



Universidad  
Católica  
de Manizales

**UCM**  
.edu.co



# 2° CONFERENCIA LATINOAMERICANA EN SISTEMAS VETIVER

Vicerrectoría Académica  
Centro Institucional de Investigación, Proyección y Desarrollo

**UCM**

**REMOCIÓN DE ALUMINIO EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES  
USANDO ESPECIES MACRÓFITAS: UNA APLICACIÓN PARA EL PASTO  
VETIVER**

E.J. Aldana, I. Saffon\*, J. S. Arcila, M. F. Ortiz, O. F. Herrera

## Pregunta de investigación

¿Es posible remover Aluminio de agua residual industrial usando especies macrófitas ?

Título  
Subtítulo

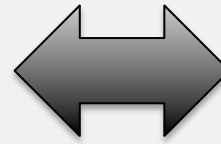
**UCM**  
.edu.co



INTRODUCCIÓN

**UCM**

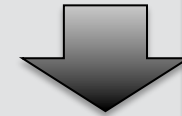
Aguas residuales industriales



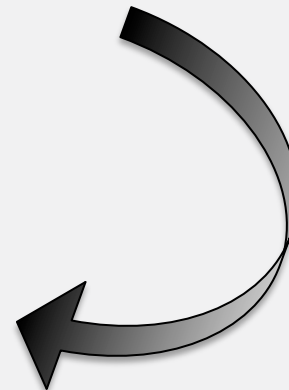
Procesos productivos



Metales pesados y otros  
contaminantes

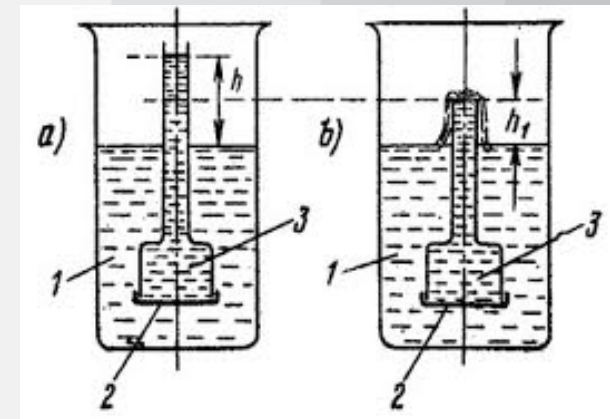
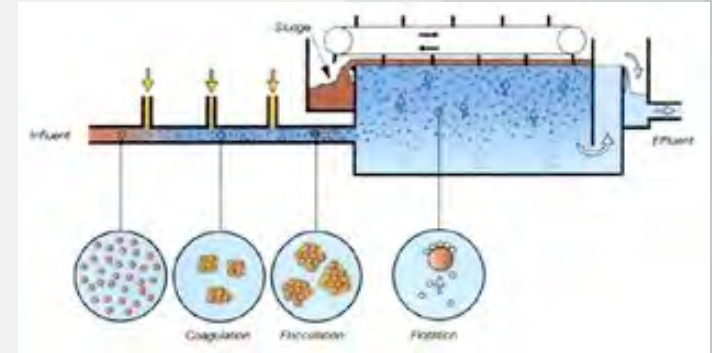


Tóxicos para el ser humano  
y el ambiente.



# Procesos tecnológicos de solución de problemas

- Flotación de aire disuelto
- Osmosis
- Nanofiltración
- Coagulación-floculación





Pasto vetiver  
(*Chrysopogon  
Zizanioides*)



Enea (*Typha Latifolia*)



Juncos (*Scirpus  
Lacustris*)

Proceso de Biotecnología



Fitorremediación



Menor impacto negativo  
y bajo costo



# OBJETIVOS

## ***OBJETIVO GENERAL***

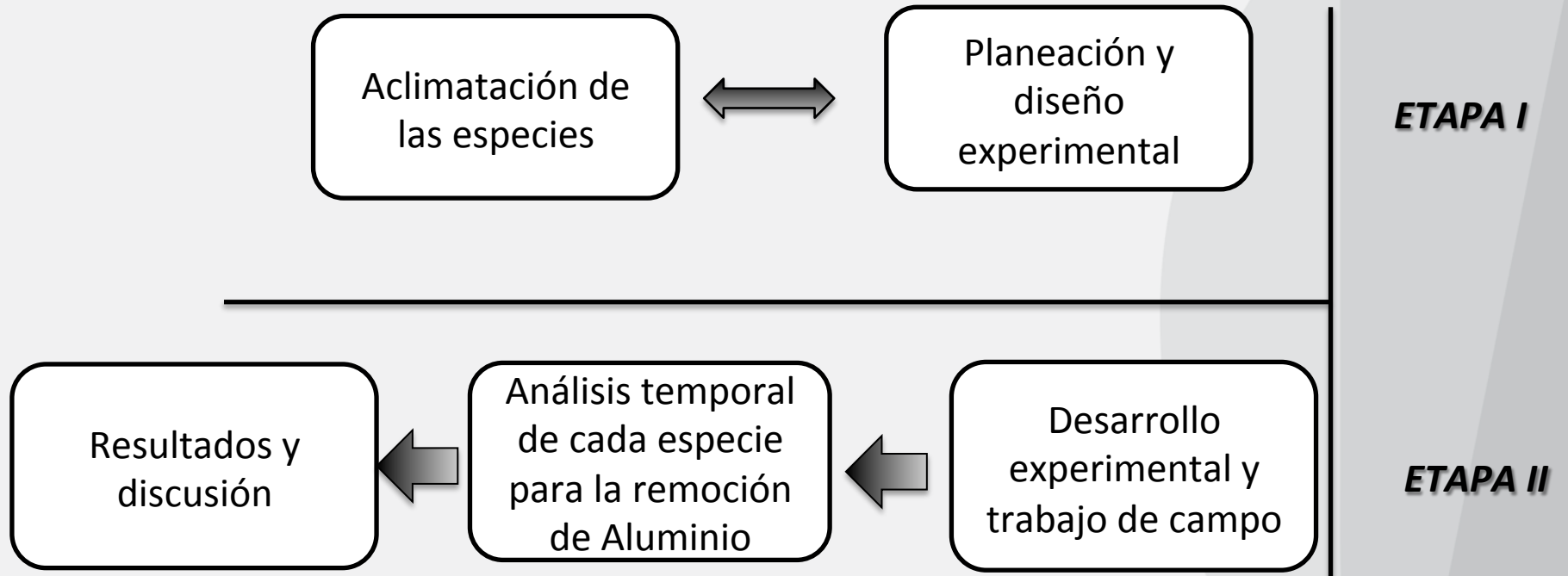
- Evaluar el potencial de adsorción que tienen algunas especies de macrófitas (Enea, junco y Pasto Vetiver), para la remoción de Aluminio en aguas residuales Industriales.

# OBJETIVOS

## Objetivos específicos

- Realizar comparaciones múltiples entre las diferentes especies (Enea, juncos, Pasto vetiver), e identificar el porcentaje de remoción específico del Aluminio.
- Fomentar el uso industrial y académico de la fitorremediación como una opción sostenible para la depuración de fuentes contaminadas en aras de preservar el medio ambiente

# Metodología



# Aclimatación de las especies



# Planeación y diseño experimental

	Concentración Al 70%	Concentración Al 20%
JUNCO	1 2 9	10 11 12
VETIVER	3 6 8	13 14 18
ENEA	4 5 7	15 16 17

18 plantas.  
6 Juncos  
6 Vetiver  
6 Eneas

## VARIBLES DE RESPUESTA

- PH
- Temperatura
- Turbiedad
- DQO
- concentración aluminio.

# Protocolo de muestreo

Aluminio	1 hr	DQO PH Tempreratura turbiedad	1 hr
	2 hr		24hr
	4 hr		3 dias
	8 hr		6 dias
	24 hr		9 dias
	48 hr		12 dias
	7 dias		
	15 dias		

# Desarrollo experimental y trabajo de campo



# Técnicas analíticas

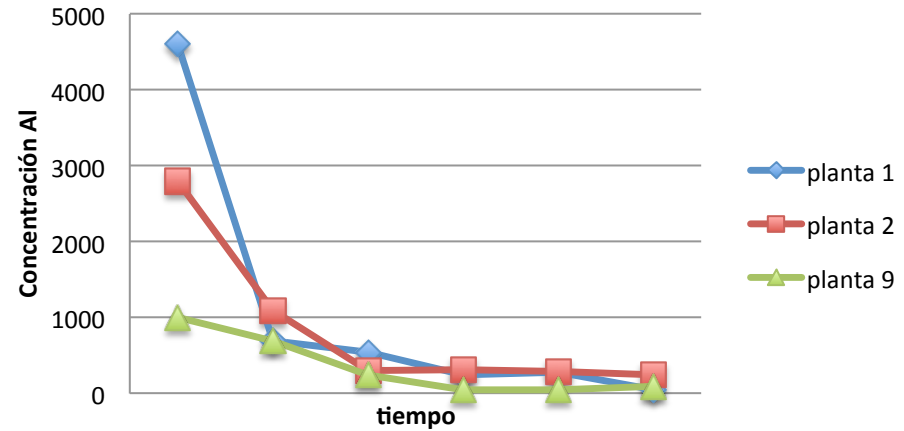
Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales.

- DQO: Método 5220-D  
(reflujo cerrados con colorimetría)
- Al: Método 3500-Al.D  
(colorimetría)
- Temperatura: Método 2550 A  
(termocupla)
- pH: Método 4500-H.B  
(electrodo)
- Turbiedad: Método 2130-B  
(nefelometría)

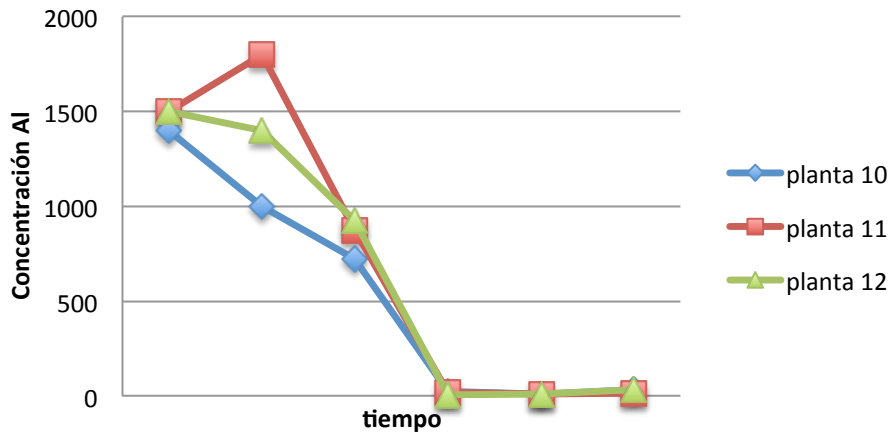


# Análisis temporal de cada especie para la remoción de Aluminio

## JUNCO 70%

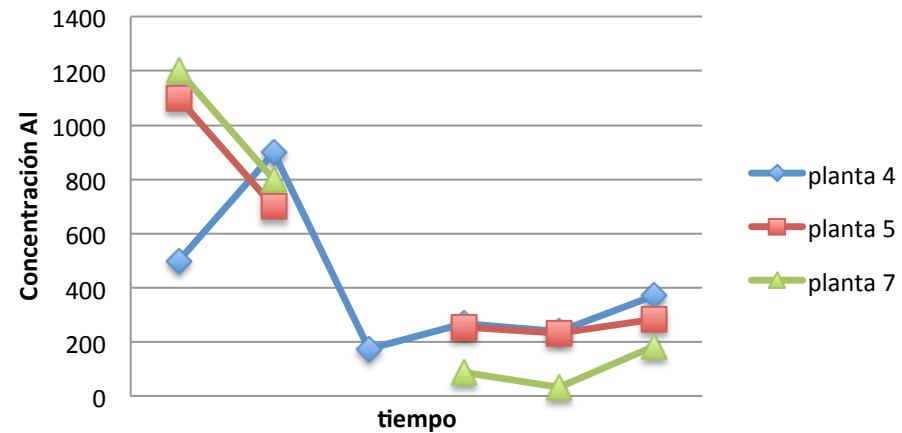


## JUNCO 20%

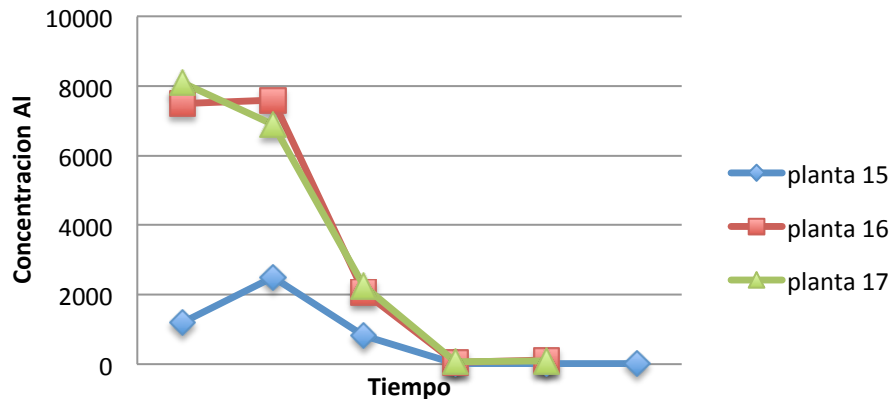


# Análisis temporal de cada especie para la remoción de Aluminio

## ENEA 70%

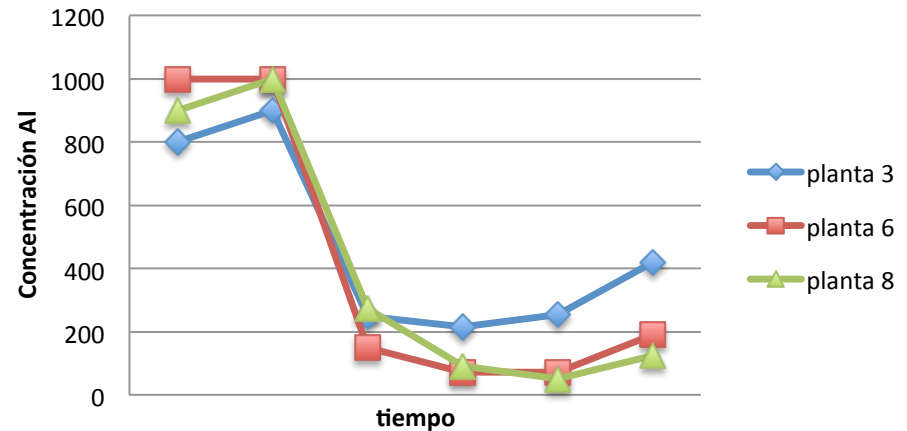


## ENEA 20%

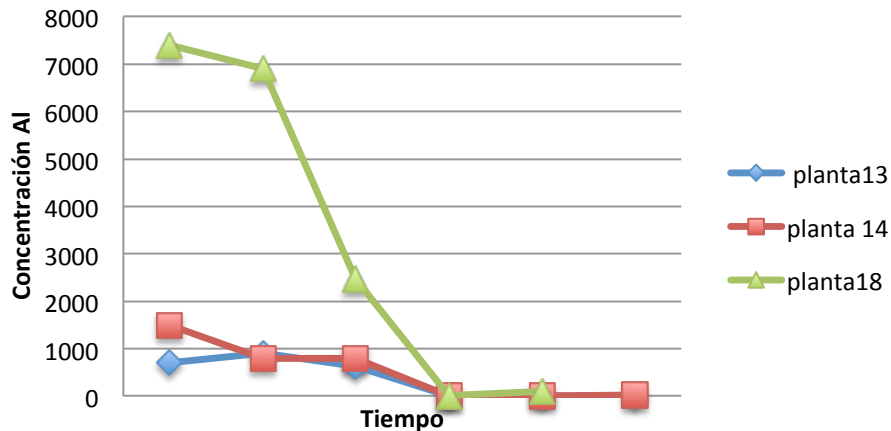


# Análisis temporal de cada especie para la remoción de Aluminio

## VETIVER 70%



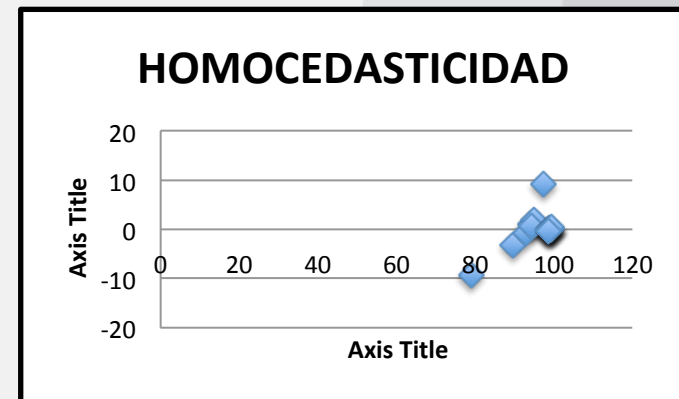
## VETIVER 20%



# Resultados y discusión

% REMOCION		PH
JUNCO		
70%		
1	93.9130435	PH 5
2	89.5714286	PH 5
9	94.8	PH 6
20%		
10	99.3571429	PH 6
11	99.3333333	PH 6
12	99.3333333	PH 6
Enea		
70%		
4	52	PH 5
5	78.9090909	PH 5
7	97.3333333	PH 6
20%		
15	98.625	PH 6
16	98.4333333	PH 2
17	98.9197531	PH 2
VETIVE		
70%		
3	68	PH 5
6	92.8	PH 5
8	94.2222222	PH 5
20%		
13	99	PH 6
14	99.4333333	PH 6
18	98.6148649	PH 2

ANOVA	SC	GL	MC	Fo	Ftablas	
plantas	14.7107603	2	7.35538014	0.39364826	4.10	
% dilucion	213.043178	1	213.043178	11.4017324	4.96	RELEVANT
Interaccion	21.5256244	2	10.7628122	0.57600861	4.10	
Error	186.851586	10	18.6851586			
Total	436.131149	15				



#### Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error<sup>a</sup>

Variable dependiente:  
Datos\_Normal\_Completo

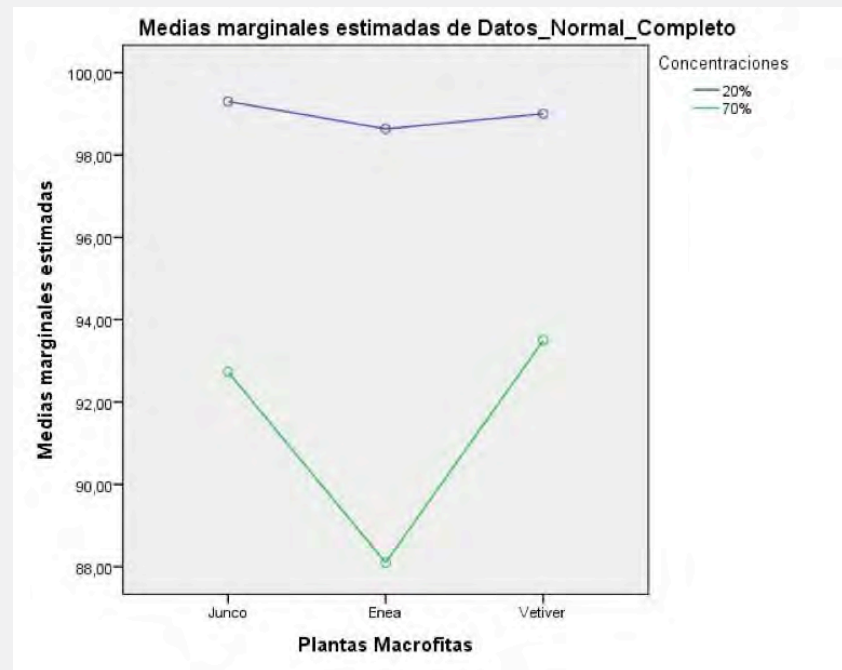
F	gl1	gl2	Sig.
119,774	5	10	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección + Dilucion + Plantas + Dilucion \* Plantas

# Resultados y discusión

Anova	SC	GL	MC	Fo	Ftablas	
Plantas	14.7107603	2	7.35538014	0.49898949	3.98	
PH	259.274326	2	129.637163	8.79459402	3.98	RELEVANTE
error	162.146063	11	14.7405512			
total	436.131149	15				



# Resultados y discusión

- La concentración de Al de 20% para las especies Vetiver y Junco mostraron las mejores eficiencias de remoción (99 % y 98 %) , lo que podría estar mostrando que las plantas pueden trabajar en mejores condiciones de adsorción.
- La máxima adsorción del metal durante el proceso de fitoremediación para todas las especies ocurrió en las primeras 24 horas, lo cual concuerda con los resultados descritos por Paris et al, 2005 en la remoción de plomo.
- Basado en el análisis concluimos que el pH del agua inicial es un factor relevante, en el desempeño del proceso.
- Trabaja con concentraciones de Aluminio al 70% se recomienda usar la especie Vetiver, que presentó mejor desempeño alcanzando remociones del 94%.
- Aunque los procesos de fitoremediación no son soluciones definitivas y completas, si son una alternativa económica para complementar la sinergia de distintas tecnologías.

# Trabajos futuros

- ¿ que se puede hacer con los lodos del proceso de descontaminación?
- ¿cuál es el pH optimo bajo el cual se puede llevar a cabo el proceso (2-6)?
- ¿cuál es la disposición final de las plantas?

# Agradecimientos

- *Al Centro Institucional de Investigación, Proyección y Desarrollo de la Universidad Católica de Manizales por el apoyo brindado y a los tutores del semillero, Profesores:*  
*Juan Sebastián Arcila Henao*  
*Oscar Fernando Herrera Adarme*  
*María Fernanda Ortiz Revelo*  
*Alejandro Rincón Santamaría*  
*Maria Nancy Marin Olaya*  
*Julio Estrada Jaramillo*



¡Muchas gracias!



Universidad  
Católica  
de Manizales

**UCM**  
.edu.co