Humedales artificiales para el tratamiento de agua contaminada: Experiencias y perspectivas dentro de la gestión integral del agua y la remediación ambiental

Luis Fernando Perez Mercado, MSc
ferpermer@yahoo.com

Universidad Mayor de San Simón
Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua

BOLIVIA





Contenido

1. Objetivo
2. Contextualización: Crisis ambiental y del agua en Bolivia
3. Gestión Integral de Recursos Hídricos
4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento del agua: humedales artificiales en Bolivia
5. Conclusiones

1. Objetivo

Obtener una visión general de la tecnología de los humedales artificiales y su aplicación en Bolivia para contribuir a la discusión sobre sus perspectivas dentro de la gestión integral de recursos hídricos

2. Contextualización

1.1 Crisis ambiental en Bolivia

En comparación con otras regiones estamos bien, pero problemas (Ribera, 2010):

- Deterioro del aire en grandes ciudades

- Erosión y desertificación

- Degradación de ecosistemas naturales

- Afectación en disponibilidad y calidad de diversos tipos de cuerpos de agua

Tendencia a empeorar

2. Contextualización

1.1 Crisis ambiental en Bolivia

- Disponibilidad* de agua siempre ha sido crítica en tierras altas, valles y chaco, actualmente agravada por CC (Paz et al, 2010).

- Últimos 15 años disponibilidad* afectada por reducción de calidad por contaminación: minera, hidrocarburífera, industrial, doméstica (residuos líquidos y sólidos), agroquímica

*** Disponibilidad para seres humanos y ecosistemas**

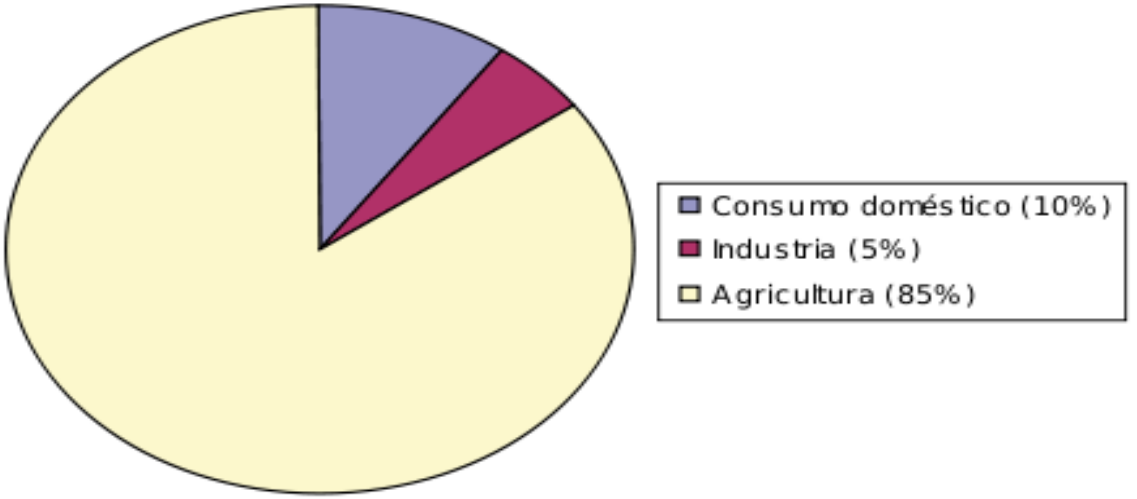
2. Contextualización

1.2 Crisis del agua en Bolivia

Usos del agua:

- No consuntivo (necesidades ecológicas/ambientales, recreación, electricidad y transporte)

- Consuntivo (doméstico, agropecuario e industrial) (FAO, 2010):



?

2. Contextualización

1.2 Crisis del agua en Bolivia

Usos consuntivos del agua son los que más contaminan

- Contaminación doméstica (Salm, 2010):

Sólidos en suspensión, M.O., grasas y nutrientes

Pocas PTAR, casi todas rebasadas en capacidad y/o deficientemente mantenidas ¿sostenibilidad?

La mayoría de las aguas residuales son vertidas a cuerpos naturales de agua

2. Contextualización

1.2 Crisis del agua en Bolivia

Usos consuntivos del agua son los que más contaminan

- Contaminación minera (MEDMIN, 2001; Salm, 2010):

Grandes volúmenes de agua.

Metales pesados, DAR, cianuro y sólidos.

Empresas medianas/grandes usan tratamientos (¿?); pequeñas y cooperativas no (!)

Incorporación de contaminantes durante y después de la explotación; su principal medio es el agua

2. Contextualización

1.2 Crisis del agua en Bolivia

Usos consuntivos del agua son los que más contaminan

- Contaminación industrial (Salm, 2010):

Incipiente pero significativa en contaminantes

Curtiembres, textiles, productos alimenticios

generan DBO, sólidos, sales, pH, metales

Pocos tienen tratamientos o cumplen normas

2. Contextualización

Acumulación de problemas se da en un marco de debilidad crónica de la gestión ambiental (Ribera, 2010):

- Mayoría de temas socio-ambientales marginados de la atención pública

- Debilidad institucional: deficiente fiscalización y control, limitaciones logísticas, económicas y de capacidades locales (Jordán, 2009; Perez et al, 2010)

- Investigación científica con escaso apoyo y articulación: escasa generación de información, deficiente gestión de información, ausencia de redes de monitoreo, etc., determinando baja o nula incidencia en políticas públicas

3. Gestión integral de recursos hídricos

- Es una política promovida a nivel mundial y adoptada por el Estado junto con MICH
- Fundamento es situación ideal: El agua dulce tiene que ser repartida/compartida entre las distintas necesidades ambientales y de la sociedad sin arriesgar el balance general ni la calidad del agua
- Principios 3 e's: Equidad (derecho humano, bien público), Ecología (contaminación, ecosistemas) y Eficiencia (recurso escaso, uso óptimo, tecnología, recuperación de costos)

3. Gestión integral de recursos hídricos

Algunos principios de trabajo:

- Unidad de intervención/planificación: cuenca

- Marco inter-organizacional e inter-disciplinario

- Comunicación fluida con instituciones y población

- Análisis y discusión participativos de soluciones a problemas de las cuencas

- Desarrollo de capacidades locales y proyectos de investigación en temas estratégicos

- Priorización de acciones en Planes Directores, a ser incorporados en municipios y gobernaciones

3. Gestión integral de recursos hídricos

Engloba solución a problemas ambientales y del agua, porque un PDC considera:

1 Fuentes de agua, la oferta y demanda, el balance hídrico, la calidad de las aguas, fuentes, cuerpos de agua

- Contexto local económico, social y técnico, mejorando sostenibilidad de las acciones

- Los usos múltiples del agua (consumo, saneamiento y producción) y su gestión responsable

- Aspectos ambientales: prevención, conservación, explotación sostenible y remediación

- Acciones articuladas y concertadas entre diferentes actores de la cuenca e instituciones, posibilitando aceptación social de las acciones

- Vinculación entre generación de información y su aplicación

3. Gestión integral de recursos hídricos

Engloba solución a problemas ambientales y del agua, porque un PDC considera:

1 Fuentes de agua, la oferta y demanda, el balance hídrico, la calidad de las aguas, fuentes, cuerpos de agua

Gestión eficaz basada en el ahorro, reuso y no contaminación del agua, todo ello en una planificación sostenible del territorio y una gestión integrada de las cuencas

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento del AR

Para la aplicación de la GIRH, es fundamental disponer de tecnologías adecuadas para tratamiento de agua potable, residual y remediación; necesario cambio tecnológico y de enfoque

Tecnologías sostenibles:

- usan matrices naturales, requiriendo espacio

- necesidad de espacio: zonas rurales, sistemas descentralizados

- no usan aditivos químicos

- es útil en la medida que la comunidad se apropie de ella y sea capaz de operarla, mantenerla y sostenerla con mínimo apoyo externo (Morató, 2008)

- en Bolivia es fundamental su aceptabilidad social (Perez et al, 2010)

- debe considerar el reuso como fin fundamental

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

Humedales artificiales:

- Lechos impermeabilizados, usando agua, suelo, plantas y microbios; mecanismos depuración F, Q y B

- Tecnología usada a nivel mundial, necesitando validación local

- Nivel de tratamiento secundario, aunque puede ser usado como primario

- Se han usado para aguas domésticas, lixiviados de vertedero, lodos, DAR, aguas industriales, hospitales, etc.

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

Humedales artificiales:

- Lechos impermeabilizados, usando agua, suelo, plantas y microbios; mecanismos depuración F, Q y B

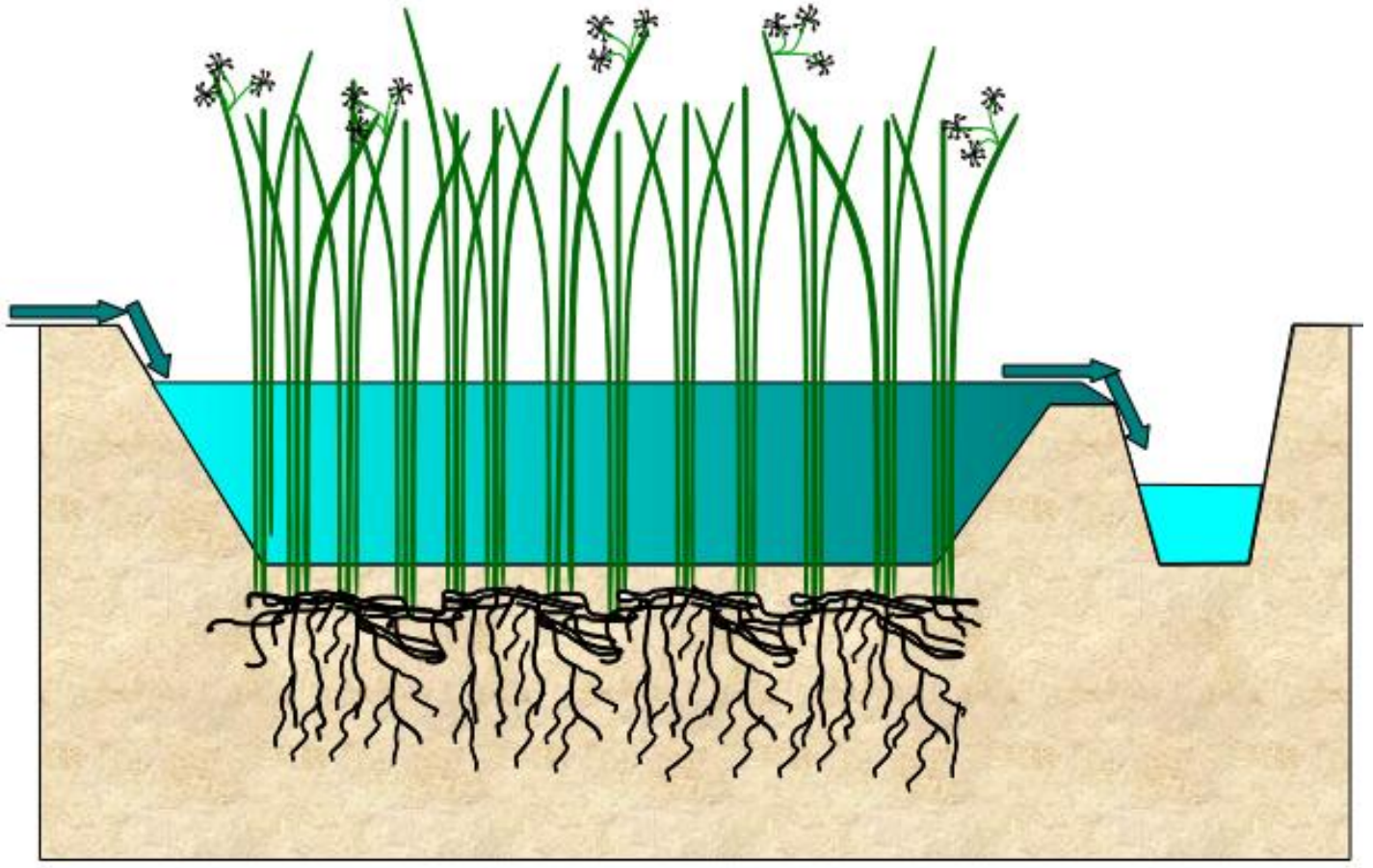
- Tecnología usada a nivel mundial, necesitando validación local

- Nivel de tratamiento secundario, aunque puede ser usado como primario

- Se han usado para aguas domésticas, lixiviados de vertedero, lodos, DAR, aguas industriales, hospitales, etc.

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.1 Humedales artificiales de flujo superficial



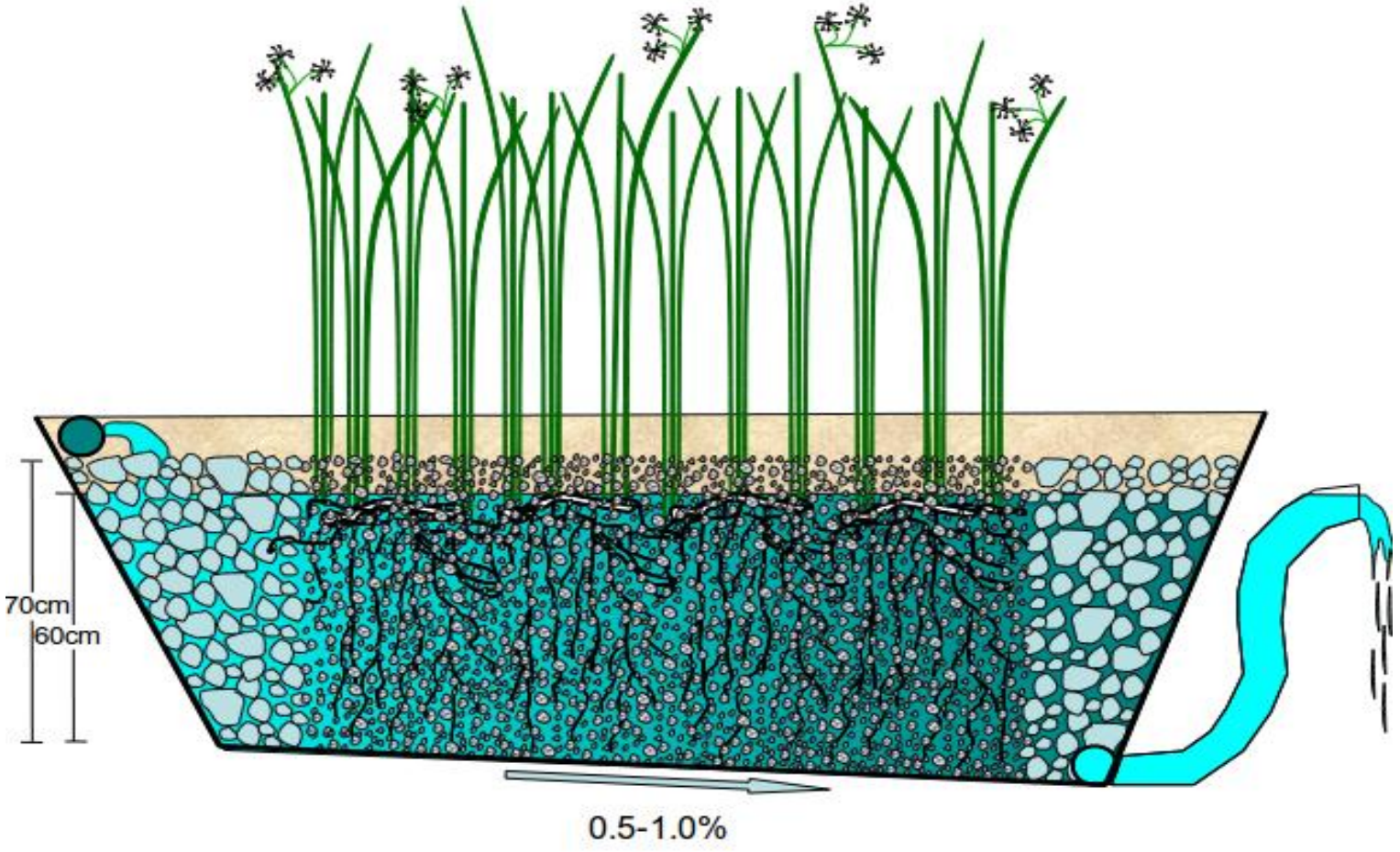
4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.1 Humedales artificiales de flujo superficial

- Aptos para remediación de cuerpos naturales de agua
- Los de mayor valor ecológico
- Poca experiencia en Bolivia
- Aguas residuales domésticas fundamentalmente

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal



4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal

- Los más implementados en Bolivia
- Diversas escalas
- Bajo/nulo consumo energético
- No insectos ni mal olor
- Aguas domésticas, minería, industrias
- Faltan investigar muchos aspectos de su funcionamiento, repercutiendo en diseño y costo

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal: AR doméstica

Horizontales

Parámetro	Unidad	Media efluente	Remoción (%)	RMCH	EPA (2004) para re-uso
DBO^5	mg/l	27	85,2	Bas D (80 descarg)	10 a 30
DQO	mg/l	62	75,7	Bas D (250 descarg)	
Coliformes fecales	UFC	6,00E+004	85	-	2,00E+002
Sólidos totales	mg/l	1036	43	C, D	
Fosfato total	mg/l	27,3	9,9	Bas Exceso	
Nitrógeno total	mg/l	54	24,5	Exceso	
Clase RMCH				Ninguna (hortalizas)	

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal: AR minería (Nina, 2006)

Parámetro	Unidad	Media efluente	Remoción (%)
Sulfatos	mg/lt	2468	5,2
Hierro	mg/lt	0,51	78,4
Arsénico	mg/lt	3,27	20,44
Plomo	mg/lt	0,34	51,43
Cadmio	mg/lt	0,09	70,19

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.2 Humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal



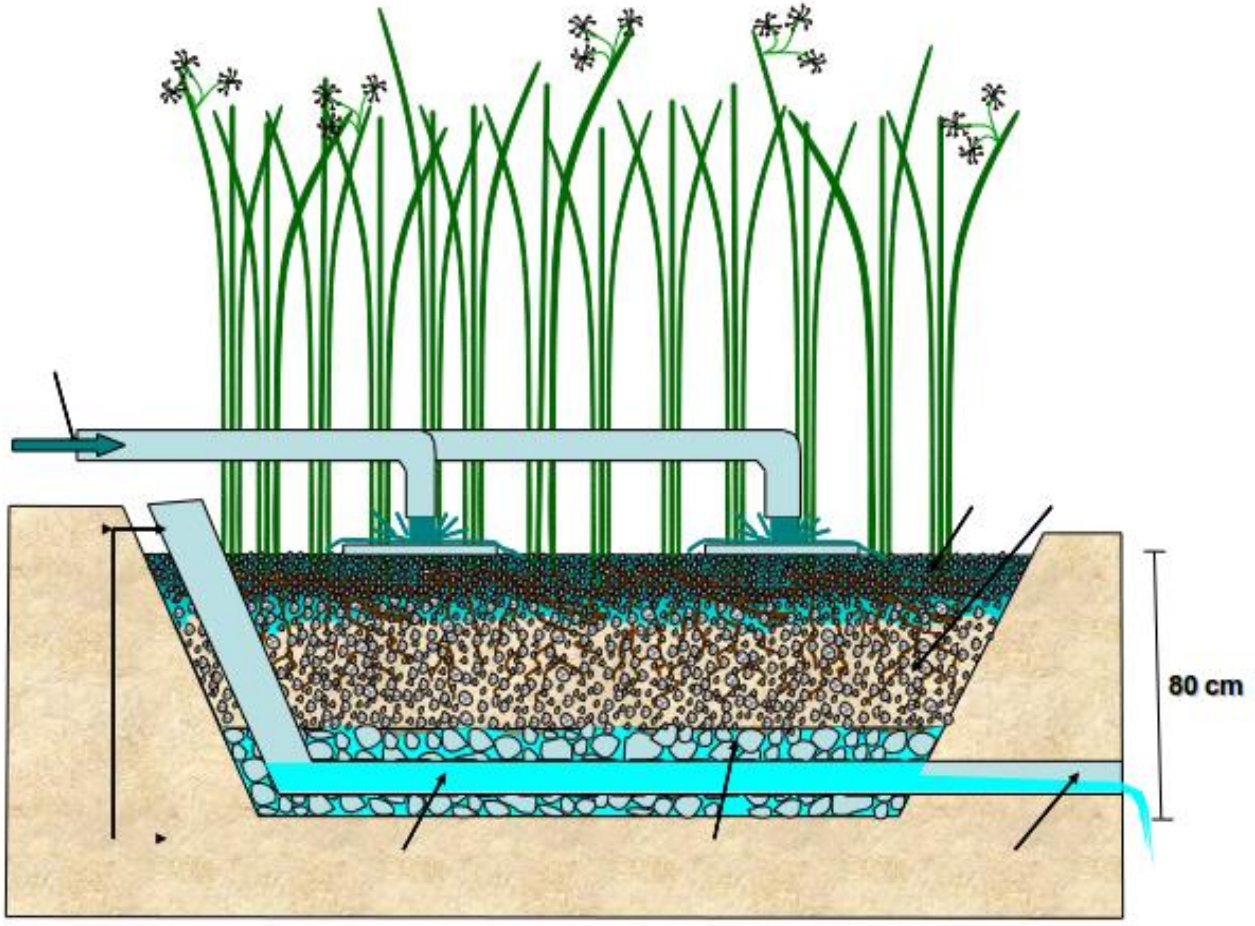






4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical



4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical

- Sólo una batería en Bolivia ¿?
- Faltan investigar numerosos aspectos
- El más eficiente en superficie
- Olor momentáneo o nulo
- Aguas domésticas o de industrias
- Requerimiento de energía o pendiente
- Mayores dificultades constructivas y de operación

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical

Verticales

Parámetro	Unidad	Media efluente	Remoción (%)	RMCH	EPA (2004) para re-uso
DBO^5	mg/l	20	82	Bas C, D (80 descarg)	10 a 30
DQO	mg/l	43	72	Bas D (250 descarg)	
Coliformes fecales	UFC	5,00E+004	86,7	-	2,00E+002
Sólidos totales	mg/l	606	23,3!!!	A, B	
Fosfato total	mg/l	0,75	57,4	Bas C, D	
Nitrógeno total	mg/l	57	36,3	Exceso	
Clase RMCH				Ninguna (hortalizas)	

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

4.3 Humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical







4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

Humedales artificiales:

- Lechos impermeabilizados, usando agua, suelo, plantas y microbios; mecanismos depuración F, Q y B

- Tecnología usada a nivel mundial, necesitando validación local

- Nivel de tratamiento secundario, aunque puede ser usado como primario

- Se han usado para aguas domésticas, lixiviados de vertedero, lodos, DAR, aguas industriales, hospitales, etc.

- Apropiadas para fomentar la participación de la comunidad en O&M, diseño, etc: Casos Colque Rancho y Thaqo

- Aptas para sistemas descentralizados de saneamiento

- Grandes posibilidades de aceptación social por nulo olor e insectos

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

A investigar en Humedales artificiales:

- Tiempos de retención hidráulico real, crecimiento de biopelícula, estudios de flujos, cinéticas reales de remoción de contaminantes, influencia de temperatura, influencia de especies de plantas, tipos de sustrato, tipos de operación, métodos de diseño, etc.

- Remoción de contaminantes específicos

- Estudios de costos

4. Tecnologías sostenibles para el tratamiento de AR

Humedales artificiales:

Items principales	Precio unitario	Precio /m² construido
Geomembrana	28-37 Bs/m²	49-57 Bs
Material de relleno	70-110 Bs/m³	60-95 Bs
Obras complementarias		60-120 Bs
Total		170-272 Bs

- Grandes posibilidades de aceptación social por nulo olor e insectos

5. Conclusiones

- Humedales artificiales como tecnología poseen características que facilitan su sostenibilidad técnica, económica y aceptabilidad/apropiación social, por lo tanto, son una opción importante para la GIRH y la remediación ambiental en Bolivia

- Aún existen aún varios aspectos técnicos a ser investigados en humedales artificiales, los cuales deben ser priorizados con enfoque GIRH y encarados de forma coordinada

- De la misma forma, existen vacíos de conocimiento en reuso y disposición final de AR tratadas, mismos que, además, permitirían actualizar/adecuar normas locales/regionales

5. Conclusiones

- Hum
carac
econ **to,**
son u
ambi
- Aún **ados**
en hu **os**
con e
- De l **reuso**
y disp
perm

