

# 3ª FERIA AMBIENTAL

Centro para la Formación Cafetera - SENA Regional Caldas  
**4ª JORNADA TÉCNICA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
Universidad Católica de Manizales

En el marco de los 25 años del  
**Instituto de Estudios Ambientales IDEA**  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

**Alternativas ambientales sostenibles dentro del marco de la  
ecorregión del Paisaje Cultural/Cafetero**

Manizales - Colombia, 18, 19, 20 de octubre de 2016

SENA Regional Caldas  
Universidad Católica de Manizales  
Universidad Nacional de Colombia  
Universidad Autónoma de Manizales

Instituto de Estudios  
Ambientales - IDEA  
Sede Manizales



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA



Universidad  
Católica  
de Manizales



"Vigada Meducación"

Alcaldía de  
**Manizales**  
Más Oportunidades

Secretaría de  
Medio  
Ambiente



Centro de Investigación  
**BIOSAN**  
Biosistemas, Ingeniería Ambiental y Sostenibilidad  
Centro para la Formación Cafetera

**SENNOVA**  
Investigación Aplicada  
Centro para la Formación Cafetera



Centro para la  
**Formación Cafetera**  
SENA Regional Caldas

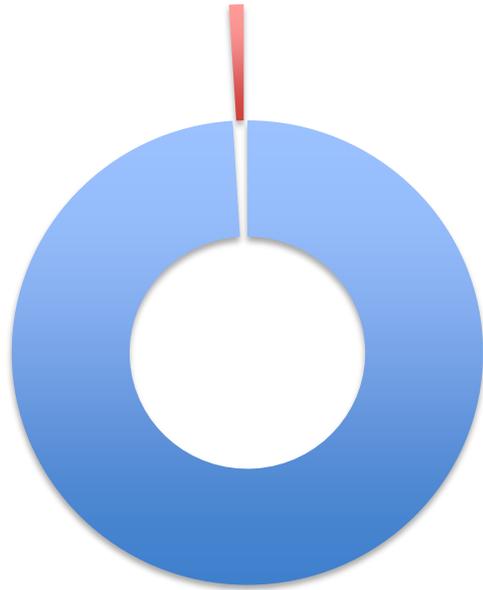
Centro de Pensamiento  
**Ambiental**



Siente tu ciudad, vive el empleo

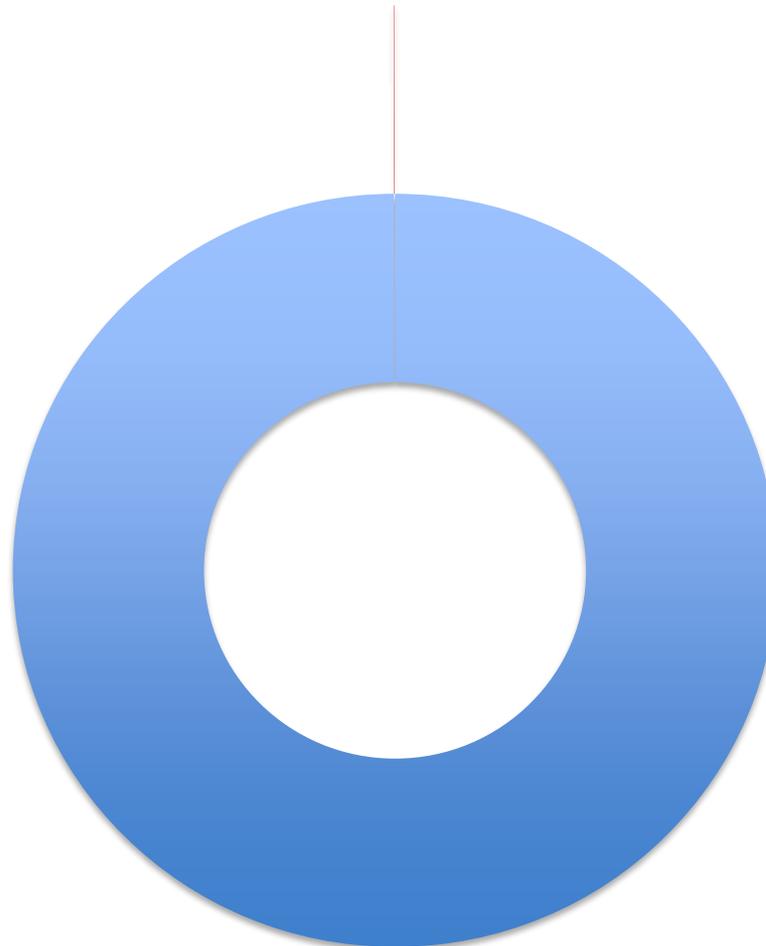


# Agua en el Planeta

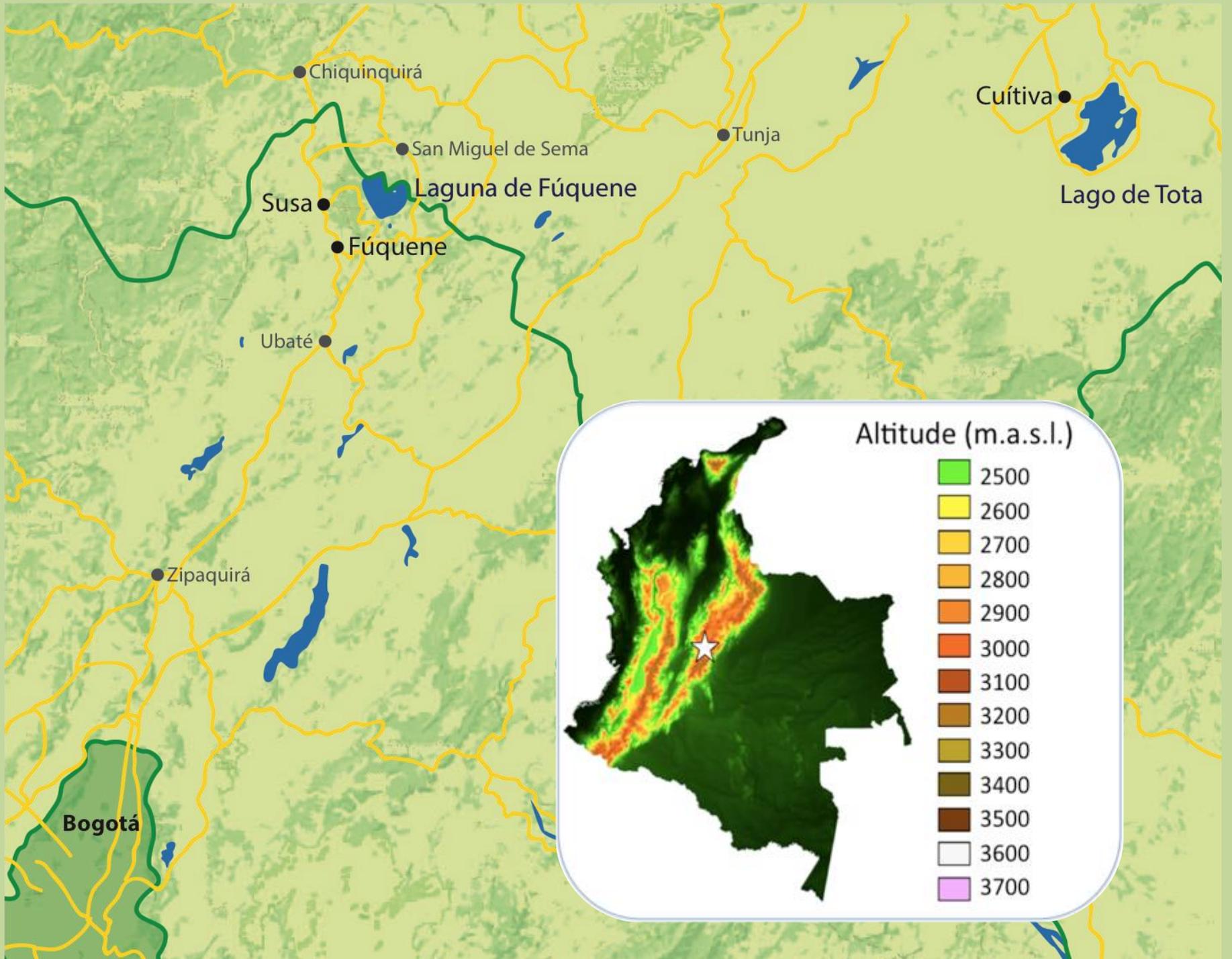


■ Agua Oceánica Subterránea y Atmosférica  
■ Agua Dulce Disponible

**¡La mayoría del agua dulce se almacena en lagos y humedales!**



■ Agua Oceánica Subterránea y Atmosférica  
■ Agua Dulce Disponible



A wide-angle landscape photograph of the Laguna de Fúquene. The foreground shows a grassy field leading to the calm, blue water of the lagoon. Several small, green, vegetated islands are scattered in the water. In the background, rolling hills covered in dense green forest rise under a sky with soft, white clouds. The overall scene is peaceful and scenic.

## LAGUNA DE FÚQUENE

- Área: 3.000Ha
- Altitud: 2.550m.s.n.m.
- Profundidad: 2,5m
- Área de Cuenca:1.752Km<sup>2</sup>

# LAGO DE TOTA

- Área lacustre: 5.500Ha
- Altitud: 3.015 m.s.n.m.
- Profundidad: 40m
- Área de Cuenca: 200Km<sup>2</sup>

# INTRODUCCIÓN A LA FITODEPURACIÓN

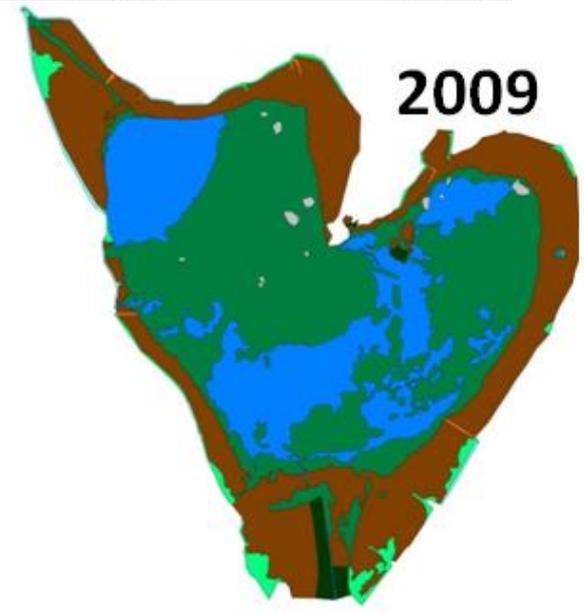
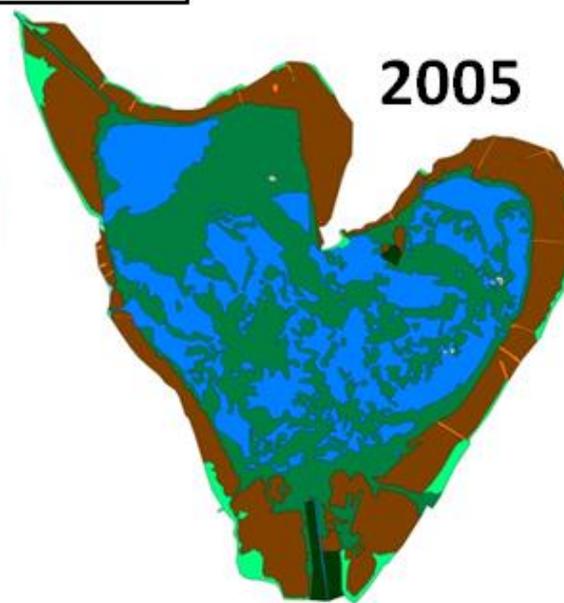
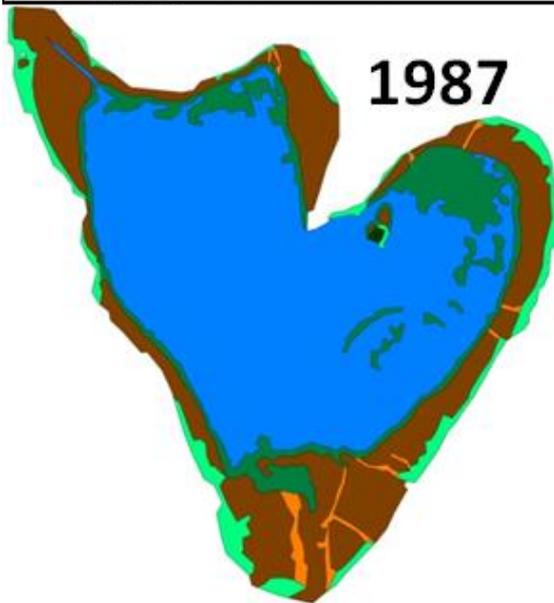
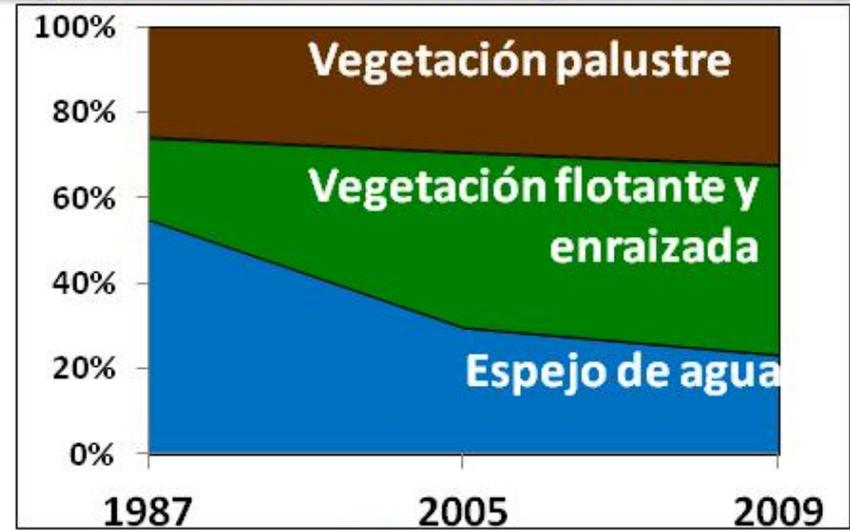
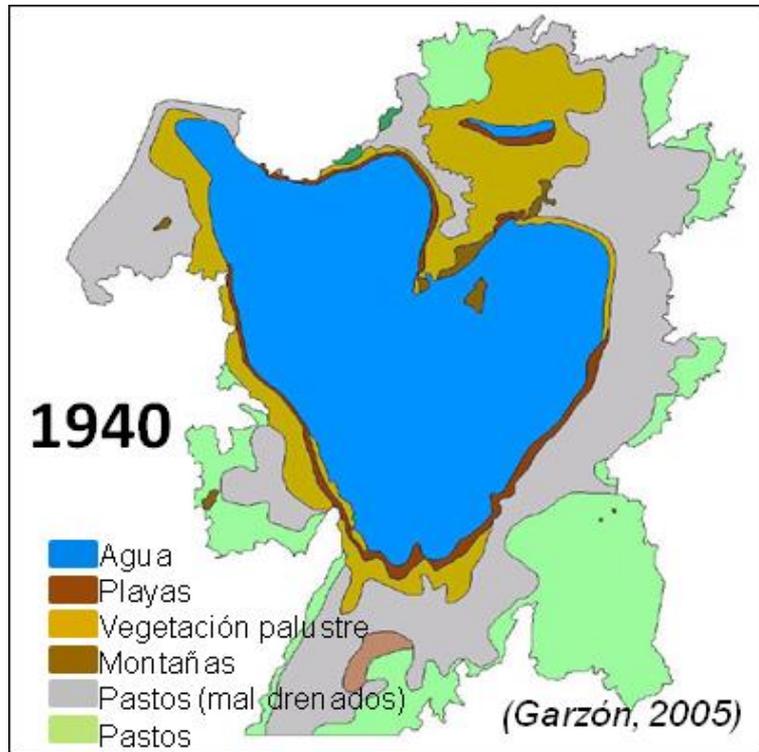
## Humedales Naturales

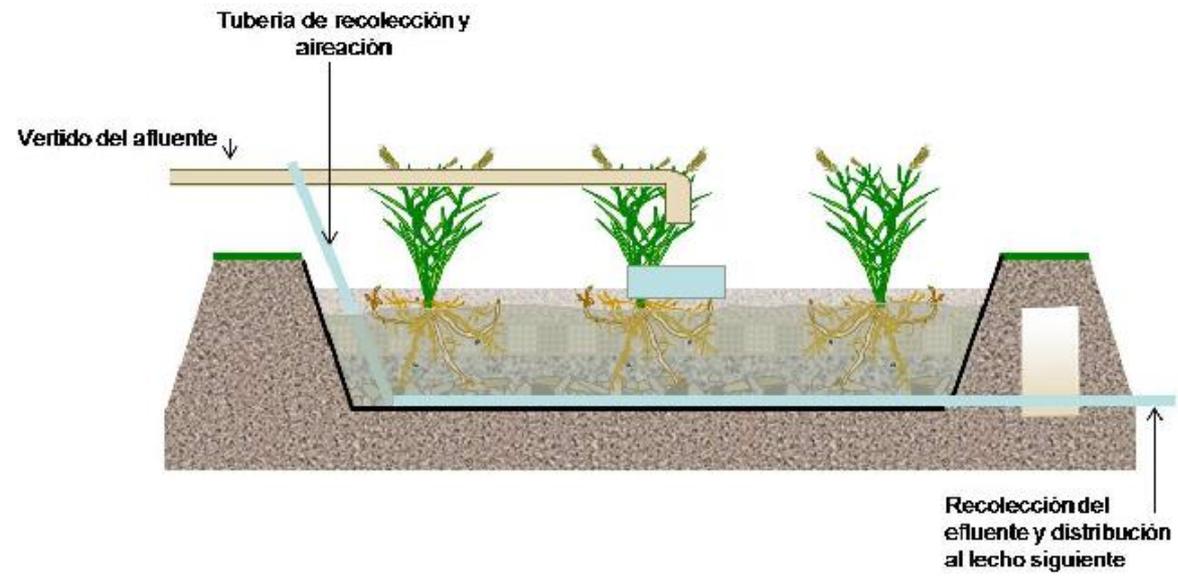
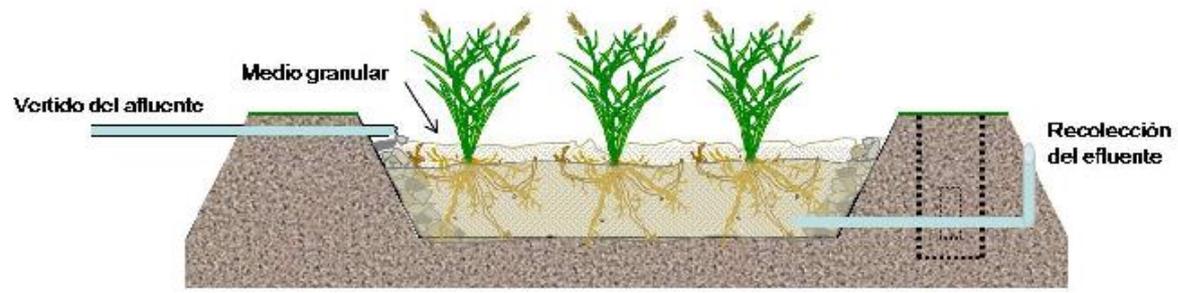
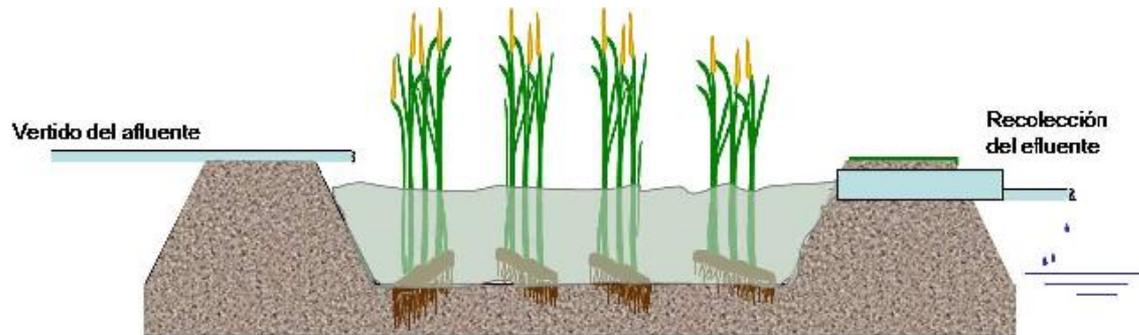
- Zonas deprimidas en las que se da algún tipo de almacenamiento hidráulico, ya sea asociado a flujo en lámina libre o en medio poroso.
- De gran importancia en el ciclaje de nutrientes y por tanto en la retención de material orgánico e inorgánico.
- Cruciales en la laminación de caudales y prevención natural de inundaciones.

## Humedales Artificiales

- Diseñados, contruidos y operados por el ser humano, aprovechando y potenciando sus atributos naturales para cumplir con funciones específicas.
  - Superficiales
  - Subsuperficiales Horizontales
  - Subsuperficiales Verticales
  - Almacenamiento
  - Cero Efluente

# Hábitats acuáticos: patrón espacial y rasgos funcionales de las especies (efectos sobre cantidad y calidad del agua)





A photograph of a stream with a green filter strip installed in the bank. The filter strip is a rectangular area of dense green vegetation, likely a cover crop, that has been planted in a trench dug into the soil. The stream flows through the center of the image, and the surrounding area is a mix of dirt and gravel. In the background, there are trees and a clear blue sky.

**Filtros Verdes: una estrategia  
sostenible para la  
recuperación de la calidad de**



# FILTROS VERDES

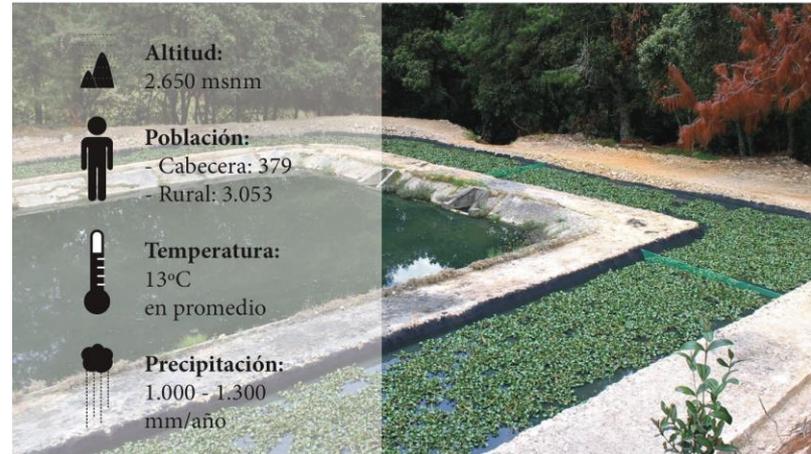
Sistema sostenible de tratamiento de aguas residuales



- ¿Qué son los filtros verdes?
- ¿Cómo funcionan los proyectos de filtros verdes?
- ¿Qué esperar de un sistema de filtros verdes?
- ¿Qué variables tener en cuenta?

## ¿Cuál fue el primer Filtro Verde?

La Fundación Humedales (Colombia) construyó un Filtro Verde Piloto en el municipio de San Miguel de Sema, ubicado en la cuenca de la laguna de Fúquene.



La laguna de Fúquene es de vital importancia para la región pero está en riesgo de desaparecer, en gran medida por recibir aguas residuales. En pro de su conservación, la Fundación Humedales construyó un filtro piloto financiado por las compañías Kärcher (Alemania), Sika (Suiza); auspiciado por el Global Nature Fund (GNF, Alemania) y con el apoyo técnico de la Fundación Global Nature (España).

Debido a los buenos resultados, la empresa Kärcher y el Ministerio Federal Alemán para la Cooperación y el Desarrollo (BMZ) decidieron apoyar una nueva fase de construcción de tres filtros verdes en Colombia, asistida por GNF. Así, se implementaron dos filtros más en la cuenca de la laguna de Fúquene, en los municipios de Fúquene y Susa (Cundinamarca), y uno en la cuenca del lago de Tota, en el municipio de Cuítiva (Boyacá).



Página web: [www.fundacionhumedales.org](http://www.fundacionhumedales.org)  
Correo: [filtrosverdes@fundacionhumedales.org](mailto:filtrosverdes@fundacionhumedales.org)  
Teléfono: 57-1-6169368

# ¿Cómo funciona?



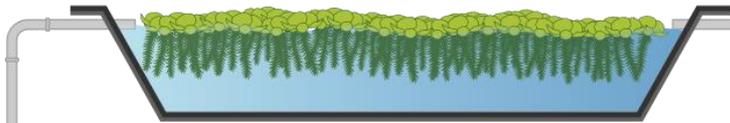
**PUEBLO:** producción de aguas residuales, domésticas y provenientes de las actividades agropecuarias.



**PRETRATAMIENTO:** disminuye la velocidad del flujo que llega del alcantarillado y hace una primera limpieza.

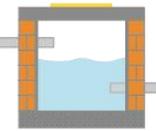


**TRATAMIENTO PRIMARIO:** retiene grasas y aceites y continúa la sedimentación.



**TRATAMIENTO SECUNDARIO:** compuesto por unos canales largos, angostos y poco profundos.

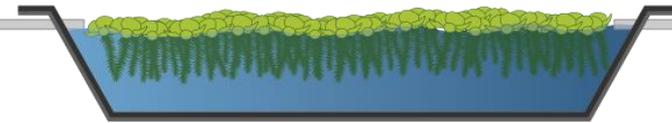
Eliminación entre 80% y 90% del material orgánico, y entre el 60 y el 70% de nutrientes.



**CAJA DE INSPECCIÓN:** revisión y muestras.

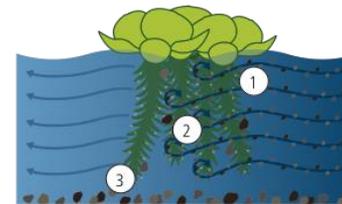


**CUERPO DE AGUA RECEPTOR:** quebradas, ríos, lagunas o estructuras de almacenamiento.



Los canales se llenan de aguas residuales y en ellos se siembran un tipo de plantas acuáticas, llamadas macrófitas (buchón, eneas, etc.).

¿QUÉ HACEN LAS MACRÓFITAS?



- 1 El agua entra en contacto con las raíces de las plantas y las bacterias que crecen en ellas.
- 2 Las bacterias convierten el material orgánico en nutrientes que son absorbidos por las plantas, haciéndolas crecer.
- 3 El material grueso y pesado choca con las raíces quedando atrapado, o cae en el fondo del canal donde se degrada.

# ¿Cuáles son las ventajas?



Implementación y construcción sencilla.



Alta vinculación de la comunidad con el proyecto.



Bajo impacto ambiental.



Bajo costo.



No produce malos olores.



Reutilización de las plantas (abono, artesanías, etc.).



No requiere energía eléctrica.



No está asociado con vectores de enfermedades.



Atrae especies asociadas a los humedales naturales.



Bajo consumo de aditivos.



La misma comunidad es la que se beneficia.



Valor estético, se integra en el paisaje.

# FILTROS VERDES (FUNCIONAMIENTO)

## Plantas (Macrófitas)

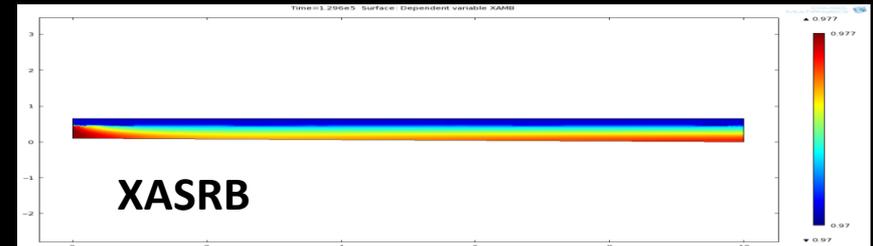
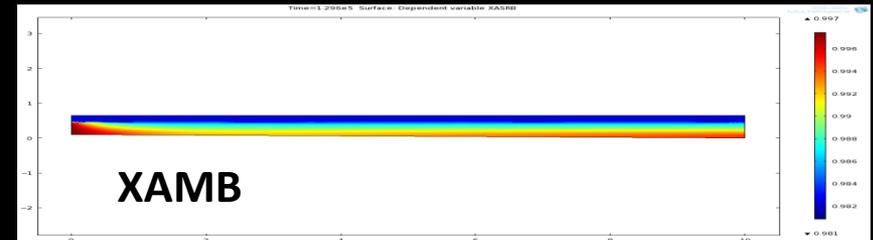
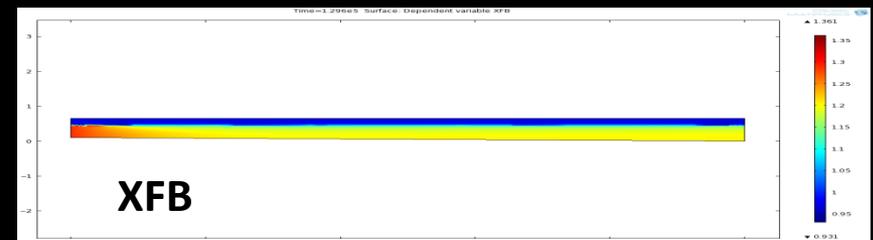
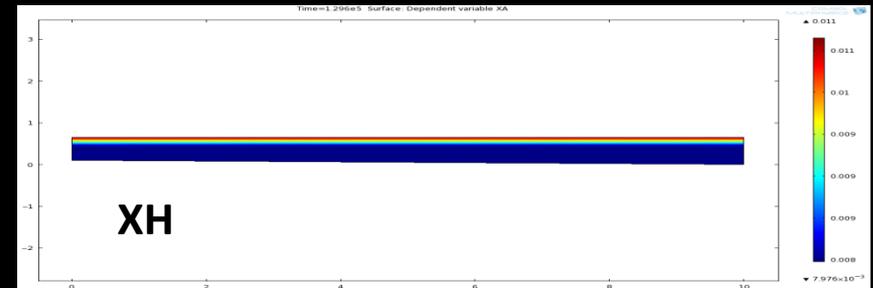
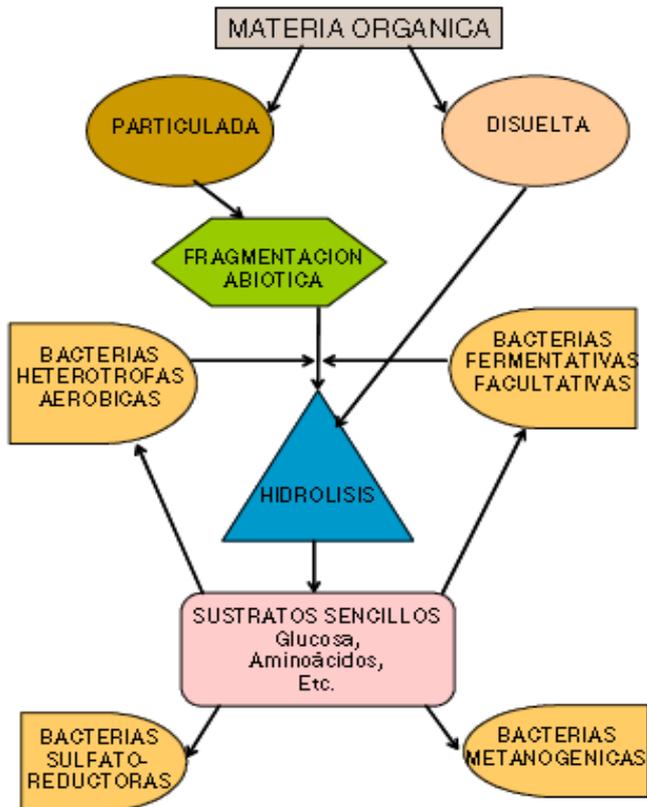


Fotografía: Martin Stollberg

# FILTROS VERDES (FUNCIONAMIENTO)

## Actividad Bacteriana

## Material Orgánico



# MINERÍA E INDUSTRIA

## Dinámica de la Pirita



¡DISOLUCIÓN DE METALES PESADOS!

## Macrófitas Acuáticas

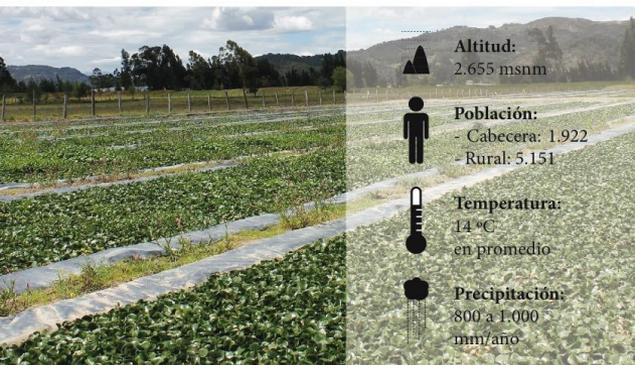
- Con la capacidad de bioacumular metales pesados, sin alterar su desarrollo, son usadas para tratar efluentes industriales, con altos rendimientos de remoción.



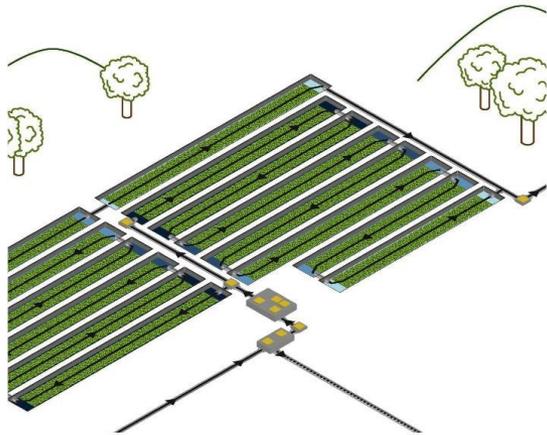
Cr, Cd, As, Pb, Ni, Co, etc.

## Filtro Verde Susa

Susa es un municipio de Cundinamarca ubicado en la Provincia de Ubaté a 100 km de Bogotá D.C. Se encuentra en la cuenca de los ríos Ubaté y Suarez, a la cual pertenece la laguna de Fúquene.

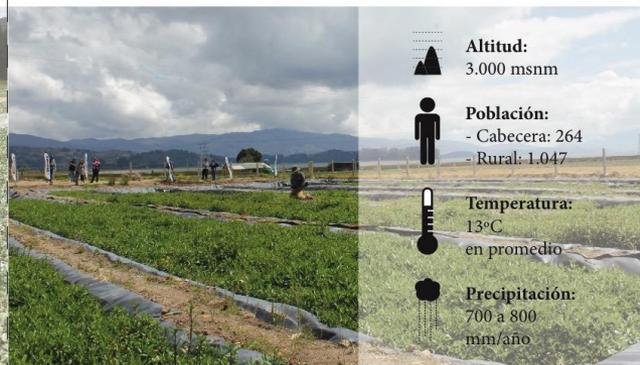


En junio del 2015 se entregó a la Alcaldía y a la comunidad. 1000 habitantes de los 1922 de la cabecera municipal se han beneficiado con este filtro.

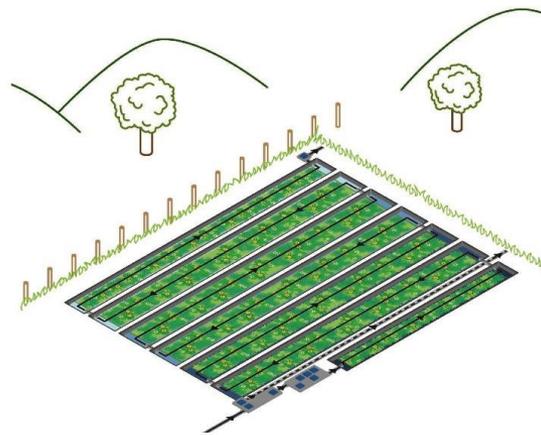


## Filtro Verde Cuítiva

Cuítiva es un municipio de Boyacá, un territorio privilegiado ubicado en la cuenca del lago de Tota, el más grande de Colombia. Tota provee agua y alimentos al pueblo además de ser un atractivo turístico.



Este filtro se entregó en febrero del 2016 a la Alcaldía y a la comunidad. La totalidad de los residentes (250 habitantes) del sector Llano de Alarcón, ubicado en zona rural del municipio, se han beneficiado.

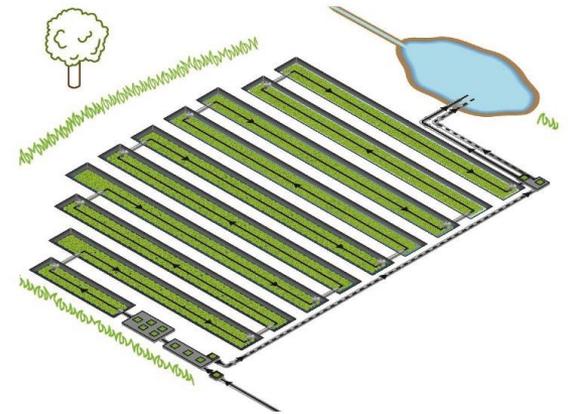


## Filtro Verde Fúquene

Fúquene es un municipio de Cundinamarca que comparte su nombre con la laguna donde termina el río Ubaté y nace el río Suarez. La laguna de Fúquene es el hogar de la Fundación Humedales.



En octubre del 2016 se entregó a la Alcaldía y a la comunidad. Los 245 habitantes de la cabecera municipal de Fúquene se han beneficiado. Sin embargo, el filtro fue diseñado para 380 habitantes previendo el crecimiento poblacional.

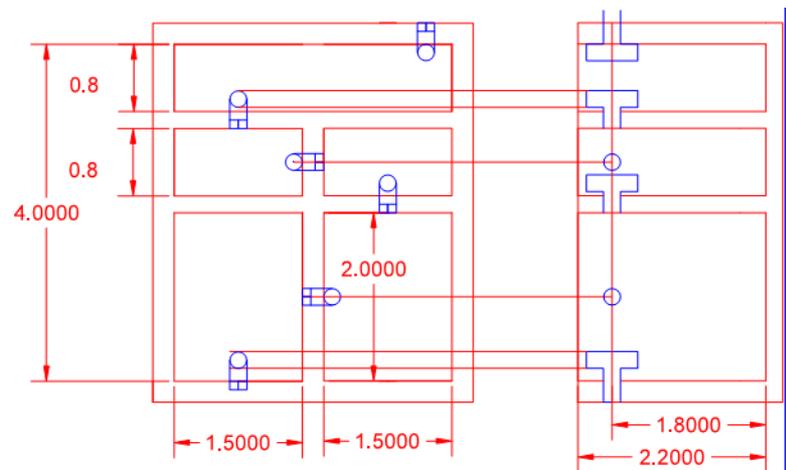
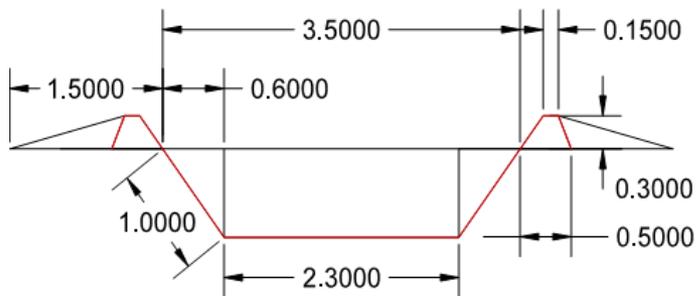
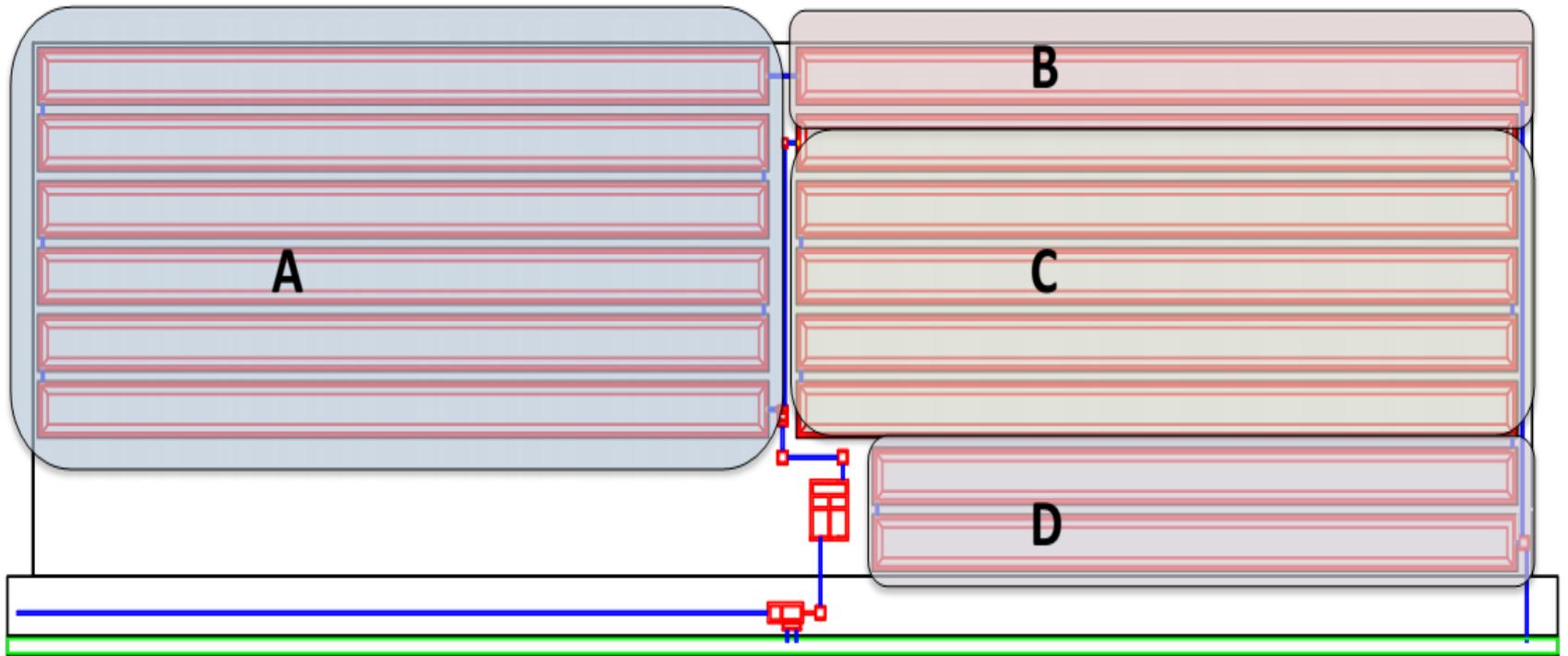


Página web: [www.fundacionhumedales.org](http://www.fundacionhumedales.org)  
Correo: [filtrosverdes@fundacionhumedales.org](mailto:filtrosverdes@fundacionhumedales.org)  
Teléfono: 57-1-6169368

# ¿CÓMO FUNCIONAN?

- Ubicación y análisis de viabilidad (*¿Hay suficiente espacio disponible?)*
- Diseño (pretratamiento, tratamiento primario y secundario)
- Construcción
- Talleres (para técnicos)
- Evaluación de desempeño (análisis de calidad de agua)
- **Alcanzar Sostenibilidad a LARGO PLAZO**









# DATOS REALES ANALIZADOS POR ANALQUIM LTDA. (BOGOTÁ) Y ANALIZAR LTDA. (DUITAMA)

SUSA Parámetros	Promedio			Desv Est			Carga Contaminante (Ton/Año)		
	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	Eliminada
DBO (mg/L)	382,2	25,6	93,0	66,4	7,4	2,5	10,8	0,7	10,1
DQO (mg/L)	491,8	122,6	74,9	100,0	28,4	4,5	14,0	3,5	10,5
ST (mg/L)	888,0	466,4	47,9	134,4	114,5	6,6	25,2	13,2	12,0
G&A (mg/L)	71,4	11,2	84,5	10,5	6,1	7,2	2,0	0,3	1,7
Nitrógeno Total (mg/L)	83,5	38,4	54,1	13,9	13,2	11,4	2,4	1,1	1,3
Fósforo Total (mg/L)	17,3	9,6	44,8	2,0	2,1	8,6	0,5	0,3	0,2
Coliformes Totales (UFC/100ml)	5,95E+07	8,26E+05	98,0	3,68E+07	6,84E+05	1,6	-----	-----	-----
E. Coli (UFC/100ml)	4,75E+07	9,54E+04	98,9	4,38E+07	6,58E+04	1,5	-----	-----	-----
CUÍTIVA Parámetros	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	Eliminada
DBO (mg/L)	124,8	19,0	77,1	56,1	11,7	23,2	0,39	0,04	0,35
DQO (mg/L)	285,6	84,4	67,3	108,0	41,4	18,0	0,90	0,19	0,71
ST (mg/L)	605,4	407,0	29,6	171,4	86,6	13,8	1,91	0,90	1,01
G&A (mg/L)	9,5	1,2	91,8	5,2	2,4	16,4	0,03	0,00	0,03
Nitrógeno Total (mg/L)	65,7	31,9	47,6	27,0	11,0	12,5	0,21	0,07	0,14
Fósforo Total (mg/L)	7,3	5,2	25,1	1,9	0,8	15,4	0,02	0,01	0,01
Coliformes Totales (UFC/100ml)	7,02E+08	1,99E+06	99,1	1,05E+09	1,13E+06	0,4	-----	-----	-----
E. Coli (UFC/100ml)	1,70E+08	8,56E+05	98,4	1,68E+08	6,49E+05	1,8	-----	-----	-----

**PROYECCIONES**



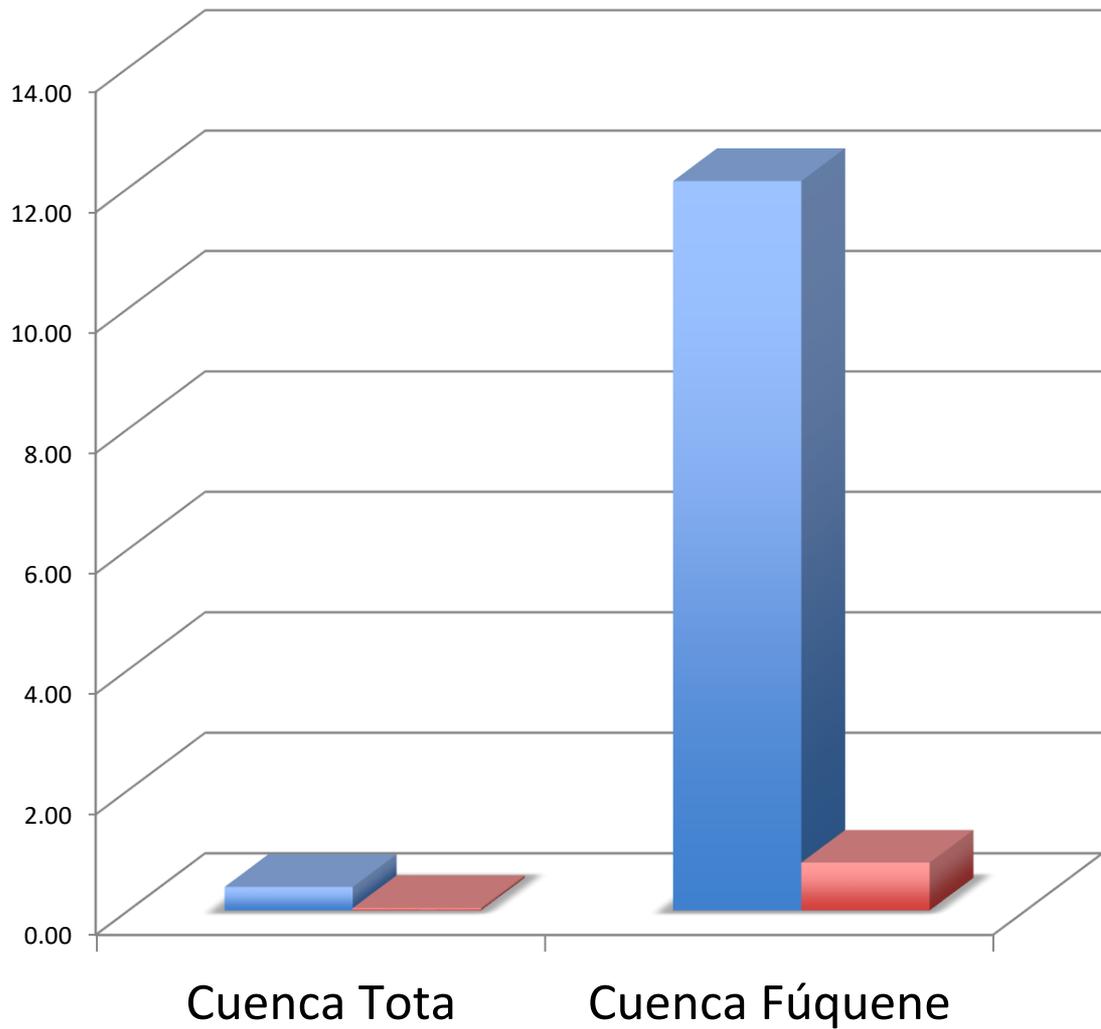
FÚQUENE Parámetros	DATOS			Carga Contaminante (Ton/Año)		
	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	Eliminada
DBO (mg/L)	400,0	20,0	95,0	10,1	0,5	9,6
DQO (mg/L)	500,0	100,0	80,0	12,6	2,5	10,1
ST (mg/L)	900,0	400,0	55,6	22,7	10,1	12,6
G&A (mg/L)	70,0	11,0	84,3	1,8	0,3	1,5
Nitrógeno Total (mg/L)	85,0	40,0	52,9	2,1	1,0	1,1
Fósforo Total (mg/L)	17,0	10,0	41,2	0,4	0,3	0,2
Coliformes Totales (UFC/100ml)	6,05E+07	8,06E+05	98,7	-----	-----	-----
E. Coli (UFC/100ml)	5,05E+07	9,04E+04	99,8	-----	-----	-----

PARÁMETRO	Carga Contaminante (Ton/Año)			
	San Miguel	Susa	Fúquene	TOTAL
DBO (mg/L)	14,33	10,12	1,20	25,65
DQO (mg/L)	17,16	10,48	1,26	28,90
ST (mg/L)	7,12	11,97	1,58	20,66
G&A (mg/L)	3,99	1,71	0,19	5,89
Nitrógeno Total (mg/L)	0,85	1,28	0,14	2,28
Fósforo Total (mg/L)	0,13	0,22	0,02	0,37

SAN MIGUEL DE SEMA Parámetros	Entrada	Salida	% Remoción	Entrada	Salida	Eliminada
	DBO (mg/L)	672,0	104,0	84,5	17,0	2,6
DQO (mg/L)	874,0	194,0	77,8	22,0	4,9	17,2
SST (mg/L)	316,0	33,9	89,3	8,0	0,9	7,1
G&A (mg/L)	169,0	10,8	93,6	4,3	0,3	4,0
Nitrógeno Total (mg/L)	65,7	31,9	51,5	1,7	0,8	0,9
Fósforo Total (mg/L)	14,9	9,7	34,9	0,4	0,2	0,1
Coliformes Totales (UFC/100ml)	2,00E+08	1,00E+07	95,0	-----	-----	-----
E. Coli (UFC/100ml)	5,50E+07	6,60E+06	88,0	-----	-----	-----

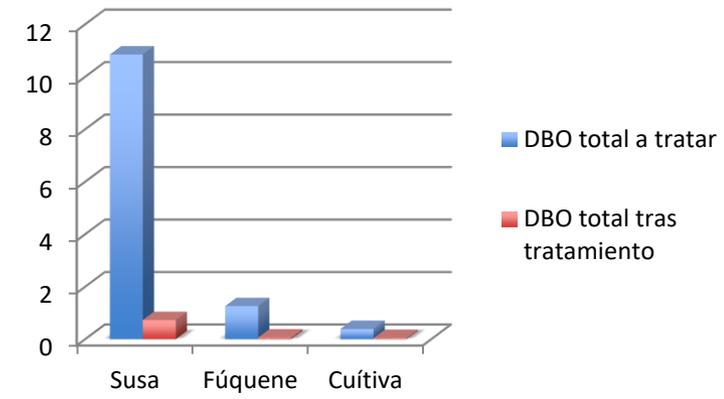
**DATOS GENERALES DE LA INFRAESTRUCTURA INSTALADA**

Municipio	Fuente Receptora	Cuenca	Macro-cuenca	Caudal de agua residual (L/seg)	Población Asociada (Hab)	Área del predio utilizado (m <sup>2</sup> )	Longitud de canales (m)	Número de canales	HRT (Días)
Susa	R. Susa	Ubaté-Suarez	Magdalena	2,70	1000	6000	971	14	11
Fúquene	Q. Monguí	Ubaté-Suarez	Magdalena	1,00	380	2000	353	10	12
San Miguel	Q. Santa Ana	Ubaté-Suarez	Magdalena	0,80	400	800	145	1	7
Cuítiva	Q. El Salitre	Upía	Orinoco	0,80	250	1400	255	7	11



■ DBO total a tratar

■ DBO total tras tratamiento



■ DBO total a tratar

■ DBO total tras tratamiento



BOTONCILLO - *Bidens laevis* (Asteraceae)



CANDELABRO –  
*Myriophyllum aquaticum* (Haloragaceae)



SOMBRILLA DE AGUA –  
*Hydrocotyle ranunculoides* (Araliaceae)



BUCHÓN –  
*Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae)



ZONA MEDIA

ZONA FINAL



Caballito del diablo - Coenagrionidae



Serpiente tierrera – *Atractus crassicaudatus*



Rana sabanera – *Dendropsophus labialis*



Andarríos solitario – *Tringa solitaria*

Orden	Familia	Especie	Cuitiva		Susa		Grupo trófico
			Medio	Final	Medio	Final	
Basommathophora	Physidae	aff. <i>Physa</i> sp	x	x	x		Colector - Raspador
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Celina</i> sp	x				Depredador
		<i>Copelatus</i> sp				x	Depredador
		<i>Neoporus</i> sp			x		Depredador
		<i>Thermonectus</i> sp	x	x	x		Depredador
		Hydrophilidae	<i>Tropisternus</i> sp	x	x	x	
	Scirtidae	<i>Scirtes</i> sp			x		Colector - Fragmentador
Diptera	Chironomidae	Chironomiinae ND sp1	x	x	x	x	Colector - Raspador
		Orthocladiinae ND sp1	x		x	x	Detritívoro
	Culicidae	<i>Culex</i> sp			x	x	Colector - Filtrador
	Ephydriidae	<i>Ephydra</i> sp			x	x	Colector - Detritívoro
	Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i> sp			x		Colector
	Syrphidae	Syrphidae ND sp1	x	x	x	x	Colector
	Tabanidae	<i>Chrysops</i> sp			x	x	Depredador
	Tipulidae	cf <i>Limonia</i> sp	x	x	x		Detritívoro
Hemiptera	Notonectidae	<i>Notonecta</i> sp		x	x	x	Depredador
	Veliidae	cf <i>Microvelia</i> sp				x	Depredador
Lepidoptera	Noctuidae	Noctuidae ND sp1				x	Herbívoro
Odonata	Aeshnidae	<i>Rhionaeschna</i> sp	x	x	x	x	Depredador
	Coenagrionidae	<i>Acantagrion</i> sp	x				Depredador
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella</i> sp	x	x			Colector - Raspador
Isopoda	Isopoda	Isopoda ND sp1				x	Colector - Fragmentador







# ¿Variables a tener en cuenta?

1. Control de vectores
  - (*Bacillus thuringiensis*)
2. Desempeño
  - (evitar sobrecargas orgánicas e hidráulicas )
3. Vegetación
  - (Local-Endemica)
4. Mantenimiento
  - (estricto y permanente)

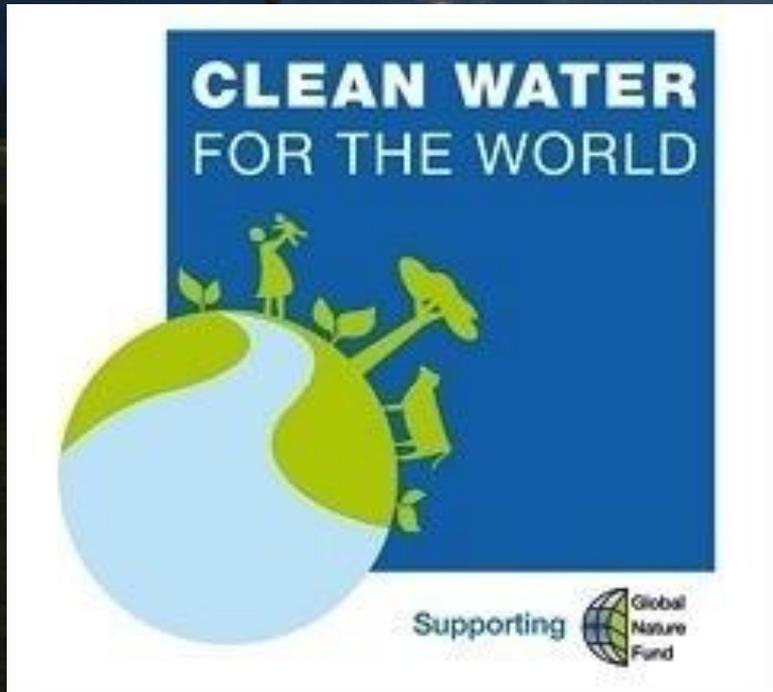


# Variables a tener en cuenta

- Coniecha de  $\frac{1}{3}$  de la biomasa acumulada cada mes.
- Remoción de grasas acumuladas en estructuras de tratamiento primario.
- Limpieza semanal de cribado y aliviadero.
- Recolección bianual de lodos en primer canal y unidades de tratamiento primario.

# Líneas de Investigación

- Especies vegetales según cota altitudinal y oferta natural.
- Evaluación de eliminación de metales pesados y tolerancia de las especies vegetales.
- Tratamiento de efluentes industriales.
- Desarrollo de líneas para el manejo de biomasa y de lodos.





Contacto:  
Felipe Valderrama Escallón  
[filtrosverdes@fundacionhumedales.org](mailto:filtrosverdes@fundacionhumedales.org)  
[www.fundacionhumedales.org](http://www.fundacionhumedales.org)