

## Desafíos para la implementación de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas y remediación ambiental factible de ser usadas en comunidades rurales

**Dra. Gladys Vidal**  
 Directora CRHIAM

[www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl)

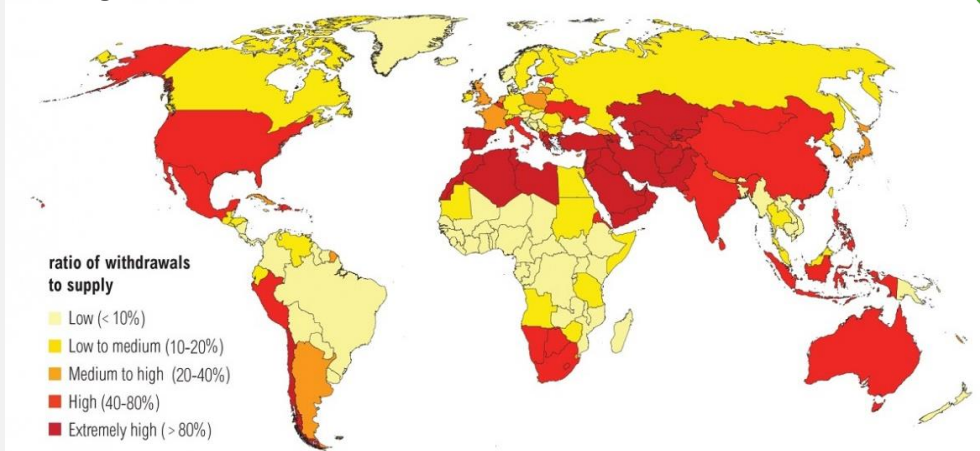
Vía zoom, 16 de noviembre de 2023



1



### Escasez del Agua en el año 2040



**En 2025, cerca de 2000 millones de personas vivirán en países o en regiones donde la escasez de agua será absoluta.**



**263 millones de personas dedican más de 30 minutos al día en ir a buscar agua.**

2



## SUSTENTABILIDAD Y SEGURIDAD HÍDRICA

### Seguridad hídrica

“Capacidad de una población para resguardar el **acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable** para el sustento, bienestar y **desarrollo socioeconómico sostenibles**; para asegurar la protección contra la **contaminación** transmitida por el agua y los **desastres** relacionados con ella, y para **preservar los ecosistemas**, en un clima de paz y estabilidad política” (ONU-Agua, 2013).

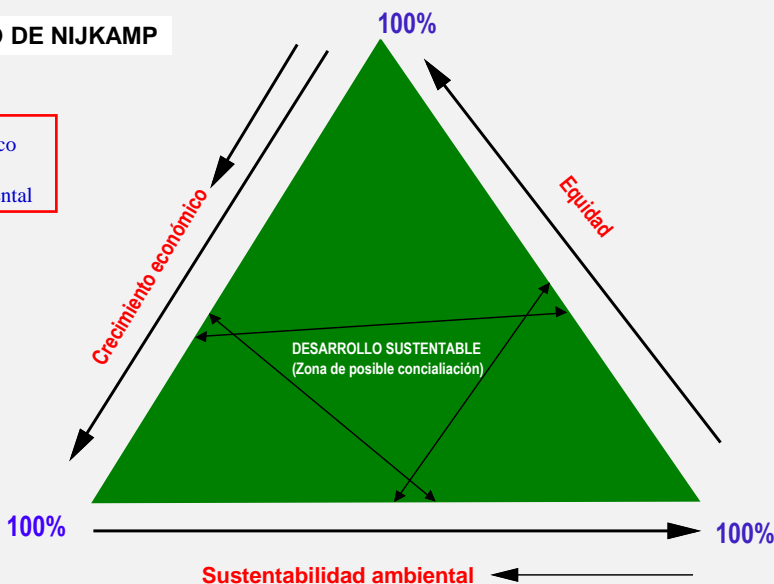
3

#### REPRESENTACION GRAFICA DE LOS OBJETIVOS DE CRECIMIENTO ECONOMICO, EQUIDAD Y SUSTENTABILIDAD

##### TRIANGULO DE NIJKAMP

Desarrollo Sostenible = f {  
Crecimiento económico  
Equidad  
Sustentabilidad ambiental

“**La sustentabilidad** es un proceso (no un estado) que hace referencia a una forma de desarrollo en la que se busca el bienestar humano, sin dañar el **equilibrio del ambiente** y sus **recursos naturales**”.

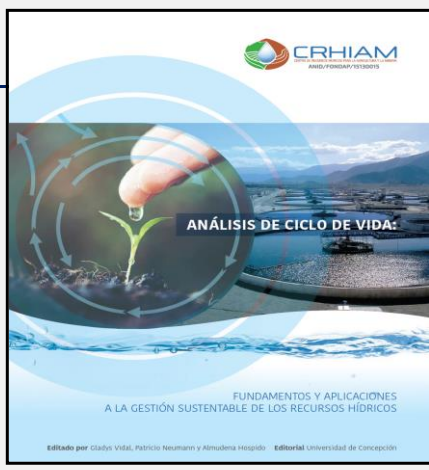


4

## La sostenibilidad y la estructura de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)



- 17 ODS con sus 169 metas y 231 indicadores, los Estados miembros de Naciones Unidas han expresado firmemente que esta agenda es universal y profundamente transformadora.

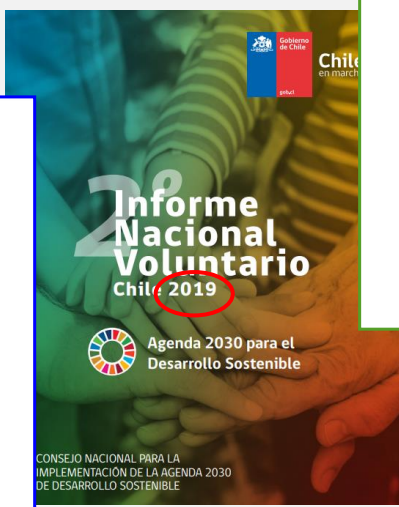


“Análisis de ciclo de vida: Fundamentos y aplicaciones para la gestión sustentable de los recursos hídricos”. 2021. Editores: G. Vidal, P. Neumann y A. Hospido. Ediciones Universidad de Concepción. ISBN 978-956-227-481-4. 130 p.

Texto completo en [www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl) (Abril 2022)

## Informes nacionales voluntarios sobre sostenibilidad

- Chile es país miembro de la Organización de Naciones Unidas (ONU)
- Chile se comprometió a cumplir un plan ambicioso de los 17 ODS
- Entre los ODS más importante: superar la pobreza, garantizar la vida saludable, promover el bienestar de las personas, ampliar el acceso a educación inclusiva, equitativa y de calidad, asegurar a una energía asequible, segura, sostenible y moderna





7

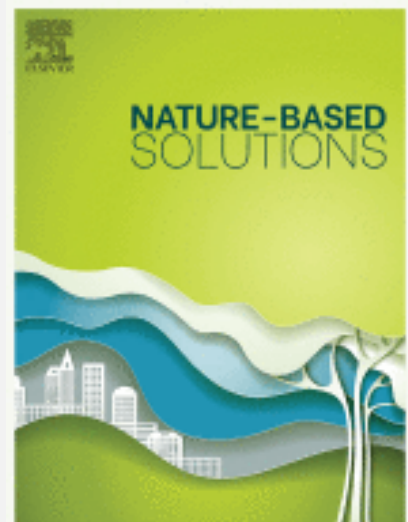
## Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) representan un enfoque holístico para adaptación y construcción de resiliencia de sistemas socio-ecológicos-tecnológicos con la misma confianza en los pilares social, ambiental y económico.

El aprovechamiento de la naturaleza y los procesos naturales a través de la implementación de SbN puede fortalecer la capacidad de un sistema para hacer frente a múltiples desafíos interconectados.

Las soluciones basadas en la naturaleza pueden proporcionar soluciones funcionales a desafíos sociales críticos mediante la entrega de múltiples beneficios primarios y co-beneficios a través de la provisión de servicios ecosistémicos.

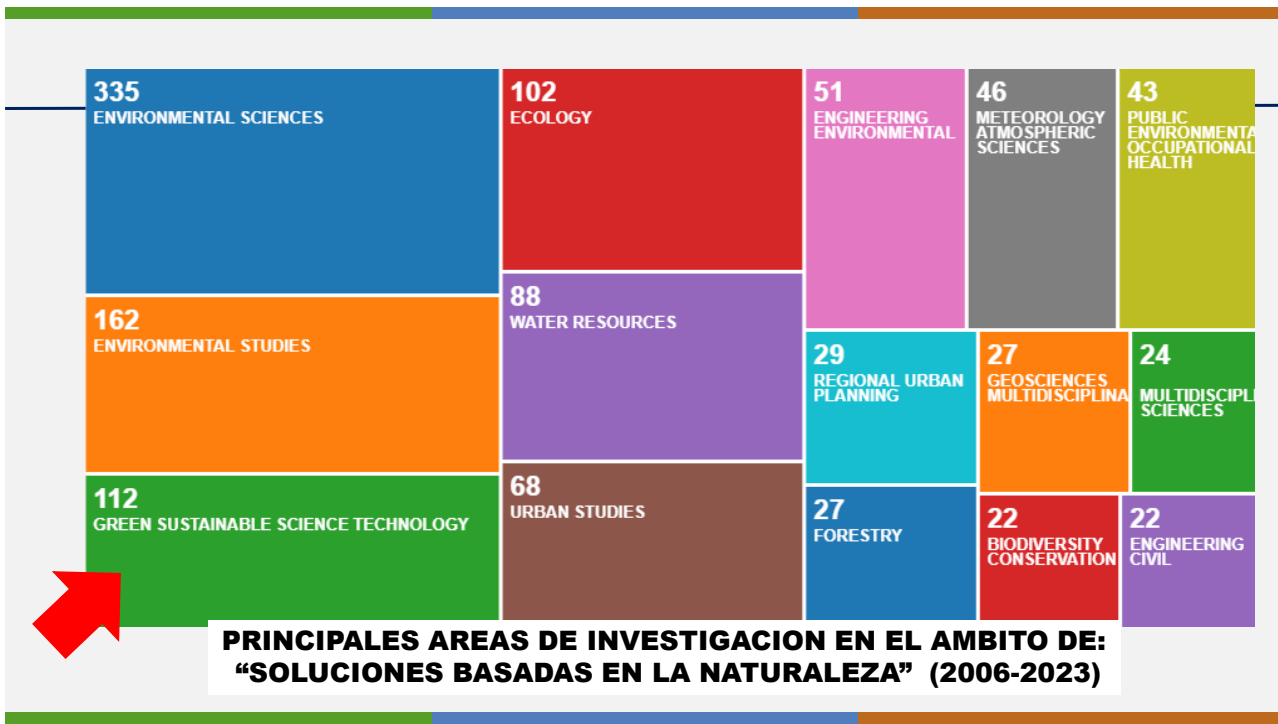
En la actualidad, los principales desafíos sociales identificados abordados por las SbN incluyen resiliencia climática del agua (tanto adaptación como mitigación).



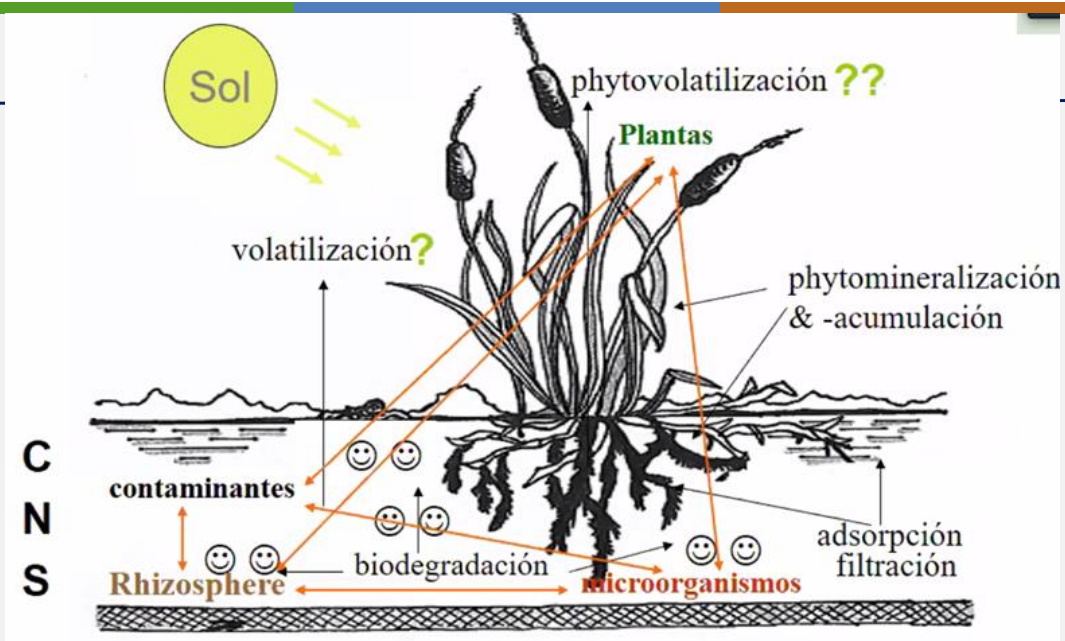
8



9



10



## Las plantas y sus interacciones

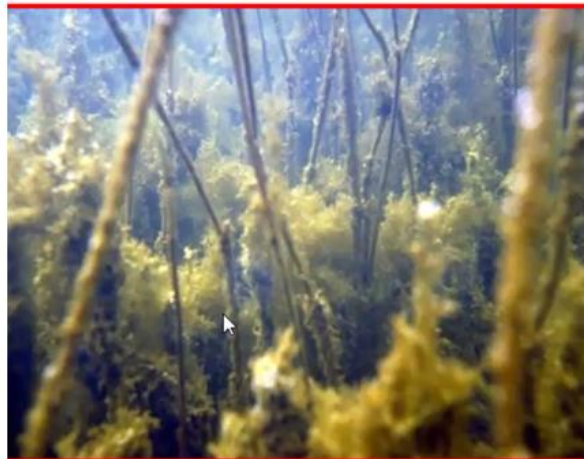
11

### Efectos físicos:



Figures borrowed from Hans Brix and Carlos Arias

Las plantas y sus raíces ofrecen un área superficial muy grande para crecimiento microbial



Posibilidad de l  
ocurrencia  
de los  
Ciclos  
Biogeoquímico

Carbon  
Nitrógeno  
Azufre

12

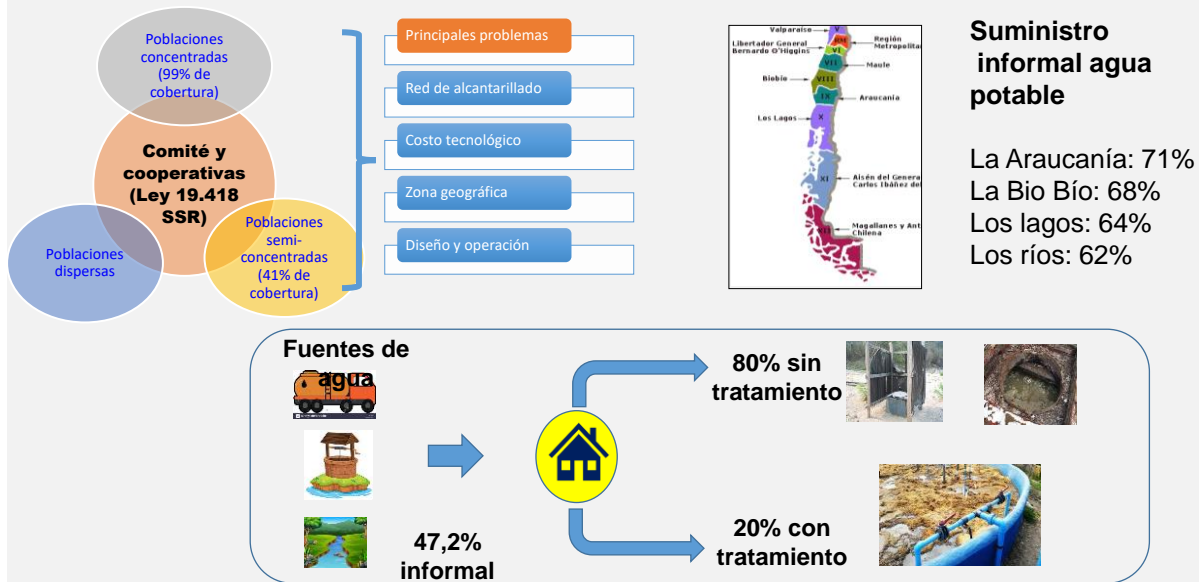


“Soluciones basada en la naturaleza para la descontaminación de descargas puntuales y difusa”. 2020. Editores: G. Vidal, G., Gómez y M. C. Diez. Ediciones Universidad de Concepción ISBN 978-956-227-465-4 y Registro de Propiedad Intelectual N° 2020-A-7572 año 2020. 131 p.

[www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl)

13

## PROBLACIONES RURALES



14


**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE**


15

## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS SERVIDAS



Material flotante: **GRASAS Y ACEITES**

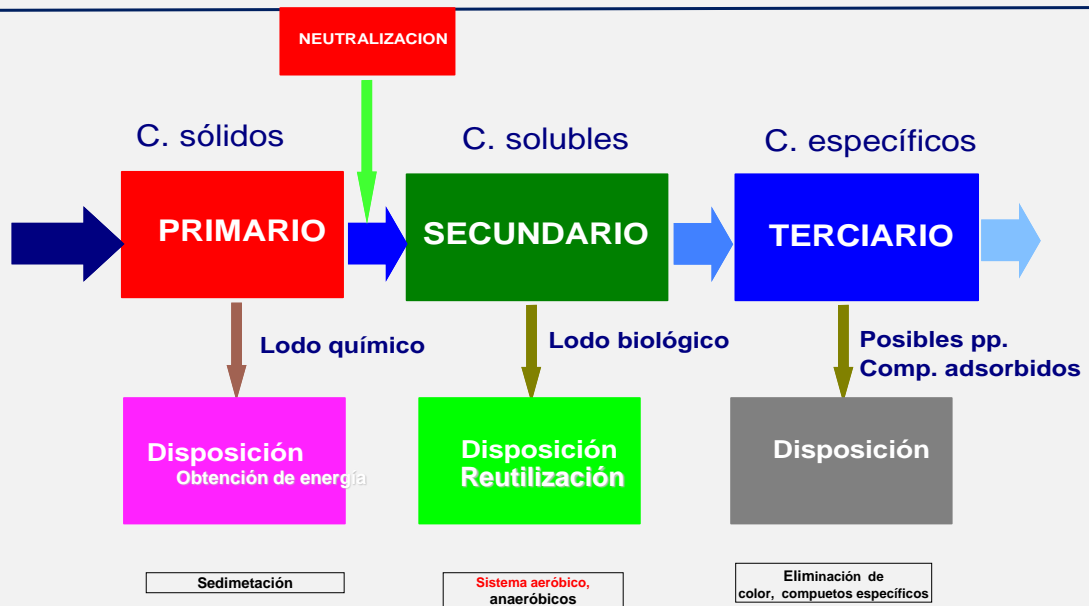
Materia coloidal y disuelta: **MATERIA ORGANICA, NUTRIENTES, PATOGENOS, MICROCONTAMINANTES**

Material sedimentable: **ARENA**

16



## CLASIFICACION DE TRATAMIENTO



17

## CLASIFICACION DE TRATAMIENTO

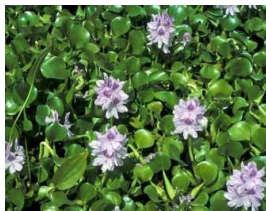


18

## TIPOS DE MACROFITAS

### Emergentes

*Typha latifolia*  
*Typha angustifolia*  
*Typha domingensis*  
*Phragmites australis*  
*Scirpus lacustris*  
*Scirpus holoschoenus*  
*Scirpus validus*



### Flotantes

*Eichhornia crassipes*  
*Lemna minor*

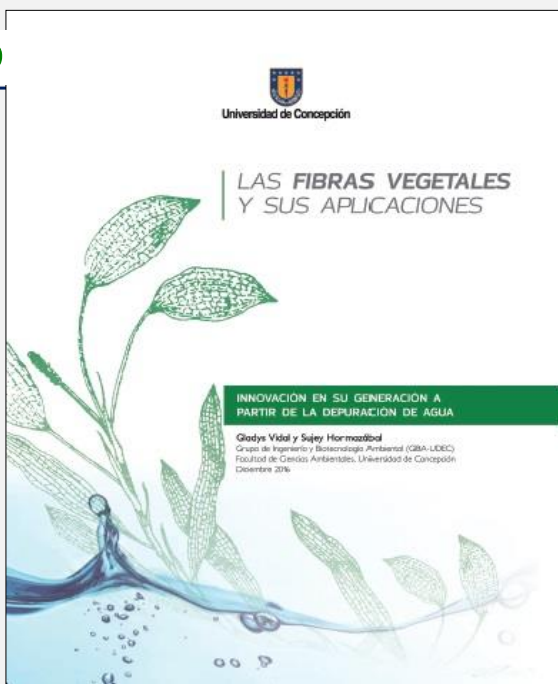


### Sumergidas

*Ceratophyllum demersum*



## LIBRO



**Universidad de Concepción**  
**LAS FIBRAS VEGETALES Y SUS APLICACIONES**  
**INNOVACIÓN EN SU GENERACIÓN A PARTIR DE LA DEPURACIÓN DE AGUA**

- Autoras y editoras:  
 Gladys Vidal y Sojei Hormazabal
- Ediciones Universidad de Concepción  
 (www.udec.cl) y página GBA-UDEC  
 (www.eula.cl/gba)
- ISBN: 978-956-227-405-0
- Registro de Propiedad Intelectual  
 N° 272.242, año 2016
- Pedidos a:  
 gba@udec.cl  
 gbaudec@gmail.com

**GIBA** Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental

**Las fibras vegetales y sus aplicaciones. Innovación en su generación a partir de la depuración de agua**

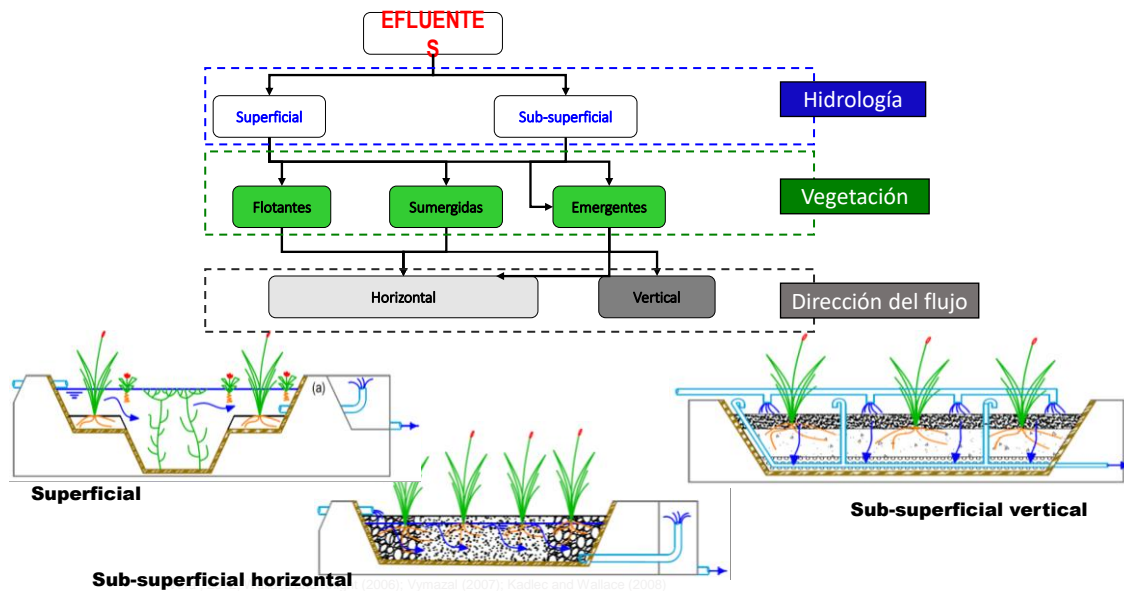
Los humedales construidos son una tecnología no convencional utilizada para el tratamiento de aguas servidas en condiciones de baja densidad poblacional. El mecanismo de depuración de este tipo de sistemas es a través del metabolismo de las plantas y el consorcio bacteriano de sus raíces (rizomas), donde la buena operación y control de los humedales construidos está relacionado con el manejo hidráulico, pero también con un manejo adecuado de dichas plantas. Los humedales construidos utilizan la capacidad depurativa de las plantas macrofitas, por lo tanto, una consecuencia de la depuración de las aguas es la generación de fibra, lo que puede tener diferentes usos. Dependiendo de su estructura y rigidez, estas han sido utilizadas para construir sillas, viviendas, tejido e indumentaria y artesanía, entre otros.

En este contexto, el libro "LAS FIBRAS VEGETALES Y SUS APLICACIONES – INNOVACIÓN EN SU GENERACIÓN A PARTIR DE LA DEPURACIÓN DE AGUA" es la segunda entrega, como consecuencia de la ejecución del proyecto INN-OVA BIOBIO N° 03327-IN-IP "Recuperación de agua mediante jardines depuradores a partir de aguas servidas rurales: Aplicaciones innovadoras con impacto para la comunidad rural". La información contenida en este libro ha sido ordenada en los siguientes cuatro capítulos: 1) Introducción a las fibras vegetales, 2) Aplicaciones de la fibra vegetal, 3) Plantas que crecen en humedales y 4) Plantas utilizadas en humedales: subespecies y proyección para la generación de fibra.

Esta publicación fue diseñada pensando en dar un nuevo mirada a las fibras vegetales y entregar una revisión a las aplicaciones históricas. Este texto es de rápida lectura y muy fácil entendimiento, pues pretende ser de un amplio espectro de consulta.

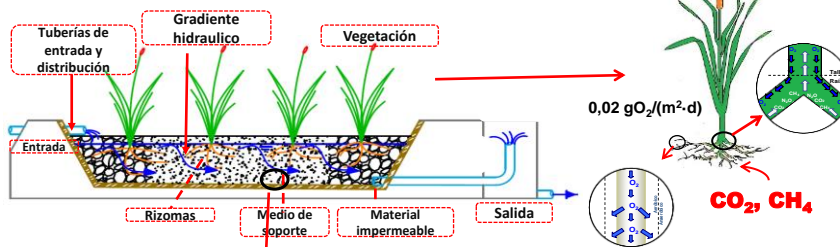
**EULA-CHILE** **GIBA** **CRHAM** **CORFO INNOVA BIO BIO**

## Sistemas de humedales construidos



21

## Características de Humedales construidos de flujo horizontal subsuperficial



- ✓ Filtración
- ✓ Sedimentación
- ✓ Adsorción
- ✓ Formación de biopelícula (bacterias/reacciones bioquímicas)

Características Diseño			Características Operación	
Profundidad (m)	Áreas unitarias (m²/P.E.)	Relación tamaño	TRH (d)	CH aplicada (mm/d)
0,3 – 1,0	1,2 – 12	0,25:1-4:1	2 – 10	23 –50

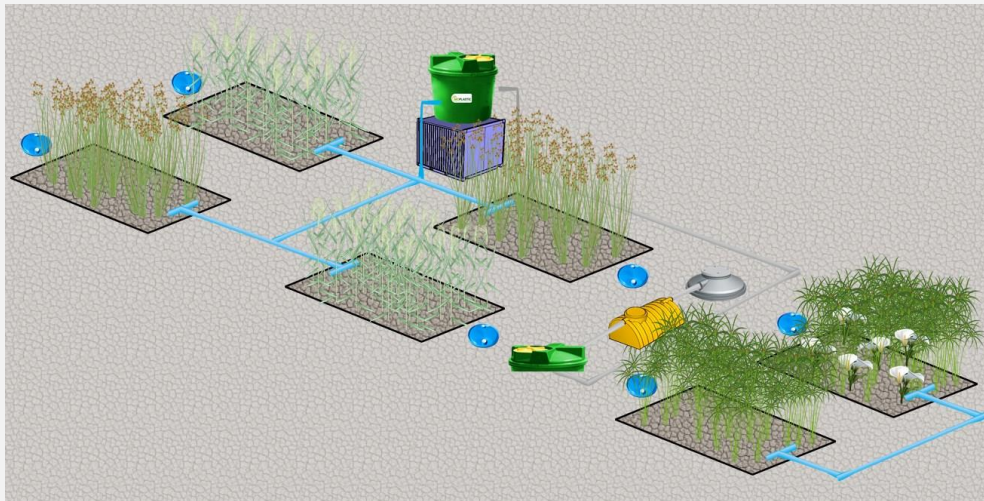
	<i>Schoenoplectus californicus</i>	<i>Phragmites australis</i>
Temperatura óptima (°C)	16-27	12-33
Ciclo de desarrollo	Planta perenne Bianual	Rizomas perennes Plantas anual
Altura (m)	3	5
Tasa propagación	Moderado-lento 30 cm/año	Muy rápido 10 m/año
Cobertura (año)	Denso	Muy denso
Penetración raíces (m)	0,7-0,8	0,6-1,0

TRH: Tiempo Retención Hidráulico; CH: Carga Hidráulica

Vera, 2012; Kadlec y Knight (1996); Plaza de los Reyes y Vidal, (2007).

22

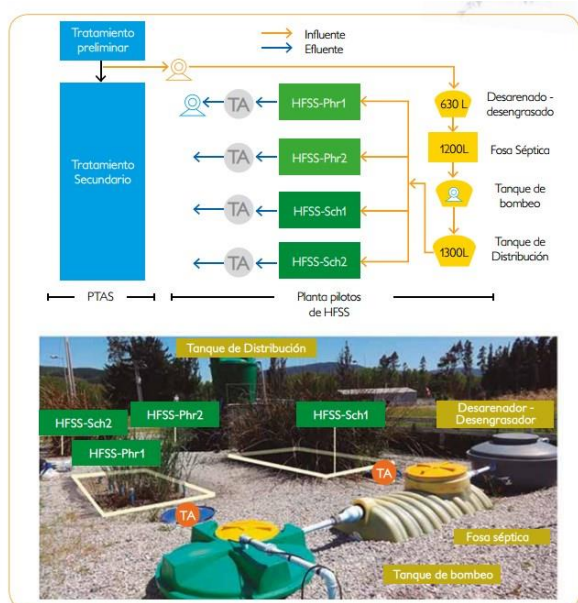
# PLANTA PILOTO – HUALQUI



Sitio Web: [www.eula.cl/giba/jardinesdepuradores](http://www.eula.cl/giba/jardinesdepuradores)

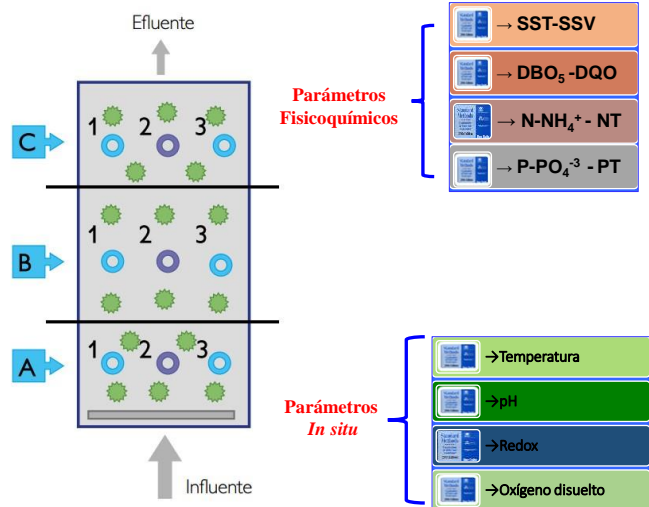
23

## Planta Piloto



Parámetros de operación : CH y TRH

Parámetros control: pH, T°, POR, OD



24

## LAS PLANTAS



## AGUA SERVIDA CRUDA Y TRATADA



25



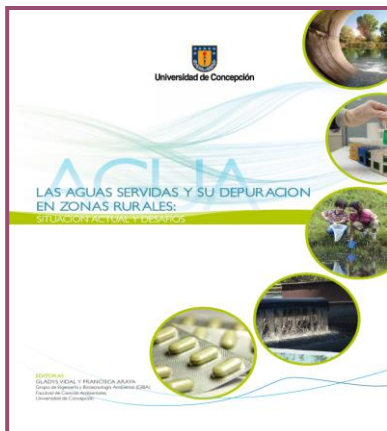
**PLATA  
PILOTO**

**GIBA-UDEC**

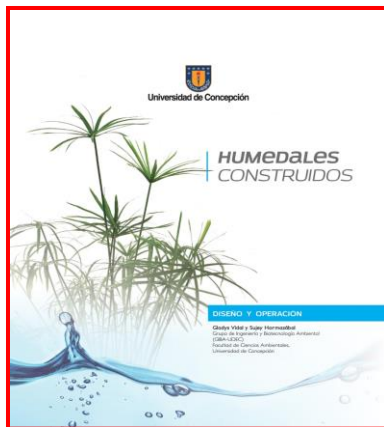
Operada 2011-2020

26

**LIBROS DE DIFUSION GENERAL ON-LINE**



- "Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: situación actual y desafíos", 2014. Editores: G. Vidal y F. Araya. Ediciones Universidad de Concepción, ISBN 978-956-227-378-7, Registro de Propiedad Intelectual 242.970 año 2014, 118 pp.



"Humedales Construidos: diseño y operación". 2018. Editores: G. Vidal y S. Hormazabal, Ediciones Universidad de Concepción, ISBN 978-956-227-419-7 y Registro de Propiedad Intelectual 290632, año 2018, 253 pp.



"Soluciones basada en la naturaleza para la descontaminación de descargas puntuales y difusa". 2020. Editores: G. Vidal, G., Gómez y M. C. Diez. Ediciones Universidad de Concepción ISBN 978-956-227-465-4 y Registro de Propiedad Intelectual N° 2020-A-7572 año 2020. 131 p.

[www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl)

27

**GIBA** Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental

**SOLUCIONES INNOVADORAS PARA LAS AGUAS SERVIDAS RURALES**

**JARDINES DEPURADORES**

**ACERCA DEL PROYECTO**

**PROYECTO INNOVA BIOBIO 13.3227-IN-IP "RECUPERACION DE AGUA MEDIANTE JARDINES DEPURADORES A PARTIR DE AGUAS SERVIDAS RURALES: APLICACIONES INNOVADORAS CON IMPACTO PARA LA COMUNIDAD RURAL"**

Los sectores rurales en Chile, presentan necesidades de tratamiento de las aguas, debido principalmente a que las aguas residuales que se generan en estos sectores presentan nulo o muy bajo tratamiento (8%). Dentro de las alternativas tecnológicas que ha sido implementada como sistemas no convencionales o tecnología verde se encuentra el uso de jardines depuradores. Esta tecnología pasiva de tratamiento para las aguas servidas rurales, utiliza la capacidad depurativa de plantas **macrófitas tales como Ruppia sp. y Schoenoplectus sp.**, para ser empleadas en estos sistemas. Sin embargo, existen otras plantas, denominadas, plantas ornamentales que bajo estas condiciones pueden florecer a partir de los nutrientes de las aguas servidas. Sin embargo, existe baja información aún, para ser usada en estos sistemas de tratamiento, lo que hace necesaria su evaluación. Una vez que el agua ha sido tratada a través de estos jardines depuradores, es posible evaluar la potencialidad de reusar el agua en la agricultura.

Esta propuesta tiene dos ejes principales, que pueden ser considerados como elementos diferenciadores:

- Utilización de diferentes tipos de plantas macrófitas y ornamentales con la finalidad de poder utilizar los nutrientes de las aguas servidas en la producción de flores y fibra que pueden proyectar un negocio e impacto social, contribuyendo al beneficio social de la comunidades rurales y resolviendo un problema con contaminación rural.
- Reutilización de las aguas tratadas de las comunidades rurales, para beneficio de la agricultura rural.

**PARTICIPANTES**

Este proyecto contempla a la Universidad de Concepción como entidad beneficiaria, la I. Municipalidad de Hualqui y la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) como entidades públicas interesadas y ESSBIO como entidad asociada. También este Proyecto cuenta con el apoyo del Ministerio de Obras Públicas y las cooperativas APR de Puente Ñuble y Quinquina, quienes respaldan la sustentabilidad post-proyecto.

**INICIO**

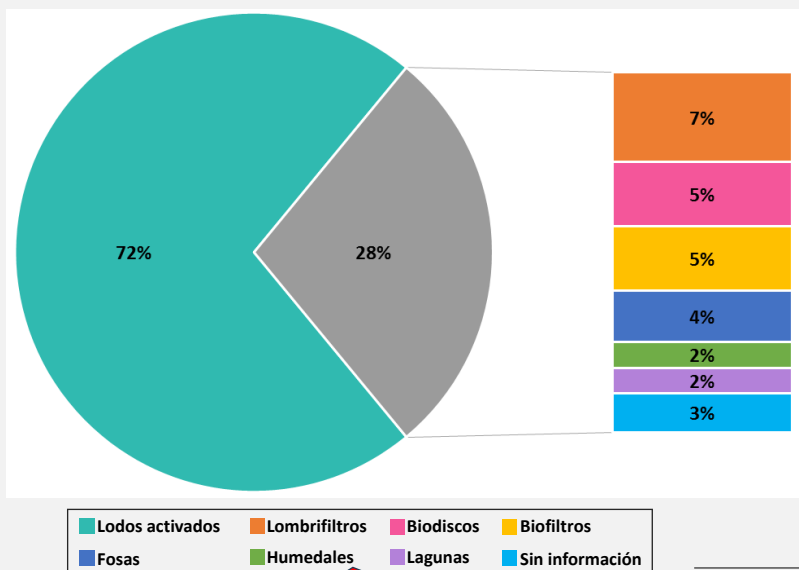
- GRUPO DE INVESTIGACION
- CURSOS Y SEMINARIOS
- FORMACION DE CAPITA HUMANO
- CONEXION CON EL MUNDO RURAL
- REDES NACIONALES I INTERNACIONALES
- MATERIAL DE DIFUSION EDUCATIVO
- GALERIA DE IMAGENES
- AGRADECIMIENTO
- LINKS DE INTERES
- CONTACTO

**Sitio Web: [www.eula.cl/giba/jardinesdepuradores](http://www.eula.cl/giba/jardinesdepuradores)**

28

## Sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas en Zonas Rurales

División porcentual de tecnologías utilizadas en el tratamiento de aguas servidas en zonas rurales



Rodríguez, 2011; Vidal y Gómez, 2023 1

29

## Humedales de tratamiento:

*alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*

María Teresa Alarcón Herrera  
 Florentina Zurita Martínez  
 Jaime A. Lara-Borrero  
 Gladys Vidal  
 Editores académicos



"Humedales de tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina". Editores: Alarcón Herrera, M.T.; Zurita, F.; Lara-Borrero, J.; Vidal G. (Eds), ISBN: 978-958-781-235-0 Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, año 2018, 292p.

[www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl)

30

## Consideraciones finales

- Existe conocimiento en el país para el diseño y la operación de humedales construidos para la depuración de aguas servidas en zonas rurales.
- Existe documentación con lenguaje adecuado para entender la problemática de aguas servidas en zonas rurales (caracterización, impactos y tecnologías apropiadas).
- Actualmente, existen humedales construidos en comunidades rurales, con severos problemas de operación y alto nivel de contaminación donde están instalados.
- Contar con tecnologías adaptadas, sin una gestión adecuada en el territorio de educación, capacitación y capital para operar, no resuelve la situación de saneamiento y contaminación en las zonas rurales.

31

Grupo de ingeniería y biotecnología  
ambiental



## Universidad de Concepción - Chile



[www.crhiam.cl](http://www.crhiam.cl)

[www.eula.cl/giba](http://www.eula.cl/giba)

32



## Página web CRHIAM www.crhiam.cl

33

### Diploma E-learning CRHIAM

**Módulo**

**Módulo 1**  
Cambio climático, ecosistemas y sus efectos en los recursos hídricos.

**Módulo 2**  
Procesos productivos, comunidades y los recursos hídricos.

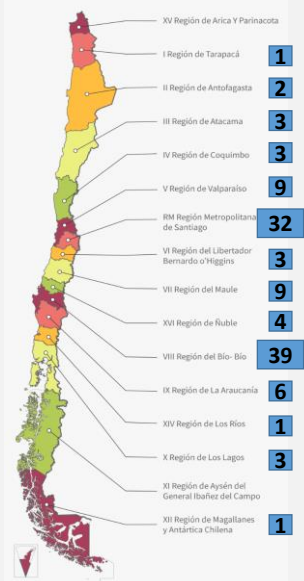
**Módulo 3**  
Tecnología del agua para la sustentabilidad.

**Módulo 4**  
Conflictos por el agua, institucionalidad e instrumentos de gestión de recursos hídricos en Chile

Inscripciones abiertas para 2024!!!

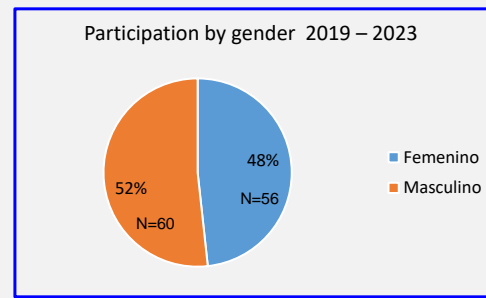
34

## Resumen 2019-2023: Diploma en “Recursos hídricos para el desarrollo sustentable”



Total graduados 2019 - 2023 = 116

Desde norte - sur de Chile: Tarapacá a Magallanes y Antártica Chilena



- Período 2019 - 2023 = 5 versiones del programa
- 1 versión presencial (2019) + 4 versiones e-learning (2020-2023)