetración de ambas superficies.
4. Humedecimiento de la madera en su superficie.
5. Solidificar a una masa firme.

También indica que para lograr una buena adhesión, el adhesivo fluye dentro de los poros o intersticios de la madera y que al estabilizarse se entrelaza así misma en dicho lugar o que de otra manera las fuerzas químicas que existen en las moléculas del adhesivo se llegan a atraer unas a otras con gran poder y para lograr una buena resistencia el adhesivo debe infiltrarse a través y más allá de la superficie laminar, de esta forma se logran tres cosas:

1. Se refuerzan las áreas con rupturas u otras debilitadas en la proximidad de la unión.
2. Se obtiene un anclaje en el material más sólido.
3. Se distribuyen esfuerzos en diferentes planos de la madera al haber una profundidad variable de penetración del adhesivo.

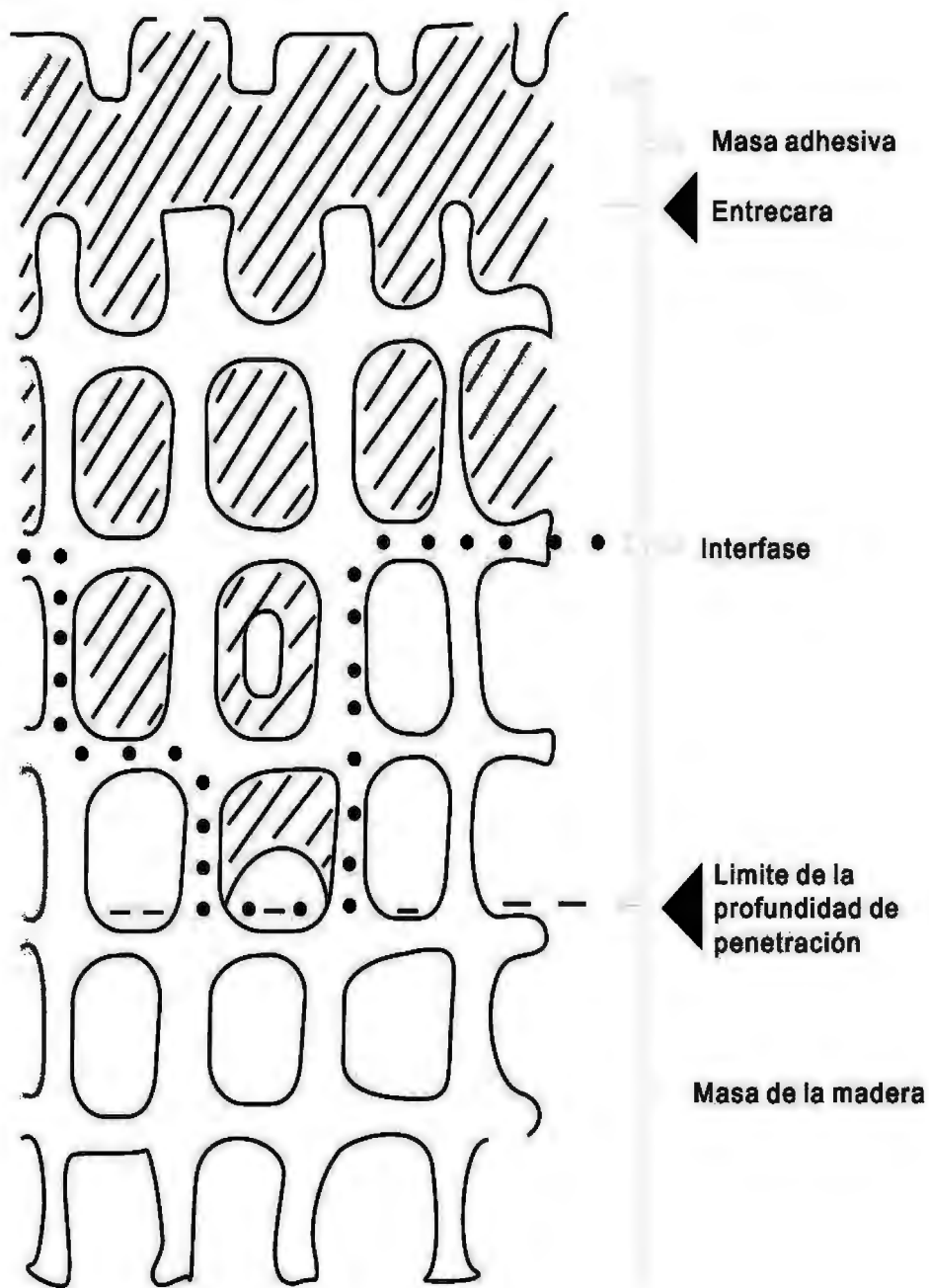


Figura 1 Diagrama esquemático de la unión adhesiva formado en la superficie tangencial de la madera.

Fuente: White (1977).

2.3.2 DE LA VISCOSIDAD

Blomquist (1981) menciona que la viscosidad es una propiedad importante de trabajo que afecta el esparcimiento de la cola, humedecimiento y penetración del sustrato. Esta propiedad puede ser usada para determinar el tiempo de trabajo y la vida útil de la cola.

Stone, citado por Duda (1996) indica que los extendedores se diferencian por su capacidad de desarrollar una viscosidad en particular y que esta propiedad está afectada por factores como tamaño de partículas, temperatura de secado, peso, contenido de humedad; pero que estos factores no son tan significantes como la naturaleza química, inherente de dichos extendedores.

2.3.3 DE LA ACIDEZ

Respecto a este importante factor, Kollmann (1980) sostiene que la influencia de los valores de pH en el fraguado de la unión de la cola es notable, una alcalinidad o una acidez fuerte reduce la resistencia de la unión. Por otra parte el tratamiento de removimiento de extractivos mejora la humectabilidad e incrementa el ph de la madera. El fraguado de resinas sintéticas es influenciado por valores relativamente bajos de pH, sin embargo estos bajos valores de pH tienen un efecto de deterioro en la madera. Asimismo menciona que existe una correlación lineal positiva entre la humectabilidad y la resistencia de la unión en madera encolada con resinas a base de urea formaldehído.

Stamm, citado por Córdova (1992), recomienda determinar el pH de la solución adhesiva, ya que este es un parámetro importante además que el tipo de fraguado del adhesivo depende notablemente del pH, por ello un incremento en la acidez (pH bajo) puede alterar la viscosidad, vida de almacenamiento, de trabajo y el fraguado, además de poder causar la corrosión de la maquinaria. El mismo autor sostiene que el pH del fraguado de la película adhesiva también es importante, ya que cuando es muy bajo (2 o menos) puede causar el deterioro del sustrato madera.

El encolado también se puede ver afectado por la acidez de la madera según la Corporación de Fomento de la Producción (1990) sobre todo cuando se trata de adhesivos que fraguan en ambiente ácido como la úrea formaldehído.

2.3.4 DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Sobre este factor, Marra (1951) indica que la movilidad de un adhesivo dentro de la madera así como su humedecimiento podrían ser desfavorecidos por el uso de madera muy seca, largos tiempos de ensamble, elevados porcentajes de catalizadores, cola con elevado contenido de sólidos y elevados porcentajes de extendedores y cargas; en cambio cortos tiempos de ensamblado, madera porosa, presiones altas y baja consistencia del adhesivo, favorecerían la movilidad del adhesivo en la madera.

Watkins (1980) menciona que al analizar el efecto de la humedad en el encolado, indica que una excesiva humedad de las láminas de madera podría generar suficiente vapor para causar sobre penetración o un lavado que de lugar a áreas donde no se adhieran las partes.

Al respecto Skeist (1965) indica que un elevado contenido de humedad de la madera al momento de la unión podría causar un excesiva absorción del adhesivo durante la aplicación o sobre penetración durante las condiciones de unión. Por el contrario, un bajo contenido de humedad podría causar un pobre humedecimiento de la superficie y una subpenetración resultando una unión débil en resistencia.

2.3.5 DE LA TEMPERATURA

Marra (1951) indica que al analizar la influencia de la temperatura en el encolado menciona que una elevación muy rápida de la temperatura no solamente expande el aire atrapado en la cola, por ello el rápido curado del adhesivo no permite el escape de ese aire y así estos permanecen en la línea de cola. El mismo autor señala que una de las fuentes de debilitamiento de la unión adhesiva son las burbujas de aire que usualmente se producen en la operación de extendido. Si estas permanecen en la línea de cola mientras se “cura” el adhesivo, reducirán la resistencia.

Dellmonte, citado por Kollmann (1980) explica que el uso de calor en el fraguado del adhesivo contribuye a disminuir la tensión superficial, tanto que esta tensión tiene una gran importancia dado que puede ser disminuida considerablemente por la adición de algunos materiales, aquí la

adhesión se mejorara si los elementos con bajo peso molecular son usados puesto que ellos son químicamente mas activos y tienen una mejor capacidad de penetración.

2.4 TECNOLOGÍA DE ADHESIVOS

La ASTM (1980), define a los adhesivos: “como sustancias capaces de mantener unidas a materiales por unión superficial”.

Blomquist (1981) y Myers (1977) definen a un adhesivo como “una sustancia capaz de mantener materiales juntos por medio de la adhesión de sus superficies”. Cada unión adhesiva es un sistema de dos materiales sólidos similares o distintos (denominados sustratos o adherentes) unidos por una capa de otro material (el adhesivo). Estos autores también señalan que el adhesivo debe ser aplicado a los adherentes en forma líquida para proporcionar la humedad necesaria; posteriormente, esta capa líquida se convierte en una capa sólida para proporcionar la adherencia y resistencia requerida en servicio.

Según Madrid (1997) el adhesivo, junto con la madera, son los constituyentes más importantes en el tablero. Las propiedades del tablero dependen en gran medida de las materias primas madera y adhesivo y de las reacciones que se produzcan entre ellas. El tipo de adhesivo, la cantidad y la composición de la mezcla de adhesivo y aditivos determina las propiedades y el uso que se daría al tablero.

Chugg (1964) manifiesta que un requerimiento necesario para un buen encolado es que el adhesivo debe ser capaz de humedecer la superficie en la cual es aplicada y a la vez hacer desplazar el aire de la superficie. Asimismo indica que la capacidad de un líquido para humedecer un sólido es gobernado por la “humectabilidad”, que es determinado por su tensión superficial, temperatura, viscosidad, por la tensión interfacial entre líquido – sólido y su afinidad química con la superficie sólida.

Según Poblete (2001), al tratarse la madera de un material poroso, al encolarlo se produce inicialmente una penetración del adhesivo en la madera, produciendo una zona de madera que

queda impregnada por el adhesivo. En esta zona se reconocen los denominados “dedos de cola” que se forman luego de fraguar el adhesivo que ha penetrado por difusión.

2.4.1 COMPONENTES

Los componentes de una mezcla adhesiva para tableros contrachapados son: la resina o cola, los endurecedores o catalizadores, las cargas o extendedores, los solventes y preservantes.

2.4.2 RESINA

Houwink y Salomón (1978) define a la resina o cola de urea formaldehído (llamada también cola de urea o UF) como el producto de la condensación de la úrea no sustituida y el formaldehído.

Al respecto, Mullins (1981) indica que las resinas UF son los adhesivos más baratos, incoloros y no manchan el producto. Además si se añaden agentes endurecedores, tales como sales de amonio (cloruro de amonio), pueden acelerar su fraguado, ya sea en frío o en caliente.

Houwink y Salomón (1978) sostienen que las colas UF no reforzadas, pero de buena calidad, tienen buena resistencia al agua fría, débil al agua caliente y no tienen resistencia al agua hirviendo.

Blomquist (1981) sostiene que las colas de urea formaldehído son preferidas para encolar mueblería y triplay de interior, sin embargo en ocasiones para mejorar la resistencia a los efectos de la intemperie se fortifica o eleva el grado de resistencia introduciendo pequeñas proporciones de melamina.

El mismo autor señala que en relación a la preferencia de utilización de las resinas orgánicas para la elaboración de tableros contrachapados, las resinas de urea son preferidas a las resinas fenólicas porque éstas son más baratas, "curan" a temperaturas más bajas y son incoloras. En el Cuadro 5 se muestran las características técnicas de la resina UF elaborado por Vencedor (1983).

Cuadro 5 Características de la Urea Formaldehído, VENCE UF – 600

Características	Urea Formaldehído
Gravedad Específica 25/25° C	1,200 -1,210
Viscosidad Gardner a 25° C	B – C ₁
Tiempo de gelación a 25° C	2,5 – 5 horas
pH a 25° C	7,5 – 7,9
Contenido de sólidos %	49 - 51

Fuente: Industria Vencedor S.A. División Química (1 983)

1: Viscosidad inicial; esta viscosidad se incrementa con el tiempo y condiciones de almacenamiento. A 25° C como temperatura de almacenamiento, la viscosidad debe subir al rango I – J (225 – 250 cps) después de 3 meses de almacenamiento.

2.4.3 CATALIZADORES O ENDURECEDORES

Houwink y Salomón (1978), definen a los agentes de curado como endurecedores, aceleradores o catalizadores, que son añadidos a la resina por el usuario determinando que son sustancias ácidas por sí mismas o son capaces de liberar ácido cuando se las mezcla con la resina.

Estos mismos autores señalan que los catalizadores comprenden las sales amónicas de ácidos fuertes; usadas con mayor frecuencia por su bajo costo, fácil manejo y por dar una alta relación de vida útil a tiempo de endurecimiento.

French (1976) menciona que los catalizadores pueden incrementar la tasa de reacción de curado sin ser consumidos, o fijando agentes de fraguado que intervienen en la reacción de curado final.

Rayner, citado por Houwink y Salomón (1978), afirma que las sales amónicas utilizadas como endurecedores empleados a temperaturas normales y elevadas, son ideales en muchos aspectos. Estas actúan como endurecedores reaccionando con el formaldehído libre en la resina y/o con el formaldehído puesto en libertad en las condiciones de curado para dar el correspondiente ácido, hexametileno tetramina (hexamina). La sal amónica empleada con mayor frecuencia es el cloruro de amonio que libera ácido clorhídrico.

Kollmann (1980), señala a su vez que la tasa de liberación del formaldehído consecuentemente la tasa de caída en el pH es notablemente incrementado por la elevación en la temperatura. El mismo autor agrega que al adicionar el catalizador se causa generalmente una reacción exotérmica en la mezcla encolante.

Por su parte Rayner, citado por Houwink y Salomón (1978), indica que al liberarse el formaldehído produciendo la caída del pH cuando se eleva la temperatura es una de las razones de porqué las sales amónicas son excelentes endurecedores en caliente.

2.4.4 CARGAS Y EXTENDEDORES

Según Duda (1996), la búsqueda y necesidad de extender, dar cuerpo y consistencia a las mezclas encolantes, en la industria del contrachapado generaron el interés de evaluar la calidad y el comportamiento de diferentes materiales para lograr una mayor performance de los adhesivos. En la actualidad estos materiales están constituidos por los denominados extendedores y cargas.

La ASTM (1980), define a las cargas como sustancias relativamente no adhesivas que es agregada a un adhesivo para mejorar sus propiedades de trabajo, permanencia, resistencia u otras cualidades.

FAO y TECNOFOREST, citado por Córdova (1992), mencionan que, por lo común las cargas son sustancias inertes, finamente molidas, como el caolín o harina de madera, que pasan por un cedazo de 180 mesh.

Sobre las cargas también, Houwink y Salomón (1978), afirman que la adición de cargas tiene como efecto reducir las tensiones y esfuerzos de curado disminuyendo la contracción; sin embargo, advierten que existe un límite para la cantidad de carga a añadirse para evitar la disminución de la adhesión. Asimismo agrega que otra importante ventaja de adicionar cargas es que se reduce la penetración de la cola en la madera.

Respecto a los extendedores, Shields, citado por Duda (1996), afirma que son sustancias que se agregan al adhesivo para mejorar el relleno de los espacios vacíos.

La ASTM (1980), define a los extendedores como sustancias que tienen generalmente alguna acción adhesiva, que son agregados a una mezcla encolante para reducir la cantidad de resina requerida por unidad de área.

Houwink y Salomón (1978) determinan que los extendedores más útiles empleados con colas de urea, son las harinas de cereales y de tubérculos. Estas son sustancialmente almidones y el agua las hace esponjarse. Asimismo manifiestan, que si la temperatura es bastante alta, el hinchamiento continúa hasta que los gránulos se rompen y forman una dispersión coloidal. Aunque el comportamiento gelatinizante de todos los almidones no es el mismo, el proceso tiene lugar de forma conveniente dentro de la temperatura de curado normal de una cola de curado en caliente.

Blomquist (1981), afirma que los extendedores son similares a las cargas pero son usadas en mucha mayor proporción con el propósito de reducir los costos de la mezcla adhesiva a su vez proporcionan algunas propiedades adhesivas.

Rayner, citado por Houwink y Salomón (1978), sostienen que si la temperatura de curado de la cola está por debajo del punto de gelatinización, el almidón no degradado se comporta predominantemente como una carga inerte y contribuye poco a las propiedades adhesivas, mientras que si el almidón se gelatiniza, ayuda a mantener la viscosidad de la cola cuando la temperatura se eleva, y contribuye también a la adhesión.

Jhonson (1994), indica que los extendedores, son usados principalmente para reducir el consumo del adhesivo, mejorar las propiedades del panel y bajar los costos durante la manufactura del triplay. En muchos casos, la resistencia en la unión interna, absorción del agua, propiedades de hinchamiento y densidad son mejoradas por la adición al adhesivo de extendedores y cargas.

Según Western Forest Products Laboratory, citado por Duda (1996), la harina de trigo ha sido un extendedor de adhesivos, tradicionalmente usado en la industria de tableros contrachapados

con la finalidad de mantener adecuadamente tanto la viscosidad como el tiempo de ensamble abierto.

Perry (1944), menciona que en el caso de resinas de urea, se pueden agregar elevados porcentajes de harina de trigo, centeno o yuca con el principal propósito de reducir los costos de la mezcla encolante.

Rayner, citado por Houwink y Salomón (1978), sostiene que la harina de trigo es probablemente el extendedor mas utilizado hoy en día, debido seguramente a su abundancia y bajo precio, pero la harina de maíz, de patatas y de tapioca se usan en todo el mundo.

Con respecto a este tema Robertson, citado por Duda (1996) señala que las colas extendidas con harina de trigo son superiores en performance a la resina neta; además que las cargas o partículas no adhesivas pueden brindar beneficios adicionales en la regulación de la viscosidad de la cola.

Chugg (1964), señala como desventaja del uso de extendedores en la mezcla encolante, a la utilización de altas proporciones de harina o extendedores de proteína, los que pueden reducir la resistencia de la línea de cola al ataque de microorganismos y el uso similar de material higroscópico puede reducir la resistencia al agua.

Según Kollmann (1980), las harinas endurecidas, pulverizadas o tratadas químicamente (bromatadas o fosfatadas) causan dificultades similares a los que causan un alto contenido de cenizas o variaciones en la acidez de la harina.

2.5 PREPARACIÓN DE LA MADERA

Según Marra (1951), durante el debobinado de la troza, ocurren movimientos y golpes poco perceptibles entre la barra de presión y la cuchilla que aplastan o deforman las fibras de madera debajo del corte. El grado de esta deformación depende de un número de factores tales como especie, dirección de grano, filo, velocidad de corte, profundidad de corte, ángulo de bisel de la cuchilla y presión de la barra. Esto da lugar a que en el punto donde la chapa se separa de la troza se genere un curvado considerable y cortante a través del grano que produce grietas

pequeñas diagonalmente y que en parte se extienden a través de la dimensión del espesor. Una excesiva profundidad de estas grietas afecta la consistencia de las láminas y podría favorecer una excesiva penetración de la cola en la madera.

Hancock, citado por Córdova (1992), recomienda que para obtener un encolado satisfactorio, es importante considerar que las láminas deben ser el resultado de un buen debobinado, que presenten una superficie lisa, sin rayaduras ni ondulaciones, que tengan un espesor uniforme y principalmente un contenido de humedad que este de acuerdo con los requerimientos de la resina.

Blomquist (1981), sostiene que la principal preparación antes de unir la madera, es secar esta, para luego ser llevada a un contenido de humedad apropiado para que posteriormente la madera pueda ser unida tan pronto como sea posible. Agrega que el secado es necesario para el control del humedecimiento adhesivo y la penetración dentro de la madera.

Basf y French, mencionado por Córdova (1992), manifiestan que las chapas que sean encoladas con resinas de úrea deben ser normalmente secadas a un contenido de humedad de 6 al 10%. Asimismo, manifiestan que si la madera está manchada con grasas, ceras, barnices y lacas, el encolado no es satisfactorio. Además, la resina natural ya sea que seque sobre la madera o dentro de ella, muestra el mismo efecto, por tanto, tales sustancias dificultan el contacto de las fibras de madera por el adhesivo y no se puede lograr un encolado satisfactorio.

Por otro lado Skeist (1965), manifiesta que para que exista una resistencia máxima es esencial que un adhesivo tenga afinidad por el material sólido que se está uniendo y que el adhesivo esté en contacto físico con el sustrato en todos los puntos. En consecuencia es muy importante que las superficies a ser encoladas estén libres de polvo, escamas, tierra y otras sustancias extrañas que podrían atrapar aire o estorbar el contacto del adhesivo con la superficie sólida.

2.6 APLICACIÓN DE LA COLA

García (2002) manifiesta que las colas más habituales para la fabricación de tableros contrachapados son las de urea-formaldehído cuando el tablero se destina a interiores, y de fenol-formaldehído cuando su uso es al exterior.

Según Heritage (1983) el objetivo básico del esparcido es aplicar una cantidad controlada y uniforme del adhesivo a la superficie de la lámina.

Skeist (1965), indica que la cantidad de agua necesaria para dar al adhesivo una consistencia adecuada, para una resina extendida con harina, puede variar con el grado y variedad de la harina. También manifiesta que la densidad de la madera es uno de los criterios más importantes para estimar la cantidad apropiada del extendido.

García (2002) menciona que el modelo más usual de encoladoras mecánicas de alta precisión, es de rodillos superpuestos, metálicos o de caucho, con movimiento rotatorio inverso. Mientras que el inferior es fijo y su perímetro se alimenta de un depósito inferior de cola, el rodillo superior es desplazable en altura acomodándose a los distintos espesores de la chapa.

Según French (1976), refiere que se requieren hacer cambios precisos en la cantidad de la cola esparcida con el objeto de ajustarse a los requerimientos de los diferentes espesores de las láminas, además el esparcido de la cola debe ser uniforme para toda la longitud del rodillo.

En cuanto al gramaje, BASF mencionado por Córdova (1992), recomienda aplicar una cantidad de 120 a 180 g/m². El mismo autor indica que según Grigoriev y Heritage, es recomendable un extendido de 200 g/m². García (2002), determina que el gramaje debe estar entre 100 y 300 g/m², mencionando que dosificaciones menores conducen a una película de cola irregular, mientras que dosificaciones más altas necesitarían una separación de las bandejas o rodillos dosificadores muy grande, con lo que la mezcla encolante no permanecería sobre la superficie de los rodillos de aplicación.

Watkins (1980), menciona que al extender la cola uniformemente se produce una película lisa que abarca completamente el centro y la cara adyacente de una pieza y que de esta manera se logra una unión adhesiva altamente satisfactoria.

Al respecto, el mismo autor menciona tres aspectos que normalmente se debe encontrar en una unión adhesiva perfecta.

1. La cola se ha extendido uniformemente y producido una película lisa completa entre el alma y la cara adyacente.
2. El color de la cola, cuando ha fraguado apropiadamente, en la mayoría de las mezclas usadas, debe ser de color marrón oscuro.
3. Aún dependiendo del primer período de polimerización (tiempo de ciclo de prensado) la línea de cola deberá mostrar mayor resistencia que la madera.

2.7 CONFORMACIÓN DE LOS TABLEROS

Según Duda (1996), la conformación del tablero contrachapado se realiza por la unión de las láminas mediante un adhesivo y en presencia de presión y temperatura.

García (2002) sostiene que el armado del tablero contrachapado se realiza por la superposición ortogonal de capas sucesivas de chapa encolada. Dicho armado se puede realizar manualmente o de manera automática, siendo el número de chapas siempre impar con el fin de estabilizar el tablero por simetría. Una vez armados los tableros, estando éstos en contacto entre sí por las caras exteriores no encoladas, la siguiente operación a realizar es el prensado.

El mismo autor menciona que los tableros contrachapados incluyen un prensado previo (denominado pre-prensado) en frío antes de la entrada de los tableros a la prensa de platos calientes. Los objetivos son dos: por un lado conseguir un reparto uniforme de la cola sobre las chapas del tablero, y por otro, aportar al tablero cierta compacidad para su manejo. Son necesarios pocos minutos para realizar el pre-prensado, sirviendo en ocasiones ese tiempo de

prensado como tiempo de espera de la prensa de platos calientes, siendo habitual pre-prensar un número de tableros igual al número de pisos de la prensa.

Zavala (1994), indica que el prensado del conglomerado se considera la fase más importante en la producción de triplay por el efecto que tiene la interacción de la presión de los platos, de la temperatura y del tiempo de prensado, en la calidad de los tableros y en la productividad de las empresas.

Según Chow y Mukai et al., citado por Zavala (1994), indican que a través de la prensa se generan presiones moderadas para establecer un buen contacto entre el adhesivo y las chapas; también se obtienen las temperaturas requeridas (110 a 130 °C), para el fraguado de los adhesivos termoestables (urea y fenol formaldehído). El tiempo para lograr un curado adecuado de estos adhesivos varía de unos cuantos minutos a las temperaturas indicadas, hasta varias horas con temperaturas inferiores, influyendo también las características de los adhesivos y la transferencia de calor del adherente.

Según Heritage (1983) la función de la presión es conducir a los adherentes a un íntimo contacto, separados mediante una capa delgada de adhesivo (pocas milésimas de mm), y entonces mantener el ensamble incólume hasta que el adhesivo haya endurecido lo suficiente para resistir los esfuerzos sobre la unión cuando la presión es liberada.

El mismo autor, señala que el nivel de presión requerido depende de:

- a. Grado pre-existente de aspereza en los adherentes.
- b. La resistencia y modulo del material adherente y su habilidad para resistir deformaciones bajo presión.

Skeist (1965), manifiesta que el tiempo entre el esparcido y el prensado debe ser lo mas corto posible para prevenir el precurado del adhesivo; en operaciones a temperaturas usuales el tiempo de ensamblado no debe exceder de los 10-20 minutos.

Respecto al prensado en caliente Blomquist (1981), indica que la principal función de esta operación es forzar la unión uniforme de las diferentes láminas que conforman el tablero de modo que el adhesivo pueda fluir y humedecer todas las áreas de la línea de unión, de esta

manera una presión uniforme sobre la totalidad del área es tan importante como la cantidad de presión.

The Hardwood Plywood Institute, mencionado por Duda (1996), menciona que la presión no debe ser tan alta que compacte la madera o produzca una excesiva compresión en los paneles.

Sobre este aspecto Watkins (1980), sostiene que una excesiva presión en pequeñas áreas podrían causar un desplazamiento exagerado de la cola tanto externa como internamente, lo que ocasionaría la presencia de áreas con déficit de cola.

En cuanto al tiempo de prensado y la temperatura a utilizar García (2002) menciona, que son factores que dependen de la especie, tipo de cola y espesor del tablero.

Zavala (1994), indica que el tiempo de prensado, está determinado por el lapso requerido por la línea de pegamento mas interna del conglomerado para alcanzar los 110 – 120 °C, en este momento se podría abrir la prensa sin problemas de delaminación del tablero.

Vencedor (1983) recomienda utilizar una temperatura de 115 °C y presión de 10 Kg/cm², para su resina Vence UF-600.

Según Haygreen, citado por Canchucaja (2001), menciona que el propósito del prensado es llevar a las láminas a un contacto íntimo de modo que la línea de cola sea muy delgada y se logre calentar la resina a una temperatura requerida para que la cola polimerice. También señala que los valores de presión mas frecuentemente empleados en las industrias varían de 7,8 Kg/cm², para maderas de baja densidad, a 14,3 Kg/cm² para maderas de alta densidad.

Heritage (1983) afirma que el tiempo mínimo de presión requerida en situaciones específicas del prensado en caliente depende del efecto integral del tiempo y temperatura durante el proceso de calentamiento. Los factores que controla este proceso son:

1. La tasa de fraguado química inherente del adhesivo (basada en el tipo de polímero y efectos de catalizador).

2. La temperatura y capacidad de recuperación de la fuente de calor (usualmente platos calientes).
3. La masa y la difusividad del ensamble al ser calentado.
4. La distancia entre la fuente de calor a la línea de cola mas profunda.

2.8 CARACTERIZACIÓN DE LA RESINA

Mullins (1981) sostiene que el requerimiento básico para una completa durabilidad de la línea de cola es que está sea tan fuerte con la madera y que permanezca de la misma manera en el tiempo de vida del producto.

Según Poletika, citado por Kollmann (1980) la resistencia a la rotura de la unión adhesiva es en términos cualitativos inversamente proporcional al espesor de la línea de cola.

Para Blomquist (1981), con un buen adhesivo de madera, ésta probablemente falle antes que la línea de unión. La cantidad de falla en la madera adyacente a la línea de unión es estimada como un porcentaje de falla de madera y reportado simultáneamente con la carga de falla, dicho dato de falla de madera es un criterio importante de la calidad de unión.

Según Watkins (1980), la única razón por la cual falla una cola de unión perfecta podría ser una chapa de mala calidad, cola mal extendida o mala condición de prensado. Este autor, sostiene que la forma de evaluar la calidad de los tableros esta en base a la falla de la madera; si el área rota es toda la madera o cubre con fibras de madera completamente, se tendrá en ese caso una falla de la madera del 100%.

Madrid (1997) afirma que se puede evaluar la adhesión de dos sustratos simplemente realizando un ensayo de rotura de la unión adhesiva. Por lo tanto, la falla de una unión adhesiva puede ocurrir según tres posibles modos:

1. Separación por adhesión.- Cuando la separación se produce en la interfase sustrato-adhesivo

2. Separación por cohesión.- Cuando se produce la ruptura del adhesivo.
3. Ruptura de sustrato.- Cuando el propio sustrato se rompe antes que la unión adhesiva o que la interfase sustrato-adhesivo.

Medina (1994), manifiesta que el encolado de un tablero será tanto mejor cuanto mas claramente se produzca la rotura a través de la madera y no a través de los planos de encolado o líneas de cola.

White (1977), señala que la carga máxima y el porcentaje de falla de madera son los parámetros más frecuentemente obtenidos de los exámenes de resistencia adhesiva.

Córdova (1992), Duda (1996), Paredes (1995) en los trabajos de investigación sobre evaluación de cargas y extendedores con tableros de lupuna (*Chorisia integrifolia*), encontraron valores de resistencia a la humedad y de tracción paralela, los cuales se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6 Valores de resistencia a la humedad y tracción paralela al grano

Referencia	Variables de Prensado				Valores de Resistencia	
	Espesor (mm)	Presión (kg/cm ²)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (calificación)	Tracción Paralela (kg/cm ²)
Cordova	4	10	120	3	4	10,6
Duda	4	6	125	4	4	15,4
Paredes	7	7.4	125	4	5	15,8

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN:

El presente trabajo de investigación se realizó en la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Zootecnia, así como en los Laboratorios de Trabajabilidad de la Madera, Paneles, Tecnología de la madera y Transformación Química de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la UNALM.

3.2 PROCEDENCIA Y COLECCIÓN DE LAS MUESTRAS:

3.2.1 PITUCA

Los cormos de Pituca provienen de la zona de Selva Central (Distrito de La Merced, provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín) y fueron adquiridas en el Mercado Central de Lima.

3.2.2 LÁMINAS DE MADERA

Las muestras de láminas para la conformación de las caras y los centros de los tableros respectivos fueron de “lupuna”, producidos por la fábrica de tableros decorativos General Products Co. S.A.

3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS LÁMINAS

Las láminas de lupuna fueron identificadas en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.4 IDENTIFICACIÓN DE LA VARIEDAD

Los cormos y hojas de pituca fueron identificados en el Herbario MOL del Departamento de Biología de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.5 MATERIA PRIMA E INSUMOS

Láminas de Lupuna de 600x600x1.5 mm
66 unid.

Harina de Trigo
2 Kg

Harina de Pituca
2 Kg

Resina a base de Urea Formaldehído
2 Kg

Cloruro de amonio
200 g

Agua
20 l

3.6 MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

balanza analítica

balanza mecánica

molino de discos PALLMANN

- horno industrial OVEN DESPATCH
- prensa de platos calientes ORMA MACHINE
- prensa Universal Tinius Olsen
- mallas de tamizar ASTM N° 50,100, y 200 mesh
- estufa eléctrica 100 – 200 °C
- desecador de vidrio con Silicagel
- cronómetro
- termómetro 0 – 100 °C
- materiales de vidrio, porcelana: Erlenmeyer, buretas, pipetas, matraz, baguetas, vasos, cápsulas y crisoles.
- otros

3.7 METODOLOGÍA

3.7.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE PITUCA

La Harina de Pituca fue obtenida en la Planta de Alimentos de la UNALM, bajo el siguiente flujo de producción:

Selección: Se seleccionaron los cormos mejor conformados, de tamaños medianos y grandes, excluyéndose las deterioradas.

Lavado: Para eliminar todas las impurezas, los cormos de pituca fueron lavados con agua en un depósito de plástico.

Pelado: Los cormos se pelaron en forma manual, cortando y eliminando las raicillas y extremos.

Cortado: Se realizó en forma manual, reduciendo los cormos pelados en rodajas de 2 a 4 mm. de espesor.

Oreo: La pituca trozada se oreó por 15 minutos para luego ser trasladada a una malla metálica al interior del horno de secado.

Secado: Se efectuó en un horno industrial Oven Despatch, en el que permaneció aproximadamente 7 horas a 60° C., hasta alcanzar un contenido de humedad final de 6% a 10%.

Molienda: La pituca trozada y deshidratada fue sometida a un micropulverizado en el molino de discos Pallmann.

3.7.2 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO

Para la determinación del rendimiento del corno de pituca en harina, se utilizó la fórmula usada para determinar el rendimiento de harina de yuca en la investigación realizada por Duda (1996), correspondiendo a la expresión siguiente:

$$Rh(\%) = \left[\frac{Php}{Ppt} \right] * 100$$

Donde:

Rh : Rendimiento de harina en porcentaje.

Php : Peso de la harina de Pituca

Ppt : Peso fresco del total de los cormos.

3.7.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA HARINA DE PITUCA

El análisis Físico-químico de la harina consistió en evaluar el contenido de Humedad, Cenizas y pH, en base a lo especificado en las siguientes normas técnicas:

Contenido de Humedad : Norma Técnica Peruana 205.037 INDECOPI (1 975)

Contenido de Cenizas : Norma Técnica Peruana 205.038 INDECOPI (1 975)

pH : Norma Técnica Peruana 205.039 INDECOPI (1 975)

3.7.4 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ENCOLANTE

La preparación de las diferentes mezclas encolantes se realizaron tomando como base la formulación estándar, en las proporciones:

	Partes
Resina	: 100
Harina	: 50
Agua	: 35
Catalizador	: 2

En esta formulación el extendedor tradicional, la harina de trigo fue reemplazado por la harina de pituca bajo los siguientes tratamientos:

T1: 100% Harina de trigo (testigo)

T2: 100% Harina de pituca

T3: 20% Harina de pituca + 80% Harina de trigo

T4: 40% Harina de pituca + 60% Harina de trigo

T5: 60% Harina de pituca + 40% Harina de trigo

T6: 80% Harina de pituca + 20% Harina de trigo

3.7.5 PREPARACIÓN DE LOS TABLEROS

A) *CARACTERÍSTICAS DE LOS TABLEROS*

Dimensiones y número de los tableros:

Se elaboraron 5 tableros para cada una de las seis mezclas encolantes de las siguientes características:

Dimensiones:

- Largo: 600 mm.

- Ancho: 600 mm.

- Espesor: 7 mm.

Estructura:

- Cara: 1,5 mm

- Centro: 4.5 mm

- Trascara: 1.5 mm.

B) EXTENDIDO

Se utilizó un extendido de 220 g/m²

C) PREPARACIÓN DE LA COLA

Formulación Estándar:

- Expresada en proporciones

(partes)

Resina : 100

Harina : 50

Agua : 35

Catalizador : 2

- Expresado en porcentajes

(%)

Resina : 53.48

Harina : 26.74

Agua : 18.72

Catalizador : 1.06

- Expresado en masa (gramos)

Considerando que la superficie a encolar es de 0.72 m² por cada tablero, la mezcla encolante para cada uno de éstos fue la siguiente:

	(g)
Resina	: 84.71
Harina	: 42.36
Agua	: 29.65
Catalizador	: 1.68

D) APLICACIÓN DE LA COLA Y ENSAMBLADO DEL TABLERO

La aplicación de la cola se realizó en forma manual en ambos lados del centro, el que luego es colocado entre las dos caras con la dirección de la fibra en sentido transversal.

E) PRENSADO

El prensado del tablero se realizó en una prensa de platos calientes ORMA MACHINE empleando las siguientes variables de prensado:

Temperatura	: 125 ° C
Presión específica	: 6 kg/cm ²
Tiempo	: 4 minutos

F) CARACTERIZACIÓN

De los tableros

Luego de un período de acondicionamiento de una semana se procedió a evaluar la resistencia del encolado a la humedad y a los esfuerzos de tracción paralela al grano para lo cual se sometieron a los siguientes ensayos:

- Ensayo Mecánico: La resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de tracción paralela al grano fue evaluada en base a la Norma Técnica ASTM D 906 – 64
- Ensayo Físico: La resistencia de los tableros a la humedad fue evaluada en base a la Norma Técnica Peruana 251.042 de INDECOPI (1979).

En la figura 2 se muestra la distribución y extracción de las probetas en el tablero.

La figura 3 indica la secuencia metodológica seguida en este trabajo de investigación

G) DISEÑO ESTADÍSTICO

Se evaluó la resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de tracción paralela al grano de las mezclas encolantes mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) utilizando seis tratamientos.

Para el ensayo físico se evaluó la resistencia a la humedad entre tratamientos utilizando la prueba de comparación no paramétrica de Kruskal-wallis, que realiza una comparación de medianas entre tratamientos.

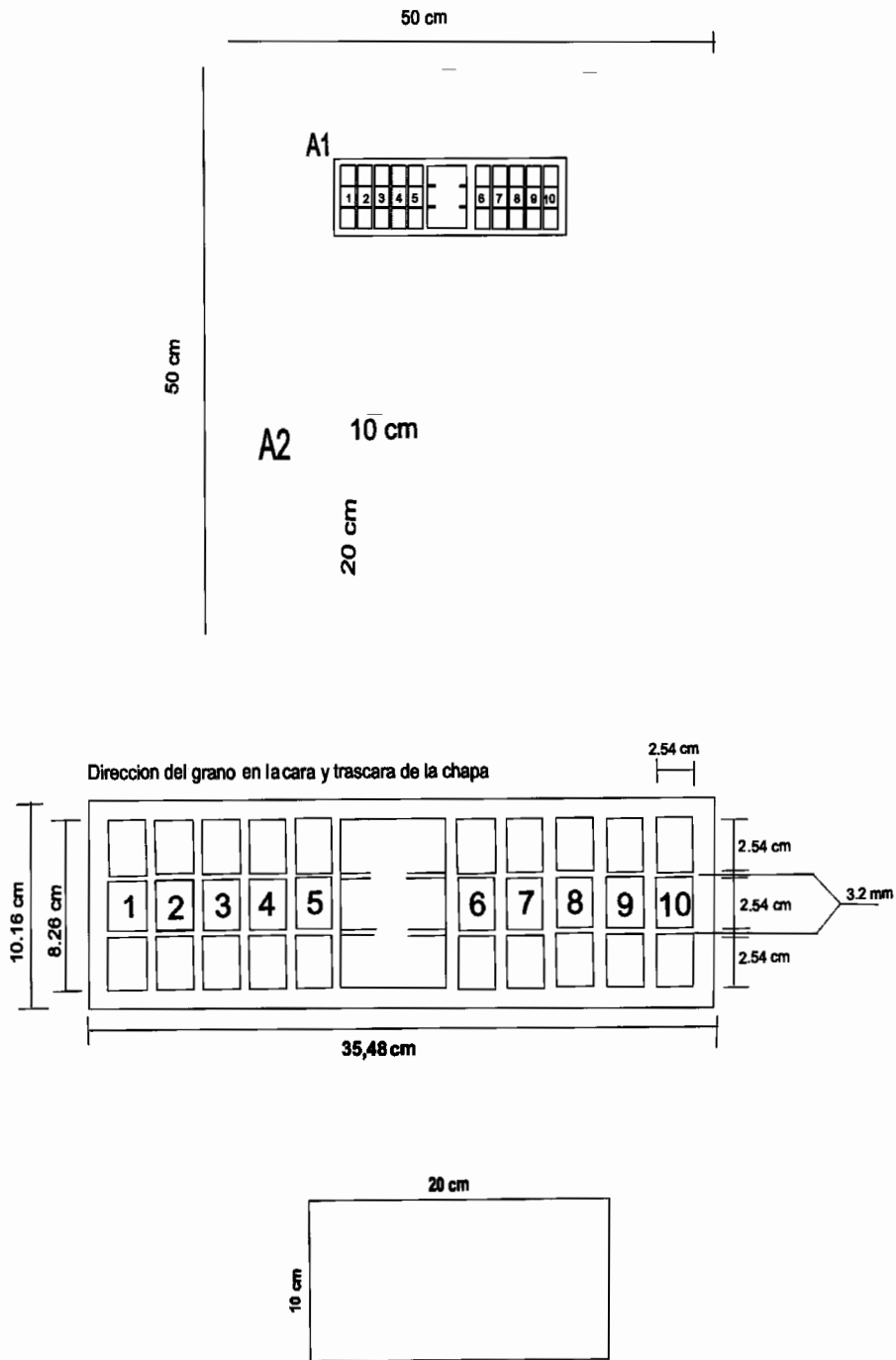


Figura 2 Distribución de las probetas en el tablero contrachapado.

Fuente: ASTM (1 980).

A1 : Probetas para el ensayo mecánico (tracción paralela a las fibras).

A2 : Probetas para el ensayo físico (prueba de inmersión a 20° C +/-5°C) por 24 horas)

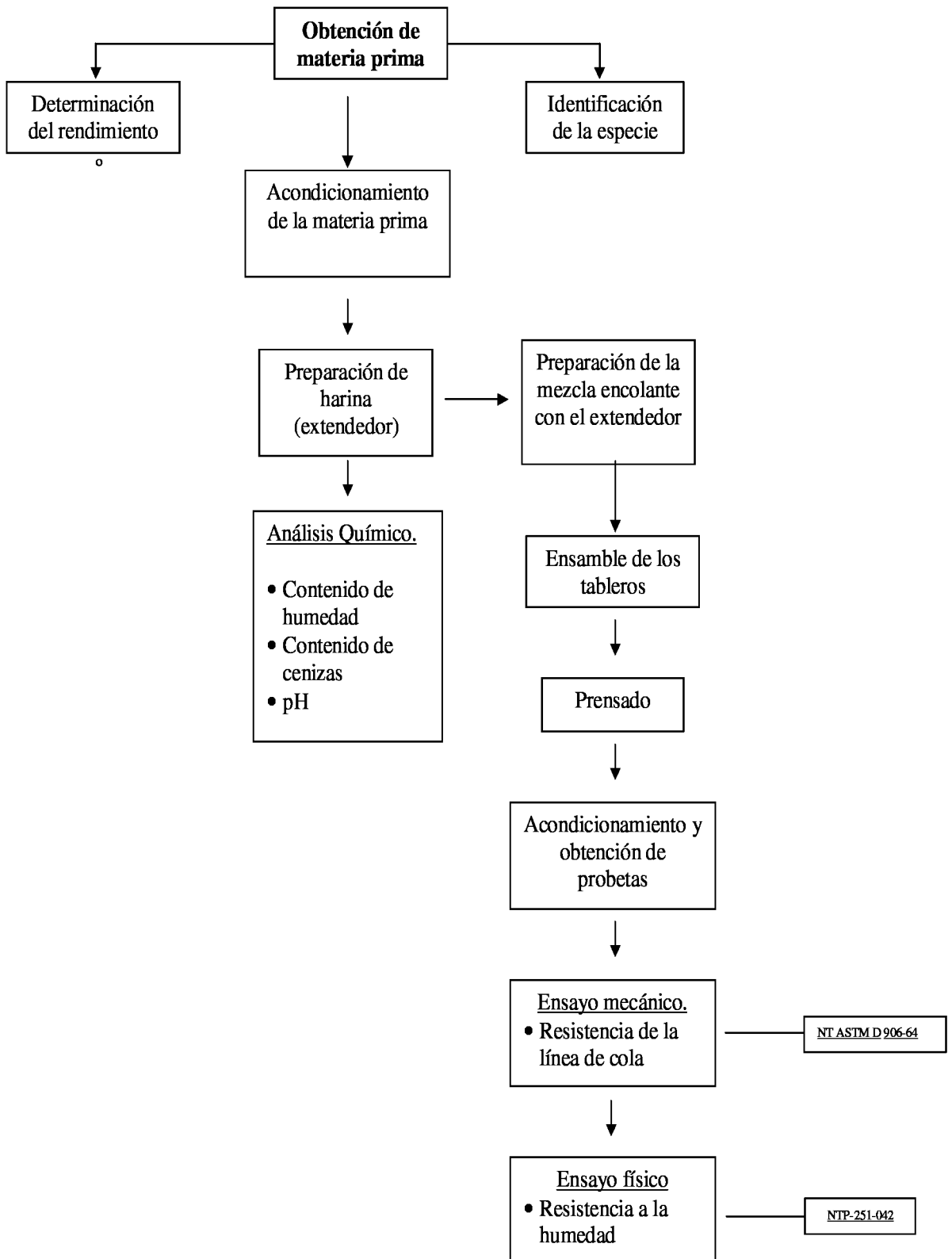


Figura 3 Secuencia metodológica de la obtención de la harina de pituca, para su uso como extendedor en la formulación de la cola.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LA HARINA DE PITUCA

De la cantidad de 20,40 Kg de Pituca fresca, se obtuvo 4,12 Kg de Harina, lo que significa un rendimiento del 20,20 %.

Este resultado es similar al reportado por Ordóñez (1983) y Nieto (1977), quienes indican haber obtenido 20,12 % y 19,68% respectivamente, de rendimiento de harina a partir del peso del corno fresco de Pituca y utilizando la misma metodología para su obtención.

Este bajo rendimiento harinero se puede deber principalmente al alto contenido de agua, 71,68% según Ordóñez (1983), 72,60% indicado por Nieto (1977). Al respecto, en la obtención de la harina de pituca se obtuvo un porcentaje de 73 % de contenido de agua, una cantidad muy cercana al determinado por Nieto (1977); además, se obtuvo un 5 % de material lignocelulósico conformado por las fibrillas y la cáscara (figura 4).

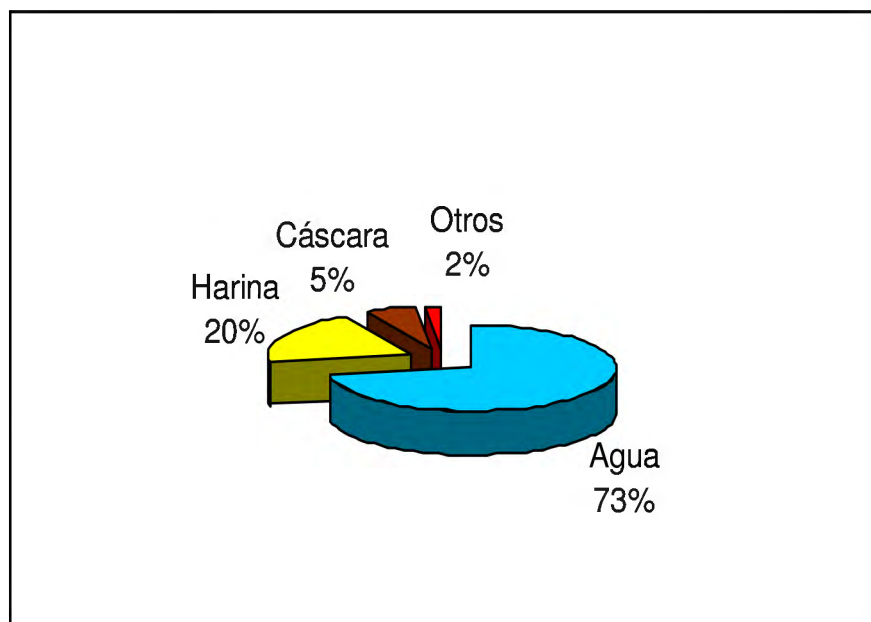


Figura 4 Distribución porcentual promedio del Rendimiento de Producción de los cornos de Pituca (Rendimiento en Harina).

4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA HARINA DE PITUCA

Los resultados de las principales características químicas de la harina de pituca y trigo se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7 Características químicas de la harina de trigo y de pituca

Variables	Harina de Pituca	Trigo
Contenido de Humedad (%)	6,12	15,60
Cenizas (%)	4,52	1,15
pH	5,72	5,85

Se obtuvo un valor de contenido de humedad de 6,12%, que resulta ser menor al obtenido por Nieto (1977) de 7,89%, Sandoval (1993) de 12,50% y Collazos (1996) de 9,7%, respectivamente. Sin embargo; se considera que este factor entre otros más, no es tan significativo y no va influir determinantemente en la viscosidad como sí lo haría la naturaleza química inherente del propio extendedor que lo manifiesta en su capacidad de desarrollar una viscosidad en particular, conforme lo señala Stone, citado por Duda (1996).

Respecto al contenido de cenizas, se obtuvo un valor de 4,52%, al compararlo con los que reportan para la harina de pituca Nieto (1977) 3,72%, Collazos (1996) 3,3% y Sandoval (1993) 4,33%, se observa que el valor obtenido en este estudio es superior en un 18 %, en un 27 % y ligeramente superior en 4%; respectivamente a los valores que indican dichos autores. Las diferencias en el contenido de cenizas, pueden deberse como menciona Villagómez (1993), a que el contenido de almidón así como de otros elementos en las raíces reservantes es variable y depende de condiciones de clima, suelo, factores hereditarios y estado de maduración entre otros. La variación de estos elementos inorgánicos, también puede deberse al cuidado y limpieza con que se elabore la harina, como lo sostiene Grace (1977).

El pH de 5,72 obtenido para la harina de pituca, resulta menor al obtenido por Sandoval (1993) quien obtuvo un pH de 5,8. Comparando estos valores en las harinas de trigo y pituca, se puede observar que el pH de la harina de pituca es menor que el de la harina de trigo considerándose como ligeramente ácida, por lo tanto será un complemento favorable para el fraguado de la urea-formaldehído, pues según lo manifestado por Stamm, citado por Córdova (1992), un incremento en la acidez (pH bajo) puede alterar la viscosidad, la vida de almacenamiento, de trabajo y el fraguado de la película adhesiva, además que un pH muy bajo (2 o menos) puede causar el deterioro del sustrato madera.

4.3 EVALUACIÓN DE LOS TABLEROS

4.3.1 PRUEBA FÍSICA O DE RESISTENCIA A LA HUMEDAD

En el cuadro 8, se presentan los resultados de resistencia a la humedad o calificación del encolado de tableros elaborados a base de Harina de Trigo y/o Pituca para uso interior. En él se aprecia que todos los tratamientos cumplen con la calificación de aceptable que indica la Norma Técnica Peruana 251.042 de INDECOPI (1979) para los tableros producidos con colas de urea-formaldehído de uso interior. Al respecto Chugg (1964) afirma que las colas de Urea Formaldehído son moderadamente bajas en resistencia cuando son sometidas a altas humedades.

Las probetas elaboradas con niveles de extendido de harina en la cola con 100% de trigo; 20% pituca - 80% trigo; y 80% pituca - 20% trigo; son las que presentan mayor resistencia a la humedad con un puntaje de 6, es decir el encolado es bueno, seguido por las probetas elaboradas con niveles de extendido de harina en la cola de 100% de pituca; 40% pituca - 60% trigo; y 60% pituca - 40% trigo, quienes alcanzaron un puntaje de 4.

De otro lado, los porcentajes de falla en la madera en los tratamientos estudiados son buenos (los porcentajes de adherencia de las fibras de madera se encuentran en el rango del 40% al 70% – Anexo 1) y según lo mencionado por Blomquist (1981), esto significa que existe una adecuada adhesión al fallar la madera antes que la línea de cola.

Cuadro 8 Calificación del encolado de tableros elaborados con extendedores a base de harina de trigo y/o pituca para uso interior. Valores promedio obtenido del cuadro-Anexo3.

Entendedor	Calificación
(T1) 100% Trigo	6
(T2) 100% Pituca	4
(T3) 20% Pituca + 80% Trigo	6
(T4) 40% Pituca + 60% Trigo	4
(T5) 60% Pituca + 40% Trigo	4
(T6) 80% Pituca + 20% Trigo	6

El análisis para la evaluación de la resistencia a la humedad de los tableros se obtuvo mediante la Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En el Cuadro 9, se presentan los resultados de la prueba, se observa que no existen diferencias significativas en la resistencia a la humedad de las mezclas adhesivas, al comprobarse que las medianas de los valores de resistencia a la humedad son similares.

Cuadro 9 Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación de resistencia a la humedad de los tableros preparados con extendedores a base de harina de trigo y/o pituca

Tratam.	Numero de Muestras	Mediana de resistencia a la humedad	Línea media	P calculado
Testigo	4	6	17,4	0,044
2	4	4	7,6	
3	4	6	17,4	
4	4	4	7,6	
5	4	4	7,6	
6	4	6	17,4	
TOTAL	24		12,5	

4.3.2 PRUEBA MECÁNICA O DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA AL GRANO

Los valores promedio de resistencia a la tracción paralela al grano y su calificación se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10 Valores promedios de resistencia a la tracción paralela al grano y calificación de la falla de los tableros elaborados a base de harina de trigo y/o pituca

Extendedor	Resistencia (kg/cm ²)	Calificación
100% Harina de Trigo	15,39	6
100% Harina de Pituca	13,68	4
20% Pituca + 80% Trigo	15,17	6
40% Pituca + 60% Trigo	14,27	4
60% Pituca + 40% Trigo	13,23	4
80% Pituca + 20% Trigo	15,25	6

Al utilizar un extendedor con 100% pituca en los tableros de lupuna se obtuvo una resistencia promedio superior al obtenido por Córdova (1992) de 10,6 Kg/cm² en un trabajo a base de cargas de harina de madera; pero, resultó inferior a los valores determinados por Duda (1996) de 15,4 Kg /cm² y Paredes (1995) 15,8 Kg/cm², usando como extendedores harina de yuca y plátano respectivamente (cuadro 6).

Por otro lado, en el Cuadro 10, se aprecia que existe una relación directa entre los valores de resistencia a la tracción paralela y su correspondiente calificación de encolado de cada tratamiento. A los mayores valores de resistencia le corresponden calificaciones más altas de calidad (valor de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 251.042 de INDECOPI 1979) y sucede lo contrario con los de menor resistencia. Así pues,

Este alto valor de la resistencia se puede deber como sostiene Jhonson (1994) a que la resistencia de la unión se mejora al agregar extendedores y/o cargas en el adhesivo y como afirma Kollmann (1980) que los extendedores tienen algunos componentes que contribuyen a la adhesión.

En el cuadro 11, se aprecia que los valores de resistencia a la tracción paralela de los tableros variaron en promedio desde 13,2 Kg/cm² para un nivel de extendedor de 60% pituca, hasta 15,3 Kg/cm² para un nivel de extendedor de 80% pituca, este último valor es similar al testigo 15,4 Kg/cm² utilizando la misma especie lupuna.

El análisis de varianza (Anexo 4), nos demostró que existe diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($F_c=8,292 > F_t 2,256$), resultando el extendedor con mayor resistencia (80% pituca + 20% trigo), con respecto a las otras proporciones. Los resultados de las comparaciones múltiples con la prueba de Dunnet para un nivel de significación de 5% demostraron que el tratamiento T3 (conformado por 20% de pituca + 80% trigo) y T6 (conformado por 80% de pituca + 20% trigo) presentan los valores más altos de resistencia a la tracción paralela, muy similares a los valores obtenidos en la muestra testigo (Tratamiento T1), mientras que los otros tratamientos (T2, T4 y T5) presentan diferencias significativas con el tratamiento de testigo.

Cuadro 11 Valores promedio obtenidos del ensayo de resistencia a la tracción paralela al grano de los tableros elaborados a base de harina de trigo y/o pituca correspondiente a los tratamientos.

Tratam.	Resistencia a la tracción paralela (kg/cm ²) - Tablero				Prom.
	1	2	3	4	
Testigo	14,5	16,6	15,0	15,4	15,4
2	12,4	15,7	13,1	13,5	13,7
3	16,0	13,7	13,5	17,5	15,2
4	16,6	16,4	12,6	11,4	14,3
5	14,9	13,8	14,5	9,6	13,2
6	15,8	14,0	15,3	16,0	15,3

5. CONCLUSIONES

- 1) La harina de pituca (*Colocasia esculenta Schott*) proveniente de la zona de Selva Central, puede ser utilizada como extendedor en la formulación de la cola para tableros contrachapados.

- 2) La harina de pituca presenta un rendimiento aceptable.

- 3) Se encontró que la harina de pituca presenta valores altos de cenizas y una moderada acidez. Los tratamientos aplicados (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) no influyen en los valores de resistencia a la humedad.

- 4) Se encontró que los tratamientos aplicados (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) no influyen en los valores de resistencia a la humedad.

- 5) Las mezclas encolantes con la cual se obtiene una mayor resistencia mecánica a la Tracción Paralela al Grano, son las proporcionadas por los tratamientos (T6 y T3) en los cuales se reemplaza a la harina de trigo con 80% de harina de pituca y con 20% de harina de pituca; obteniéndose 15,25 Kg/cm² y 15,17 Kg/cm² respectivamente.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Proseguir con este tipo de investigaciones con cormos de pituca de otras zonas de crecimiento de este cultivo.

- 2) Continuar con las investigaciones analizando otras variables que intervienen en el proceso de producción de tableros contrachapados tal como son la presión y temperatura si tiene influencia al usar como extendedor la harina de pituca.

- 3) Evaluar el comportamiento del almidón en las diferentes mezclas encolantes y verificar su incidencia en la adhesión.

- 4) Evaluar el comportamiento de la harina de pituca con otras especies maderables como Ojé Renaco, Capinurí, Copaiba, entre otros.

- 5) Efectuar un análisis de costos para evaluar la rentabilidad de producción de la harina de pituca para su uso como extendedor en la Industria Nacional de Tableros Contrachapados.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M.; Kikete, Y. 1994. Atlas de Maderas del Perú. Lima, PE Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad de Nagoya Japón. 202 p.
- American Society for Testing and Materials. 1980. Annual Book of ASTM Standar. Wood Adhesives. Philadelphia, US. 1122 p.
- Aróstegui, V. A. 1974. Características Tecnológicas y Usos de la Madera de 145 Especies del país. Vol. 1. Lima, PE, Ministerio de Agricultura, Universidad Nacional Agraria La Molina. 483 p.
- Aróstegui, V. A. 1982. Recopilación y Análisis de Estudios Tecnológicos de Maderas Peruanas. Lima, PE . Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 . 57 p.
- Arriaga, F. 1996. Nuevas Tendencias en los Adhesivos Empleados en Tableros. AITIM 179: 82 - 84.
- ASPA (Asociación de promoción Agraria). 2000. Apuntes Agrarios Lima, PE. (Boletín Mensual N° 27).
- Blomquist, R. 1981. Educational modules for materials science and engineering. Pensylvania, US. Vol. 3. 436 p.
- Canchucaja, J.C. 2001 Influencia de la Presión Especifica en el Prensado de Tableros Contrachapados de Lupuna (*Chorisia integrifolia*). Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 74 p.

- Collazos, CH. C.; Alvistur, J. F.; Vásquez, G. J.; et Al. 1996. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Lima, PE, Séptima Edición. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 86 p.
- Córdova, R 1992. Harina de Madera como Carga en la Formulación de Colas para Tableros Contrachapados. Tesis Magister Scientiae Lima, PE, UNALM. 92 p.
- Corporación de Fomento de la Producción. 1990. Tableros a Base de Desechos de Contrachapados. Santiago, CL, 81 p.
- Chugg, W. 1964. Glulam. The Theory and Practice of Glued Laminated Timber structures. London, GB, 423 p.
- Duda, O. A. 1996. Uso de la Harina de Yuca (Manihot sp.) en la Formulación de Cola para Tableros Contrachapados. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 96 p.
- French, G. 1976. Diseño y Operación de Plantas Productoras de Tableros Contrachapados. Lima, PE, Ministerio de Industria y Turismo. 334 p.
- García E., L. 2002. La madera y su Tecnología. Madrid, ES, Séptima Edición. AITIM 322 p.
- Grace, M. R. 1977. Elaboración de Harina de Yuca. Roma, IT, Colección FAO Producción y Protección Vegetal N° 3 . 164 p.
- Heritage, G. 1983. Adhesive bonding of wood an other structural materials. Pennsylvania, US, Vol. III. Ed. Blomquist. 450 p.

Houwink R.; Salomón G. 1978. Enciclopedia de la Química Industrial. Bilbao, ES, Ediciones URMO. 622 p.

Industrias Vencedor S.A.; División Química 1983. Catálogo de Resina a Base de Urea Formaldehído VENCE UF-600. Lima, PE, Especificación Técnica. 5p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). 1979. Documentación: Resúmenes. NTP 205.037 Lima, PE. 4 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). 1975. Documentación: Resúmenes. NTP 205.038 Lima, PE. 5 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). 1975. Documentación: Resúmenes. NTP 205.039 Lima, PE. 5 p.

INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). 1979. Documentación: Resúmenes. NTP 251.042 Lima, PE. 5 p.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2004. Compendio Estadístico 2004. Lima, PE. 966 p.

Jhonson, S.E.; Kamke, F.A. 1994. Carbohydrate based extender for wood-particulate composites. Forest Products Journal 44 (3): 46-48.

- Kollmann, F. 1980. Principles of Wood Science and Technology. Vol. 1. Berlín, DE, 592 p.
- León, J. 1968. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales. San José, CR, Edit. I.I.C.A. 487 p.
- Loayza, C. 1981. Factibilidad Técnica de la Obtención de Almidón de Pituca (*Colocasia esculenta*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE. UNALM. 95 P.
- Madrid, M. 1997. Seminario sobre Adhesivos. Madrid, ES, Loctite Spain's Internal Technical Information. 58p.
- Marra, A. 1951. Glue line Doctor Forest Products Research Society National Annual Meeting. Vol V. Philadelphia, US. 400 p.
- Medina, G. 1994. Nueva norma sobre ensayo de calidad del encolado de los tableros contrachapados AITIM. 169:38-40.
- Montaldo, A. 1977. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Ed. IICA. San José, CR, 408 p.
- Moreno, U. 1967. Fisiología de las Plantas. Lima, PE, Manual de Laboratorio. Facultad de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. 82 p.
- Morín, CH. 1983. La Pituca: Información Básica sobre su Cultivo. Lima, PE, UNALM Dirección Universitaria de Proyección Social. 70 p.

- Mullins, J. E. 1981. Canadian Woods Their Properties and Uses 3Th Edition. Ottawa, CA, 389p.
- Myers, G. 1977. How fiber acidity affected functional properties of dry – formed hardboard. Philadelphia, US, Forest Service FPL 282 p.
- Nieto, H. M. 1977. Estudio Técnico de la Deshidratación de Dos Variedades de Pituca (*Colocasia esculenta*) por Flujo de Aire Caliente y Caracterización de las Harinas. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE, UNALM. 147 p.
- Ordóñez, P. R. 1983 Pruebas Funcionales de Panificación con Harina de Pituca (*Colocasia esculenta*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE, UNALM. 177 p.
- Paredes, A. 1995. Harina de plátano como extendedor en la formulación de cola para tablero contrachapados. Tesis Ing. Forestal. Lima, PE, UNALM. 125 p.
- Perry, T. 1944. Modern Wood Adhesives. New York, US, Pitman Publishing Corporation. 208 p.
- Plowman, T. 1969. Folk Uses of New World Aroids. Economic Botany. 23 (2):97-122.
- Poblete, H. 2001. Tableros de Partículas. Santiago, CL, Editorial el Kultrún. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile.
- Sandoval, N. E. 1993. Elaboración de un Producto tipo snack (bocaditos) a partir de mezcla de harinas de maíz (*Zea mays*) y Pituca (*Colocasia esculenta*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, PE, UNALM. 109 p.

Schery, R. W. 1956. Plantas Útiles al Hombre. Barcelona, ES, Salvat editores S.A. 518 p.

Skeist, I. 1965. Handbook of adhesive. New York, US, Reinhold Publishing Corporation.
683 p.

Villagómez, C. V.; Rodríguez, S. G. 1993. El Cultivo de Yuca Graf. Lima, PE, UNALM
90 p.

Watkins, E. 1980. Principles of Plywood Production Reic old Limited California, US 39 p.

White, M.S. 1977. Influence of Resin penetration on the Fracture Thougness of Wood
Adhesive Bonds. Wood Science 10(1): 6-14.

Zavala, D. 1994. Análisis de los Factores que intervienen en el Proceso de Prensado de
Triplay. Revista Ciencia Forestal de México 19(76):103-131.

ANEXO 1

ESCALA DE CALIDAD DE LIGADURAS EN LA LINEA DE COLA, DE ACUERDO A LA NORMA TECNICA PERUANA INDECOPI

Calidad	Porcentaje de adherencia de Fibras de madera (%)
0	0 – 10
2	20 – 30
4	40 – 50
6	60 – 70
8	80 – 90
10	90 - 100

ANEXO 2

**A: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS TESTIGO, ELABORADOS UTILIZANDO COMO EXTENDEDOR
HARINA DE TRIGO 100% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 1 - TESTIGO).**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	15,889	17,225	14,835	15,995
2	12,725	16,487	17,471	13,780
3	15,573	17,085	16,206	13,745
4	15,643	16,381	14,378	16,874
5	14,307	17,260	14,694	15,186
6	14,132	16,100	14,729	15,292
7	14,132	16,487	15,960	15,889
8	12,444	16,452	15,151	14,835
9	13,304	15,678	14,132	17,085
10	17,928	16,592	12,796	15,573
PROMEDIO	14,508	16,575	15,035	15,425

**B: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN100% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 2).**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	14,975	15,608	12,831	13,534
2	11,812	14,835	11,952	13,218
3	14,905	15,960	13,429	13,991
4	12,936	16,522	12,725	12,725
5	10,124	15,819	14,272	11,882
6	12,304	14,764	14,307	16,100
7	10,405	15,819	12,655	10,546
8	12,233	14,835	12,374	15,010
9	13,499	15,186	13,646	15,186
10	10,968	17,366	13,077	12,972
PROMEDIO	12,416	15,671	13,109	13,516

**C: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 20% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 3)**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	18,069	13,499	11,882	17,225
2	14,905	14,272	14,272	18,772
3	14,553	14,202	14,624	18,983
4	15,889	11,952	14,764	16,663
5	16,522	13,147	12,163	19,264
6	18,631	12,796	11,882	18,561
7	17,225	13,358	11,390	16,733
8	14,905	15,608	14,202	15,819
9	14,589	13,147	13,358	17,577
10	14,413	15,467	16,171	15,257
PROMEDIO	15,970	13,745	13,471	17,485

**D: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 40% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 4).**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	16,452	16,874	13,077	10,546
2	13,886	15,854	13,042	11,073
3	18,280	17,225	11,952	11,987
4	17,928	17,682	11,917	11,108
5	15,924	18,983	13,569	12,233
6	17,577	14,589	12,585	11,390
7	15,573	17,295	11,776	11,671
8	17,752	14,975	13,921	11,355
9	17,014	15,257	13,077	11,073
10	15,467	15,503	11,530	11,741
PROMEDIO	16,585	16,424	12,645	11,418

**E: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 60% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 5).**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	13,780	15,854	13,534	10,124
2	15,010	13,815	14,589	10,019
3	16,171	13,429	14,553	8,683
4	13,675	14,835	14,940	10,370
5	15,784	13,253	15,819	8,718
6	14,483	12,796	16,241	9,280
7	16,381	13,112	13,639	8,930
8	15,257	11,601	14,132	10,757
9	14,870	13,780	13,358	9,280
10	13,991	15,819	14,483	10,194
PROMEDIO	14,940	13,830	14,529	9,636

**F: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA AL GRANO DE
LOS TABLEROS ELABORADOS REEMPLAZANDO AL EXTENDEDOR HARINA
DE TRIGO POR HARINA DE PITUCA EN UN 80% EN KG/CM²
(TRATAMIENTO 6).**

NUMERO DE MUESTRA	TABLERO			
	1	2	3	4
1	15,327	13,604	14,764	15,467
2	16,768	15,784	14,518	14,483
3	14,272	14,694	14,975	15,995
4	14,202	14,483	16,417	14,307
5	16,628	14,167	15,081	16,522
6	14,835	12,585	15,573	15,889
7	15,784	12,128	14,975	16,592
8	15,221	14,343	13,358	15,714
9	19,475	14,905	17,647	17,225
10	15,292	12,831	15,714	17,506
PROMEDIO	15,780	13,952	15,302	15,970

ANEXO 3

**RESULTADOS DEL ENSAYO FÍSICO (HUMEDAD) PARA USO INTERIOR DE
LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS
RESPECTIVOS. CALIFICACIÓN DE ACUERDO A LA NORMA TÉCNICA
PERUANA 251.042 DE INDECOPI (1 979).**

Tratam.	Tablero				Calificación
	1	2	3	4	Prom.
Testigo	6	6	8	6	6
2	4	4	4	6	4
3	8	6	6	6	6
4	6	4	4	4	4
5	4	4	6	4	4
6	6	8	6	6	6

ANEXO 4

ANÁLISIS DE VARIANCIA (ANVA) DE LOS VALORES DEL ENSAYO MECÁNICO DE LOS TABLEROS PREPARADOS EN BASE A LOS TRATAMIENTOS Y EL TESTIGO.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F 0,05
Entre tratamientos	5	165,131	33,026	8,292	2,256
Dentro de tratamientos	234	932,049	3,983		
Total	239	1097,180			

$CV = 13.24\%$ (Coeficiente de variabilidad)

$Sd = 1.996$ (Desviación estándar poblacional)

ANEXO 5

PRUEBA DE DUNNET PARA COMPARACIONES DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN PARALELA DE LOS TRATAMIENTOS POR PROPORCIÓN DE EXTENDEDOR UTILIZADO EN LA PREPARACIÓN DE LA COLA.

$T_{Dunnet} : 5, \text{GLE } 234 = 2,49$

$$ALS_{Dunnet} = 2,49 \sqrt{CME \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_j} \right)} = 2,49 \sqrt{3,983 \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{40} \right)} \cong 1,111$$

Comparaciones:

				d	vs	ALS _{Dunnet}				
13,680	(T2)	-	15,390	(T1)	=	1,710	vs	1,111	>	*
15,170	(T3)	-	15,390	(T1)	=	0,220	vs	1,111	<	n.s
14,270	(T4)	-	15,390	(T1)	=	1,120	vs	1,111	>	*
13,230	(T5)	-	15,390	(T1)	=	2,160	vs	1,111	>	*
15,250	(T6)	-	15,390	(T1)	=	0,140	vs	1,111	<	n.s

Donde :

T1= 100% trigo (testigo)	$\bar{x} = 15,390$
T2= 100% pituca	$\bar{x} = 13,680$
T3= 20% pituca + 80% trigo	$\bar{x} = 15,170$
T4= 40% pituca + 60% trigo	$\bar{x} = 14,270$
T5= 60% pituca + 40% trigo	$\bar{x} = 13,230$
T6= 80% pituca + 20% trigo	$\bar{x} = 15,250$

Clave :

n.s.	:	no significativo
*	:	significativo
\bar{x}	:	promedio