

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE HIDRÓLISIS ÁCIDA DE
LA PAJA DE TRIGO**

Por:

VÍCTOR MIGUEL LÓPEZ CARTAGENA

**Proyecto de Grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Marzo de 2015

TARIJA-BOLIVIA

A Dios, a mis padres, familiares,
docentes y amigos.

ÍNDICE

	Página
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento	iv
Resumen	v

INTRODUCCIÓN

Antecedentes	1
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Justificación	3

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 Concepto de Biomasa	7
1.2 Biomasa de origen Lignocelulósico.....	8
1.2.1. Composición de materiales Lignocelulósicos:	10
1.2.1.1. Celulosa	11
1.2.1.2. Hemicelulosa	12
1.1.2.3. Lignina	14
1.3. Pretratamientos de los materiales Lignocelulósicos	15
1.4 Hidrólisis	18
1.4.1 Hidrólisis Enzimática.....	18
1.4.2. Hidrólisis química ácida	19
1.4.2.1 Hidrolisis con ácido concentrado	19
1.4.2.2 Hidrólisis con ácido diluido	20
1.4.3 Etapas de la hidrólisis Ácida.....	22

CAPÍTULO II
PARTE
EXPERIMENTAL

2.1 Parte experimental del Proyecto de Investigación	24
2.2 Descripción de la materia prima	24
2.3 Diagrama de bloques del proceso	24
2.4 Balance de materia general	25
2.4.1 Balance de materia parcial de azúcares.....	26
2.5 Proceso del tratamiento de Hidrólisis ácida de la paja de Trigo	26
2.5.1 Cortado.....	26
2.5.2 Molienda	26
2.5.3 Tamizado.....	27
2.5.4 Hidrólisis	27
2.5.4.1 Pruebas Preliminares.....	27
2.5.4.2 Diseño Factorial	28
2.5.5 Filtrado	32
2.5.6 Determinación de azúcares reductores.....	33
2.5.6.1 Preparación de la solución madre	33
2.5.6.2 Oxidación de azúcares.....	34
2.5.6.3 Titulación	35

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de pruebas preliminares	38
3.2 Análisis proximal de la paja de Trigo	39
3.3 Análisis granulométrico	40
3.4 Análisis de los hidrolizados de la paja de Trigo	41
3.5 Análisis de azúcares reductores	42
3.6 Análisis estadístico del diseño factorial	43
3.6.1 Variable respuesta porcentaje de azúcares reductores	44
3.6.2 Análisis de regresión lineal	48

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	51
4.2 Recomendaciones.....	52
Referencias Bibliográficas	53

Índice de Cuadros y/o Tablas

Página

Cuadro i-1. Tarija: Superficie, Producción y Rendimiento,.....	5
Año Agrícola 2007-2008	
Cuadro I-1 Fuentes, categorías y tipos de biomasa lignocelulósica.....	9
Cuadro I-2 Tecnologías de pretratamiento físicos y fisicoquímicos.....	16
de la biomasa lignocelulósica	
Cuadro I-3 Tecnologías de pretratamiento químico y biológico	17
de la biomasa lignocelulósica	
Tabla I-1 Contenido de celulosa, hemicelulosa, y lignina de residuos	21
agrícolas y desechos.	
Tabla II-1 Niveles de las variables para la hidrólisis de paja de trigo	28
Tabla II-2 Combinaciones de las variables de la hidrólisis ácida	29
Tabla III-1 Resultados pruebas preliminares	38
Tabla III-2 Análisis Proximal	39
Tabla III-3 Análisis Granulométrico.....	40
Tabla III-4 pH y °Brix de los Hidrolizados de paja de trigo	41
Tabla III-5 Resultados de Azúcares Reductores	42
Tabla III-6 Datos para el Análisis de Varianza.....	43
Tabla III-7 Factores inter-sujetos	44
Tabla III-8 Análisis de Varianza ANOVA.....	45
(Porcentaje de azúcares reductores)	
Tabla III-9 Factores inter-sujetos.....	46
Tabla III-10 Análisis de Varianza ANOVA.....	47
Tabla III-11 Variables introducidas/eliminadas ^b	48
Tabla III-12 Resumen del modelo ^b	48
Tabla III-13 ANOVA ^b	49
Tabla III-14 Coeficientes ^a	49

Índice de figuras

	Página
Figura i-1. Trigo	1
Figura i-2. Bolivia: Superficie, producción y rendimiento de trigo..... periodo 2002-2013	4
Figura 1-1 Generación de biomasa	7
Figura 1-2 Estructura de la Celulosa.....	12
Figura 1-3 Estructura de la Hemicelulosa.....	13
Figura 1-4 Estructura probable de la lignina en la paja de trigo	14
Figura 1-5 Pretratamiento de materiales lignocelulósicos	16
Figura 1-6 Efectos de las celulasas en la hidrólisis de la celulosa	18
Figura 1-7 Hidrólisis de biomasa lignocelulósica.....	19
Figura 1-8 Etapas de la Hidrólisis ácida	22
Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso.....	24
Figura 2-2 Balance de materia general.....	25
Figura 2-3 Balance parcial de azúcares.....	26
Figura 2-4 Procesador eléctrico	26
Figura 2-5 Tamizador.....	27
Figura 2-6 Tamaño de partícula 0.25 mm.....	27
Figura 2-7 Balanza Analítica	31
Figura 2-8 Autoclave.....	32
Figura 2-9 Muestras empaquetadas.....	32
Figura 2-10 Filtración	32
Figura 2-11 Neutralización	33
Figura 2-12 Solución madre.....	33
Figura 2-13 Precipitado en forma de óxido cuproso.....	35
Figura 2-14 Disolución de óxido cuproso en sulfato de amonio férrico.....	36
Figura 2-15 Titulación con Permanganato de Potasio	37
Figura 2-16 Fin de la titulación.....	37

Nómina de anexos

- Anexo 1 Informe de ensayo de laboratorio Análisis Proximal
- Anexo 2 Datos, cálculos y resultados de azúcares reductores
- Anexo 3 Balance de materia
- Anexo 4 Ecuaciones análisis estadístico

GLOSARIO DE TÉRMINOS

N:	Número de experiencias.
G:	Grados de libertad.
Sig:	Nivel de significancia.
R :	Coefficiente de correlación.
R cuadrado:	Coefficiente de determinación.
t:	Distribución T o de Student.
k:	Número de tratamientos.
n:	Número total de observaciones en todos los tratamientos combinados.
n_j :	Número total de observaciones en cada tratamiento.
x_{ij} :	Es la i-esima observación del tratamiento j.
\bar{x}_j :	Media muestral del tratamiento j.
$\bar{\bar{x}}$:	Media muestral general
SCT:	Suma cuadrática total.
SCTr:	Suma cuadrática de los tratamientos.
SCE:	Suma cuadrática del error.
Ho:	Hipótesis nula.
Ha:	Hipótesis alterna.
F:	Distribución de Fisher.
α :	Nivel de significancia de la prueba.
Fo:	Factor de probabilidad.
β_k :	Parámetro ecuación regresión lineal múltiple.
Y:	Variable ecuación regresión lineal múltiple.
ε :	Componente aleatorio de Y.

\hat{y}_i :	Valor y de la ecuación de mínimos cuadrados.
e_i :	Valor residual.
y_i :	Dato observado.
$\hat{\beta}_k$:	Estimador ecuación regresión lineal.
S^2 :	Varianza.
gl:	Grados de libertad.
$-t_{\alpha/2}$:	Porción simétrica negativa de la distribución T.
$t_{\alpha/2}$:	Porción simétrica positiva de la distribución T.