



**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER**  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



**RESUMEN – TESIS DE GRADO**

**AUTORES** JOHANA ALEXANDRA AVENDAÑO GUTIERREZ  
JESUS ALBERTO SEPULVEDA BERMONTH

**FACULTAD** INGENIERÍA

**PLAN DE ESTUDIOS** INGENIERÍA DE PRODUCCION INDUSTRIAL

**DIRECTOR** CARMEN LEONOR BARAJAS

**TÍTULO DE LA TESIS** PROCESO DE FITOREMEDIACION BASADO EN LA UTILIZACION DE ESPECIES DE LA REGIÓN COMO ALTERNATIVA PARA REMOVER A NIVEL TERCIARIO CROMO PRESENTE EN LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA

**RESUMEN**

Este trabajo contiene el desarrollo de las siguientes actividades: evaluación y selección de especies vegetales con potencialidades para la remoción de cromo; análisis de su comportamiento como mecanismo de remoción del contaminante analizado; medición de niveles de cromo antes y después de la implementación del sistema de fitoremediación; determinación de la eficiencia del proceso y formulación de una alternativa tecnológica para el tratamiento y control de la contaminación por cromo en efluentes industriales.

**CARACTERISTICAS**

PÁGINAS 88 PLANOS            ILUSTRACIONES            CD ROM 1

PROCESO DE FITOREMEDIACION BASADO EN LA UTILIZACION DE ESPECIES  
DE LA REGIÓN COMO ALTERNATIVA PARA REMOVER A NIVEL TERCIARIO  
CROMO PRESENTE EN LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LOS  
VERTIMIENTOS INDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA

JOHANA ALEXANDRA AVENDAÑO GUTIERREZ  
JESUS ALBERTO SEPULVEDA BERMONT

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2006

PROCESO DE FITOREMEDIACION BASADO EN LA UTILIZACION DE ESPECIES  
DE LA REGIÓN COMO ALTERNATIVA PARA REMOVER A NIVEL TERCIARIO  
CROMO PRESENTE EN LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LOS  
VERTIMIENTOS INDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA

JOHANA ALEXANDRA AVENDAÑO GUTIERREZ  
JESUS ALBERTO SEPULVEDA BERMONTH

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero de Producción Industrial

Director  
CARMEN LEONOR BARAJAS  
Ph. D. Ciencias Ambientales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL  
SAN JOSE DE CUCUTA  
2006



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: *Cúcuta, 15 de Diciembre de 2006*  
HORA: *16:00*  
LUGAR: *CREAD SALA 3*  
Plan de Estudios: *INGENIERIA DE PRODUCCION INDUSTRIAL*

Título de la tesis: "PROCESO DE FITOREMEDIACION BASADO EN LA UTILIZACION DE ESPECIES DE LA REGION COMO ALTERNATIVA PARA REMOVER A NIVEL TERCIARIO CROMO PRESENTE EN LAS AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE SAN JOSE DE CUCUTA"

Jurados: *FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR*  
*PEDRO SAUL RIVERA*  
*MARTIN HERNANDEZ*

Director: *CARMEN LEONOR BARAJAS*

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
<i>JOHANA ALEXANDRA AVENDAÑO GUTIERREZ</i>	<i>190388</i>	<i>Cuatro,Uno</i>	<i>4,1</i>
<i>JESUS ALBERTO SEPULVEDA BERMONTH</i>	<i>190253</i>	<i>Cuatro, Uno</i>	<i>4,1</i>

# APROBADA

FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR

PEDRO SAUL RIVERA

MARTIN HERNANDEZ

Vo.Bo. *FABIO ORLANDO SEGURA ESCOBAR*  
*Coordinador Comité Curricular*  
*Ingeniería Producción Industrial*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Doctora Carmen Leonor Barajas, Ph. D. Ciencias Ambientales, Directora del proyecto, por su valioso aporte a la realización del proyecto.

Al Profesor Jorge Corredor del Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander, por su gran colaboración.

Al Ingeniero Agrónomo Evaristo Carvajal Valderrama, por su amplio conocimiento y contribución en la selección de las plantas de la región.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCION	15
1. REFERENTES GENERALES	17
1.1 ANTECEDENTES DEL CROMO	17
1.1.1 Usos del cromo	17
1.1.2 Efectos del cromo sobre la salud	18
1.1.3 Efectos ambientales del cromo	19
1.1.4 Métodos de remoción de cromo	20
1.2 PROCESO PRODUCTIVO DEL CUERO	23
1.2.1 Ribera	23
1.2.2 Curtido	24
1.2.3 Terminación	27
1.3 FITOREMEDIACION	28
1.3.1 Tipos de fitoremediación	29
1.3.2 Antecedentes de la fitoremediación	30

1.3.3 Plantas utilizadas en los procesos de Fitorremediación	33
1.4 DESCRIPCIÓN DE PLANTAS ACUÁTICAS: AGENTES DE REMOCIÓN DE METALES PESADOS	34
1.4.1 Tipos de plantas acuáticas	34
1.5 MECANISMO MEDIANTE EL CUAL LAS PLANTAS ACUÁTICAS ABSORBEN METALES PESADOS	39
1.6 DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PARA SU POSTERIOR SELECCIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	39
1.6.1 <i>Crassipes de eichhornia</i> (Jacinto de agua o buchón de agua)	39
1.6.2 <i>Pistia stratiotes</i> (Lechuga de agua)	42
1.6.3 <i>Lemna minor</i> (Lenteja de agua)	43
1.7 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES	45
2. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	47
2.1 MUESTREO	47
2.2 SELECCIÓN DE PLANTAS ACUÁTICAS	49
3. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1 ENSAYOS PRELIMINARES	50
3.2 CAMBIOS PRESENTADOS EN LAS PLANTAS	52

3.2.1 Cambios físicos en las plantas	52
3.2.2 Cambios en el medio acuático	52
3.3 PROCEDIMIENTO EN EL PROCESO REMOCIÓN DE CROMO	53
4. RESULTADOS	55
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS CON LA PLANTA <i>CRASSIPES DE EICHHORNIA</i> O JACINTO DE AGUA	55
4.2 RESULTADOS OBTENIDOS CON LA PLANTA <i>PISTIA STRATIOTES</i> O LECHUGA DE AGUA	60
4.3 EFICIENCIA DE REMOCIÓN	67
4.3.1 Eficiencia de remoción de planta <i>Crassipes de Eichhornia</i> o jacinto de agua	67
4.3.2 Eficiencia de remoción de planta <i>Pistia Stratiotes</i> o lechuga de agua	69
5. PROPUESTA	72
6. CONCLUSIONES	73
7. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	79