

PROYECTO BIOGÜENKO

1. Resumen

Según un estudio del World Resources Institute (WRI) de 2019, Chile lidera la crisis hídrica en América Latina. Actualmente, la Dirección General de Aguas (DGA) reporta que existen 6 regiones y 13 provincias declaradas en emergencia hídrica, abarcando un total de 58 comunas en estado de escasez, donde el acceso limitado al agua potable incrementa su costo y agrava las desigualdades. En este contexto, la búsqueda de soluciones sostenibles se vuelve urgente, especialmente frente a los efectos del cambio climático y la creciente presión sobre los recursos hídricos.

BioGüenko es una solución basada en la naturaleza que aborda la escasez hídrica mediante el tratamiento y reutilización de aguas grises a través de **humedales artificiales**. Este sistema permite aprovechar el agua tratada para usos no potables como el riego, **reduciendo significativamente el consumo de agua potable y fomentando las áreas verdes**. Además, integra **tecnología** de monitoreo en tiempo real a través de una aplicación móvil, lo que mejora la eficiencia del sistema y facilita la gestión sostenible del recurso. Este proyecto no solo aporta a la sostenibilidad ambiental y al uso responsable del agua, sino que también busca impulsar una **gestión hídrica más inteligente, participativa y adaptada al contexto universitario**, contribuyendo activamente al desarrollo de comunidades más sostenibles, resilientes y tecnológicamente conectadas.

2. Desarrollo del proyecto

2.1 Objetivos del proyecto

- Implementar un sistema de tratamiento de aguas grises mediante humedales artificiales.
- Desarrollar e integrar una aplicación móvil que permita el monitoreo en tiempo real de parámetros clave del sistema, facilitando la recolección y análisis de datos.
- Evaluar la eficiencia del humedal en la reducción de contaminantes presentes en aguas grises.
- Promover la participación activa de la comunidad y estudiantes en iniciativas de economía circular, educación ambiental y tecnologías sustentables.

2.2 Actividades llevadas a cabo

- Diseño del prototipo de humedal artificial (selección de sustratos y plantas).
- Monitoreo y análisis de calidad del agua tratada
- Realización de reuniones de planificación y coordinación entre los integrantes del proyecto y asesores académicos.

- Elaboración de material informativo para difusión del proyecto.
- Presentación del proyecto a la comunidad universitaria.

2.3 Recursos utilizados para el proyecto (materiales y/o personales)

Materiales:

- Contenedores, geomembrana o lona impermeable.
- Grava, arena, y sustrato vegetal.
- Plantas acuáticas nativas.
- Mangueras, herramientas de jardinería, baldes.
- Equipos para muestreo y análisis de agua.

Personales:

- Estudiantes voluntarios de Ingeniería Civil Química, Ingeniería Ambiental e Ingeniería Civil en Telemática.
- Profesores y asesores especializados en Ingeniería Civil Química y Administración de Empresas.
- Miembros de la comunidad interesados en participar.

¿Cómo funciona?

1. **Recolección de aguas grises:** Las aguas provenientes de duchas, lavamanos o lavadoras son desviadas hacia el humedal artificial, separándolas de las aguas negras (provenientes del inodoro). En caso de colegios, el agua proviene del lavamanos y lavaplatos.
2. **Pretratamiento inicial:** El agua pasa por una trampa de sedimentos y grasas para eliminar partículas grandes y materiales que podrían afectar el humedal.
3. **Humedal artificial:** El agua fluye a través de un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical compuesto por grava y plantas macrófitas como *Scirpus spp.* o *Typha*. Este sistema actúa de manera natural:



Figura 1: *Scirpus spp*



Figura 2: *Typha*



Figura 3: *Cyperus alternifolius*

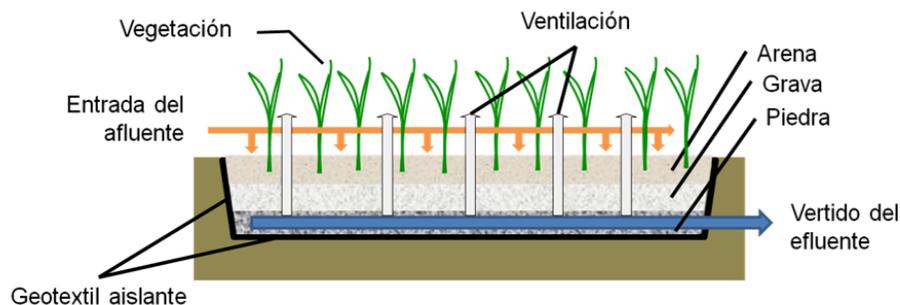


Figura 4: Humedal subsuperficial de flujo vertical

- o **Filtración física:** La grava retiene partículas suspendidas.
 - o **Depuración biológica:** Las plantas y microorganismos descomponen materia orgánica y eliminan contaminantes como fósforo y nitrógeno. El principal actor es el consorcio microbiano (biopelícula) que se forma alrededor de la grava a partir de los microorganismos presentes en el agua (bacterias, hongos y otros). Este ecosistema protege a las bacterias, permitiéndoles sobrevivir en condiciones ambientales variables y cooperar metabólicamente.
 - o **Procesos químicos:** Se neutralizan sustancias tóxicas y se mejora la calidad del agua.
4. **Recolección del agua tratada:** El agua depurada se almacena en un contenedor conectado al sistema de riego o a los inodoros, cerrando el ciclo del agua en el hogar o establecimiento.

Tipos de humedales

1. Humedales de flujo horizontal:

El agua fluye de manera lateral a través de un lecho de grava o arena. Este diseño permite el contacto continuo del agua con las raíces de las plantas y los microorganismos que eliminan contaminantes mediante procesos naturales.

Requerimientos:

- Espacios amplios para la instalación, debido a su extensión horizontal.
- Un lecho de grava adecuado para facilitar el flujo y la filtración.
- Plantas acuáticas como *Cyperus alternifolius*, que soporten condiciones de humedad constante.

2. Humedales de flujo vertical:

El agua se introduce desde la parte superior del sistema, percolando verticalmente hacia abajo a través del lecho de grava. Este diseño mejora la oxigenación del sistema y permite un tratamiento más intensivo del agua.

Requerimientos:

- Un área más compacta, ideal para lugares con espacio limitado.
- Un sistema de drenaje eficiente en el fondo para recoger el agua tratada.
- Grava con granulometría específica para favorecer la percolación y el contacto con microorganismos y raíces.
- Mantenimiento periódico para evitar obstrucciones en el flujo vertical.

Para ambos tipos de humedales es necesario, la construcción de una piscina de hormigón/concreto o un pozo en el suelo.

Además, los humedales pueden ser de flujo superficial (se ve el agua) o subsuperficial (no es posible ver el agua), en este proyecto se prioriza el segundo, ya que evita los malos olores y la presencia de insectos como zancudos.

3. Conclusiones

3.1 Principales aprendizajes de la experiencia

- La importancia del trabajo colaborativo, tanto en terreno como en el desarrollo tecnológico, para lograr un enfoque integral del proyecto.
- El valor de aplicar soluciones basadas en la naturaleza, como los humedales artificiales, con herramientas digitales para fortalecer la gestión ambiental.
- El impacto positivo de la educación ambiental y la participación comunitaria en la apropiación y sostenibilidad del proyecto.
- El fortalecimiento de habilidades técnicas (muestreo, análisis de agua, manejo de especies vegetales) y blandas (comunicación, organización, trabajo en equipo).

3.2 Próximos pasos

- Estabilización y monitoreo periódico del humedal para evaluar su desempeño a largo plazo.
- Desarrollo y funcionamiento de la aplicación para el registro de datos del humedal.
- Implementar mejoras en el sistema según los resultados obtenidos y retroalimentación del equipo.
- Analizar y publicar los resultados del proyecto para difundir la experiencia.
- Realizar nuevas actividades de educación ambiental enfocadas en economía circular, uso responsable del agua y tecnologías sustentables, en la comunidad universitaria.

4. Resultados alcanzados

- Se desarrollaron dos prototipos funcionales de humedales artificiales.
- Se han registrado mejoras en la calidad del agua tratada, observándose reducciones en los contaminantes.
- El proyecto fue seleccionado y financiado a través del Fondo León de la Universidad de Santiago de Chile, lo que permite contar con recursos clave para su ejecución.

Beneficios de BioGüenko

- Reducción del consumo de agua potable: Al sustituir usos no potables con aguas grises tratadas, disminuye la demanda hídrica.
- Eficiencia ambiental: Usando eficientemente el recurso, se genera menor cantidad de residuos hídricos vertidos mientras se fomentan las áreas verdes y la biodiversidad.
- Ahorro económico: Menores costos en el suministro de agua y tratamiento de aguas residuales.
- Fácil integración: El modelo de sistema modular permite la adaptación al entorno, pudiendo implementarse en empresas, viviendas individuales, comunidades o instituciones.
- Escalabilidad: Los metros cúbicos del humedal dependen del volumen de agua gris que se desee tratar.
- Promoción del bienestar emocional y la reconexión con la naturaleza, fortaleciendo los vínculos con el entorno
- Resultados a corto- mediano plazo: se pueden ver resultados concretos medioambientalmente en un plazo de 6 meses app, *en cuanto a los beneficios económicos se demoran mayor plazo*

Segmento de clientes

Este proyecto está dirigido principalmente a **sectores urbanos** que enfrentan desafíos crecientes en la gestión del recurso hídrico. BioGüenko ofrece una solución eficiente y sostenible para empresas, viviendas, comunidades e instituciones interesadas en reutilizar aguas grises para fines no potables como el riego o la descarga de inodoros, generando un ahorro estimado entre el 30% y el 50% del consumo total de agua potable.

En entornos urbanos, donde el espacio y los recursos suelen ser limitados, los humedales artificiales se destacan por su **diseño adaptable, bajo costo operativo y facilidad de mantenimiento**. Esto los convierte en una alternativa ideal para condominios, colegios, centros comerciales, edificios corporativos y espacios públicos que buscan integrar prácticas de economía circular y sostenibilidad ambiental.



Además, el sistema BioGüenko incorpora **tecnología de monitoreo en tiempo real**, facilitando la gestión inteligente del agua mediante una app que permite visualizar el rendimiento del sistema y anticipar necesidades de mantenimiento. Esto aporta al **modelo de ciudad inteligente** (Smart City), en el que la tecnología y la naturaleza se combinan para mejorar la calidad de vida urbana.

Adicionalmente, el proyecto atrae a quienes valoran los **beneficios estéticos y paisajísticos** de los humedales, integrándolos como elementos que embellecen patios, jardines o áreas comunes, al tiempo que fomentan la biodiversidad. BioGüenko es una solución versátil que une funcionalidad, sostenibilidad y diseño, adaptándose a las diversas necesidades de un entorno urbano en transformación.

Equipo BioGüenko

Amanda Chávez • Paula Donoso • Mariana Uribe • Thais Vargas • Benjamín Sáez