

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**ESTUDIO DE TRES VARIABLES EN LA OBTENCIÓN DE
PULPA CELULÓSICA, CON PROCESO DE ALTO
RENDIMIENTO, A PARTIR DEL TALLO DE ARROZ
(ORYZA SATIVA L.)**

Tesis para optar el Título de

INGENIERO FORESTAL

VERÓNIKHA ESPERANZA SALDÍVAR CHEA

Lima –Perú

2005

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FIBRAS PARA PAPEL.....	3
2.1.1 <i>Materias Primas para obtención de fibras</i>	3
2.1.2 <i>Fibras madereras</i>	4
2.1.3 <i>Fibras no madereras</i>	5
<i>África</i>	6
2.1.3.1 <i>Fibras de residuos agrícolas: Generalidades</i>	7
2.1.3.2 <i>Características de las Fibras de Algunas Plantas No Madereras</i>	9
2.1.3.3 <i>Fibras de pajas de cereales</i>	10
2.1.4 <i>Arroz</i>	11
2.1.4.1 <i>Características generales</i>	11
2.1.4.2 <i>Características de las fibras</i>	14
<i>Lignina</i>	15
2.2 PROCESO DE PULPEO.....	16
2.2.1 <i>Pulpeo químico</i>	16
2.2.1.1 <i>Generalidades</i>	16
2.2.1.2 <i>Pulpeo con Plantas No Madereras</i>	16
<i>PROPIEDADES</i>	17
2.2.1.3 <i>Pulpas con Pajas</i>	18
2.2.2 <i>Influencia de Reactivos Químicos en Procesos de Pulpeo</i>	19
2.2.3 <i>Pulpeo Mecánico: Influencia de Niveles de Refinado</i>	21
2.3 USOS DE PULPA DE FIBRAS NO MADERERA.....	24
<i>Papel bond</i>	24
2.4 CARACTERÍSTICAS DEL PAPEL PARA CORRUGAR.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 LUGAR DEL ESTUDIO.....	27
3.2 MATERIA PRIMA.....	27
3.3 MATERIALES Y EQUIPOS.....	27
3.3.1 <i>Equipos</i>	27
3.3.2 <i>Materiales de laboratorio</i>	27
3.3.3 <i>Insumos</i>	28
3.4 METODOLOGÍA.....	28
3.4.1 <i>Colección y preparación de la materia prima</i>	28
Procedencia de la materia prima.....	28
Picado de la materia prima.....	28
Determinación de humedad.....	28
3.4.2 <i>Obtención de Pulpa por un Proceso de Alto rendimiento</i>	29
3.4.2.1 <i>Tratamiento químico</i>	29
3.4.2.2 <i>Obtención de pulpa</i>	29
3.4.2.3 <i>Tamizado</i>	30
3.4.2.4 <i>Control de drenabilidad</i>	30
3.4.3 <i>Refinado</i>	31
3.4.4 <i>Evaluación de la materia prima y de la pulpa</i>	31
3.4.4.1 <i>Caracterización Química de la Materia Prima</i>	31
3.4.4.2 <i>Evaluación de Fibras</i>	32
3.4.4.3 <i>Formación de papel para ensayo</i>	32
3.4.4.4 <i>Formación de cartón para ensayo</i>	33
3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	36
4.1.1 <i>Análisis químico</i>	36
4.1.2 <i>Clasificación de Fibras</i>	38

4.2 RENDIMIENTO DE LAS PULPAS DE ALTO RENDIMIENTO DE PAJA DE ARROZ.....	39
4.3 DRENABILIDAD DE LA PULPA	41
4.3.1 <i>Drenabilidad de la pulpa en proceso con agua fría</i>	41
4.3.2 <i>Drenabilidad de la pulpa procesada con agua caliente</i>	43
4.4 DENSIDAD DE LA PULPA	45
4.4.1 <i>Densidad de la pulpa en agua fría</i>	45
4.4.2 <i>Densidad de la pulpa en agua caliente</i>	47
4.5 ESPESOR.....	49
4.6.1 <i>Espesor de hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	49
4.6.2 <i>Espesor de hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	51
4.6 BLANCURA	53
4.6.1 <i>Blancura de hoja de ensayo de pulpa en agua fría</i>	53
4.6.2 <i>Blancura de hoja de ensayo de pulpa en agua caliente</i>	54
4.7 OPACIDAD.....	56
4.8.1 <i>Opacidad en la hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	56
4.8.2 <i>Opacidad en la hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	57
4.8 PERMEABILIDAD GURLEY	59
4.8.1 <i>Permeabilidad Gurley en la hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	59
4.8.2 <i>Permeabilidad en la hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	61
4.10 RASGADO.....	63
4.10.1 <i>Rasgado de hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	63
4.10.2 <i>Rasgado de hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	64
4.11 TENSIÓN	66
4.11.1 <i>Tensión en hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	66
4.11.2 <i>Tensión en hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	68
4.12 REVENTAMIENTO	70
4.12.1 <i>Reventamiento en hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua fría</i>	70
4.12.2 <i>Reventamiento en hoja de ensayo obtenida de pulpa en agua caliente</i>	72
4.12 ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CARTÓN.	73
5. CONCLUSIONES	77
6. RECOMENDACIONES.....	78

Lista de cuadros

Página

..... CUADRO 01: FIBRAS NO LEÑOSAS: PRODUCCIÓN MUNDIAL PARA EL 2002 (FAO 2003)	6
CUADRO 02: CONDICIONES USADAS EN LA OBTENCIÓN DE PULPAS DE RESIDUOS AGRÍCOLAS. (JIMÉNEZ 1991)	8
CUADRO 03: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE MATERIAS FIBROSAS NO MADERERAS COMPARADAS CON MADERA. (JIMÉNEZ 1996; HANS 1998)	9
CUADRO 04: VALORES DE ANÁLISIS QUÍMICOS PARA RESIDUOS DE LA TALA DEL OLIVO Y PASTAS CELULÓSICAS OBTENIDAS DE ELLOS. (JIMÉNEZ 1990)	10
CUADRO 05: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNAS PAJAS FUENTES DE FIBRAS PARA PAPEL. (HANS, 1998)	11
CUADRO 06: LONGITUD DE FIBRAS DE PAJA DE ARROZ EN COMPARACIÓN CON OTRAS PLANTAS ANUALES. (FAO 1962)	15
CUADRO 07: COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PAJA Y CÁSCARA DE ARROZ. (GERBER 1992)	15
CUADRO 08: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE PAPELES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE PULPAS CON RENDIMIENTO PROMEDIO DEL 57 %. (JIMÉNEZ 1993)	17
CUADRO 09: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE PAPELES DE RESIDUOS AGRÍCOLAS DE PULPAS CON RENDIMIENTOS PROMEDIO DE 47 %, REFINADAS HASTA 50-55 ^o SR. (JIMÉNEZ 1993)	18
CUADRO 10: USO DE CÁSCARA Y PAJA DE ARROZ PARA LA PRODUCCIÓN DE PULPA (GERBER-1992)	19
CUADRO 11: USO DE PULPAS DE CÁSCARA DE ARROZ (GERBER-1992)	19
CUADRO 12: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE PAPELES DE PULPA SEMIQUÍMICA DE TALLOS DE ALGODÓN. (ALI 1998)	20
CUADRO 13: CALIDAD DE PAPELES DE PULPA DE PAJA DE CEREALES MEZCLADOS CON PULPA DE FIBRAS LARGAS. (HURTER 2002)	24

CUADRO 14: PROPIEDADES FÍSICAS DE CORRUGADO MEDIO PRODUCIDOS CON PULPAS DE PLANTAS NO MADERERAS. (HURTER, 2002).....	25
CUADRO 15: CARACTERÍSTICAS DEL REFINADO DE LAS PULPAS EVALUADAS.	31
CUADRO 16: PLAN EXPERIMENTAL DEL PRESENTE TRABAJO.....	35
CUADRO 17: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DE LA PAJA DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.)	36
CUADRO 18: RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE FIBRAS POR EL MÉTODO BAUER MC NETT DE PULPAS DE PAJA DE ARROZ (ORYZA SATIVA L.).....	38
CUADRO 19: CLASIFICACIÓN DE FIBRAS RETENIDAS, POR TAMAÑO DE FIBRA, SEGÚN # VUELTAS DEL REFINADO Y CARGA DE NAOH APLICADO	39
CUADRO 20: RENDIMIENTO DEL PROCESO DE PULPEO DE ALTO RENDIMIENTO DE PAJA DE ARROZ.....	40

Lista de figuras

Página

FIGURA 01: ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA PAJA DE ARROZ. FUENTE: COTÉ (1980).	13
FIGURA 02: SEGMENTO DE DISCO, MOSTRANDO SUS 3 SECCIONES DE DESFIBRADO...	22
FIGURA 03. DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN	34
FIGURA 04: VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PULPA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE TRATAMIENTO Y EL % DE REACTIVO	41
FIGURA 05: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DRENABILIDAD EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.	42
FIGURA 06: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DRENABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	43
FIGURA 07: DRENABILIDAD MEDIDA EN GRADOS SCHOPPER (^oSR), OBTENIDOS EN PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE.	45
FIGURA 08: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DENSIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	46
FIGURA 09: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA DENSIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	47
FIGURA 10: DENSIDAD DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI....	49
FIGURA 11: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL ESPESOR EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.	50
FIGURA 12: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL ESPESOR EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.	51

FIGURA 13: ESPESOR DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI.....	52
FIGURA 14: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA BLANCURA EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	53
FIGURA 15: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA BLANCURA EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	54
FIGURA 16: BLANCURA DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI.....	55
FIGURA 17: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA OPACIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	56
FIGURA 18: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA BLANCURA EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	58
FIGURA 19: OPACIDAD DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI.....	59
FIGURA 20: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	60
FIGURA 21: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA PERMEABILIDAD EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	61
FIGURA 22: PERMEABILIDAD DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI.....	62
FIGURA 23: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL RASGADO EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI.....	63

FIGURA 24: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL RASGADO EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI. 65

FIGURA 25: VARIACIÓN DEL RASGADO DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI. 66

FIGURA 26: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA TENSIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI. 67

FIGURA 27: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DE LA TENSIÓN EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI. 68

FIGURA 28: VARIACIÓN DE LA TENSIÓN DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI..... 69

FIGURA 29: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL REVENTAMIENTO EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI..... 71

FIGURA 30: SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LAS VARIACIONES DEL REVENTAMIENTO EN FUNCIÓN DE LAS VARIACIONES DE CONCENTRACIÓN DE NAOH Y NÚMERO DE VUELTAS EN EL REFINADOR PFI..... 72

FIGURA 31: VARIACIÓN DEL REVENTAMIENTO DE HOJAS DE PULPAS PROCESADAS CON AGUA FRÍA Y AGUA CALIENTE EN FUNCIÓN LA CONCENTRACIÓN DE SODA Y EL NÚMERO DE VUELTAS EN EL PFI..... 73

Lista de anexos

- ANEXO 01 : Análisis estadístico de la drenabilidad de la pulpa en agua fría.
- ANEXO 02 : Análisis estadístico de la drenabilidad de la pulpa en agua caliente.
- ANEXO 03 : Análisis estadístico de la densidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría
- ANEXO 04 : Análisis estadístico de la densidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 05 : Análisis estadístico del espesor de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 06 : Análisis estadístico del espesor de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 07 : Análisis estadístico de la blancura de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 08 : Análisis estadístico de la blancura de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 09 : Análisis estadístico de la opacidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 10 : Análisis estadístico de la opacidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 11 : Análisis estadístico de la permeabilidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 12 : Análisis estadístico de la permeabilidad de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 13 : Análisis estadístico del rasgado de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 14 : Análisis estadístico del rasgado de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 15 : Análisis estadístico de la tensión de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 16 : Análisis estadístico de la tensión de la hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 17 : Análisis estadístico del reventamiento de la hoja de ensayo de pulpa en agua fría.
- ANEXO 18 : Análisis estadístico del reventamiento de a hoja de ensayo de pulpa en agua caliente.
- ANEXO 19 : Valores Originales de ensayos.