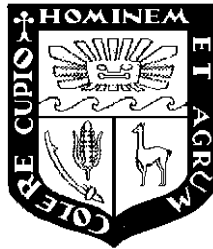


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

*Facultad de Ciencias Forestales*



**INFLUENCIA DE LA PRESIÓN EN LA  
ELABORACIÓN DE TABLEROS DE  
FIBRAS OBTENIDOS A PARTIR DE  
PAJA DE ARROZ (*Oriza sativa* L.)**

*Tesis para optar el Título de*  
**INGENIERO FORESTAL**

**Martín Alaín Retamoso Inuma**

Lima – Perú

2005

# ÍNDICE

	Página
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	3
2.1.1 <i>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN DEL ARROZ</i> .....	3
2.2 FIBRAS DE PLANTAS NO MADERABLES.....	5
2.3 PULPAS MECÁNICAS, DE ALTO RENDIMIENTO.....	7
2.4 LAS FIBRAS NO MADERABLES EN LA INDUSTRIA DE PANELES.....	9
2.5 FABRICACIÓN DE TABLEROS.....	10
2.5.1 <i>CLASIFICACIÓN</i> .....	10
2.5.2 <i>RESINAS PARA TABLEROS</i> .....	11
2.6 TABLEROS DE FIBRAS.....	12
2.6.1 <i>DEFINICIÓN</i> .....	12
2.6.2 <i>CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS</i> .....	12
2.6.3 <i>FABRICACIÓN DE TABLEROS DE FIBRA</i> .....	14
2.6.4 <i>REQUISITOS DE TABLEROS PRENSADOS</i> .....	21
2.7 INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DEL PRENSADO DURANTE LA ELABORACIÓN DE PANELES.....	21
2.8 TABLEROS PRENSADOS A PARTIR DE FIBRAS VEGETALES NO MADERABLES.....	25
2.9 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE LA INDUSTRIA DE LOS TABLEROS.....	26
2.10 COMERCIALIZACIÓN Y USOS DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN EL PERÚ.....	28
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	30
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	30
3.2.1 <i>MATERIA PRIMA</i> .....	30
3.2.2 <i>EQUIPOS</i> .....	30
3.2.3 <i>MATERIALES DE LABORATORIO</i> .....	31
3.2.4 <i>INSUMOS</i> .....	31
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	32
3.3.1 <i>PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</i> .....	32
3.3.2 <i>ANÁLISIS QUÍMICO DE LA PAJA DE ARROZ</i> .....	32
3.3.3 <i>ENSAYOS PRELIMINARES PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE ALTO RENDIMIENTO</i> .....	32
3.3.4 <i>CONDICIONES FINALES DE PULPEO</i> .....	33
3.3.5 <i>DRENABILIDAD</i> .....	33
3.3.6 <i>DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO</i> .....	33
3.3.7 <i>EVALUACIÓN DE LA PULPA OBTENIDA</i> .....	33
3.3.8 <i>ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS</i> .....	34
3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL.....	37
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
4.1 ANÁLISIS QUÍMICO DE LA PAJA DE ARROZ.....	39
4.2 RESULTADOS FINALES DE LA OBTENCIÓN DE PULPA DE ALTO RENDIMIENTO.....	40
4.3 EVALUACIÓN DE LA PULPA DE PAJA DE ARROZ.....	42

4.3.1	<i>Solubilidad de la Pulpa de Paja de Arroz en NaOH (1%)</i> .....	42
4.3.2	<i>Clasificación de Fibras</i> .....	42
4.3.3	<i>Longitud de Fibras</i> .....	43
4.4	<b>EVALUACIÓN FÍSICO MECÁNICA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS</b> .....	44
4.4.1	<i>ESPESOR</i> .....	44
4.4.2	<i>CONTENIDO DE HUMEDAD</i> .....	46
4.4.3	<i>BLANCURA</i> .....	48
4.4.4	<i>INCREMENTO EN VOLUMEN POR HINCHAMIENTO</i> .....	50
4.4.5	<i>INCREMENTO EN MASA POR ABSORCIÓN DE AGUA</i> .....	53
4.4.6	<i>DENSIDAD</i> .....	57
4.4.7	<i>MÓDULO DE RUPTURA</i> .....	59
4.4.8	<i>MÓDULO DE ELASTICIDAD</i> .....	61
4.4.9	<i>TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO</i> .....	63
4.4.10	<i>DUREZA</i> .....	65
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>70</b>
	<b>ANEXO 1</b> .....	<b>74</b>
	VALORES ORIGINALES DE ENSAYOS FÍSICOS MECÁNICOS.....	74
	<b>ANEXO 2</b> .....	<b>75</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESPESOR.....	75
	<b>ANEXO 3</b> .....	<b>76</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	76
	<b>ANEXO 4</b> .....	<b>77</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA BLANCURA.....	77
	<b>ANEXO 5</b> .....	<b>78</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL INCREMENTO EN VOLUMEN POR HINCHAMIENTO.....	78
	<b>ANEXO 6</b> .....	<b>79</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL INCREMENTO EN MASA POR ABSORCIÓN DE AGUA.....	79
	<b>ANEXO 7</b> .....	<b>80</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD.....	80
	<b>ANEXO 8</b> .....	<b>81</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MÓDULO DE RUPTURA.....	81
	<b>ANEXO 9</b> .....	<b>82</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	82
	<b>ANEXO 10</b> .....	<b>83</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	83
	<b>ANEXO 11</b> .....	<b>84</b>
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DUREZA.....	84

## *Lista de cuadros*

	Página
CUADRO 1	SUPERFICIE COSECHADA, PRODUCCIÓN DE ARROZ CÁSCARA Y DISPONIBILIDAD DE PAJA DE ARROZ EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, DURANTE EL PERIODO 1995 – 2001.....5
CUADRO 2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE ALGUNAS FIBRAS NO MADERABLES COMPARADAS CON FIBRAS DE MADERA. ....7
CUADRO 3	CLASIFICACIÓN DE LAS PULPA MECÁNICAS DE ALTO RENDIMIENTO .....9
CUADRO 4	EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PULPA DE MADERA Y DE OTRAS FIBRAS NO MADERABLES DURANTE EL PERIODO 1980 – 2000.....10
CUADRO 5	USO DE RESINAS SINTÉTICAS EN LA INDUSTRIA DE LOS PANELES. ....11
CUADRO 6	CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN BASE A SU DENSIDAD.....13
CUADRO 7	REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MECÁNICOS DE LOS TABLEROS DE FIBRAS. ....13
CUADRO 8	VALORES DE ALGUNAS PROPIEDADES MECÁNICAS REQUERIDOS PARA PANELES PENSADOS. ....21
CUADRO 9	INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO QUÍMICO* DE PULPEO Y DE LA PRESIÓN FINAL DE PENSADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE TABLEROS DE FIBRAS DUROS OBTENIDOS A PARTIR DE LA MADERA DE PASHACO (PARKIA NITIDA). ....23
CUADRO 10	INFLUENCIA DEL TIEMPO DE PENSADO, A 165 °C, SOBRE LOS VALORES DE DOS PROPIEDADES DE TABLEROS DE FIBRAS OBTENIDOS A PARTIR DE KENAF (HIBISCUS CANNABINUS). ....23
CUADRO 11	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE PENSADO EN LAMINAS* DE ABETO BLANCO (PICEA GLAUCA). ....24
CUADRO 12	VALORES DE RESISTENCIA FÍSICO – MECÁNICA DE TABLEROS DE FIBRAS DUROS OBTENIDOS POR VÍA HÚMEDA DE UNA MEZCLA DE FIBRAS DE TALLOS DE MAÍZ Y MADERA .....25
CUADRO 13	VALOR DE IMPORTACIÓN DE TABLEROS DE FIBRAS DUROS QUE NO POSEEN TRABAJO MECÁNICO NI RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL (DENSIDAD>0.8G/CM <sup>3</sup> ). ....29
CUADRO 14	ENSAYOS PRELIMINARES PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS DE FIBRA .....33
CUADRO 15	TIEMPOS PARA CADA ETAPA DE PENSADO EN CALIENTE, DEL PRESENTE ESTUDIO. ....36
CUADRO 16	VALORES DE LOS NIVELES DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS DE FIBRAS DUROS A PARTIR DE PAJA DE ARROZ (ORIZA SATIVA L.).....38
CUADRO 17	RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA PAJA DE ARROZ.....39
CUADRO 18	RESULTADOS PROMEDIO DE PULPA DE ALTO RENDIMIENTO DE PAJA DE ARROZ.....41
CUADRO 19	EFFECTO DE LA CANTIDAD DE HIDRÓXIDO DE SODIO Y LA DRENABILIDAD DE PULPA DE ALTO RENDIMIENTO DE PAJA DE ARROZ (ORYZA SATIVA).....41
CUADRO 20	SOLUBILIDAD DE LA PULPA DE PAJA DE ARROZ EN UNA SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO (1%).....42

<b>CUADRO 21</b>	<b>CLASIFICACIÓN DE FIBRAS MEDIANTE EL FRACCIONADOR BAUER – MCNETT DE 10 G (BMS) DE PULPA DE PAJA DE ARROZ. ....</b>	<b>43</b>
<b>CUADRO 22</b>	<b>INFLUENCIA DE LA PRESIÓN SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE TABLEROS LVL* DE ÁLAMO (POPULUS SP).....</b>	<b>58</b>

## *Lista de figuras*

	Página
FIGURA 1 SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN NACIONAL DE ARROZ CÁSCARA EN EL PERIODO 1990 – 2001.....	4
FIGURA 2 ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA PAJA DE ARROZ.....	6
FIGURA 3 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PULPA MECÁNICA Y QUÍMICA DURANTE EL PERIODO 1980-2000. ....	8
FIGURA 4 DISEÑOS TÍPICOS DE PLACAS DE REFINADOR. FUENTE: KURDIN (1990) .....	16
FIGURA 5 DIAGRAMAS DE PENSADO EN CALIENTE EN LA PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE FIBRAS. FUENTE: KOLLMAN (1975) Y GARCÍA ET AL (2002).....	19
FIGURA 6 INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE PAJA DE ARROZ EN LA ELABORACIÓN DE TABLEROS DE PARTÍCULAS. FUENTE: YANG ET AL (2003) .....	26
FIGURA 7 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA REGIONAL DE TABLEROS PENSADOS DURANTE EL PERIODO 1994 – 2010.....	26
FIGURA 8 VALOR PROYECTADO DE LA DEMANDA MUNDIAL, AL 2010, DE TRES TIPOS DE TABLEROS PENSADOS; AÑO BASE1996. ....	27
FIGURA 9 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TABLEROS DE FIBRAS DUROS OBTENIDOS POR VÍA HÚMEDA DURANTE EL PERIODO 1995 – 2002. FUENTE: FAO (2004) .....	28
FIGURA 10 DIAGRAMA DE PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS.	34
FIGURA 11 ESQUEMA DE PENSADO EN CALIENTE PARA LA OBTENCIÓN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS.....	36
FIGURA 12 HISTOGRAMA Y POLÍGONO DE FRECUENCIA DE LAS FIBRAS RETENIDAS SOBRE LA MALLA # 30. ....	43
FIGURA 13 HISTOGRAMA Y POLÍGONO DE FRECUENCIA DE FIBRAS RETENIDAS EN LA MALLA # 50.....	44
FIGURA 14 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL ESPESOR DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y FINAL.....	45
FIGURA 15 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y FINAL. ....	47
FIGURA 16 INFLUENCIA DE LA PRESIÓN Y LA TEMPERATURA DURANTE EL PENSADO EN CALIENTE SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LÁMINAS DE ABETO BLANCO. FUENTE: TABARSA Y CHUI (1997) .....	48
FIGURA 17 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA BLANCURA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y FINAL. ....	49
FIGURA 18 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL INCREMENTO DEL VOLUMEN DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN FINAL Y TIEMPO.....	50
FIGURA 19 INFLUENCIA DE LA PRESIÓN Y LA TEMPERATURA DURANTE EL PENSADO EN CALIENTE DE LÁMINAS DE ABETO BLANCO. FUENTE: TABARSA Y CHUI (1997).....	52

<b>FIGURA 20</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL AUMENTO DE MASA POR ABSORCIÓN DE AGUA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y FINAL.....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURA 21</b>	<b>INFLUENCIA DE LA DENSIDAD EN EL INCREMENTO EN MASA DE ESTRATOS DE MDF SUMERGIDOS EN AGUA POR 8 HORAS. ....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 22</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL INCREMENTO EN MASA POR ADSORCIÓN DE AGUA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y TIEMPO.....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 23</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y FINAL.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 24</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL MODULO DE RUPTURA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y PRESIÓN FINAL. ....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 25</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y PRESIÓN FINAL. ....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 26</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA TRACCIÓN PERPENDICULAR AL GRANO DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y PRESIÓN FINAL.....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 27</b>	<b>SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DUREZA DE LOS TABLEROS DE FIBRAS EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE LOS VALORES DE PRESIÓN INICIAL Y PRESIÓN FINAL. ....</b>	<b>65</b>