

1. PROYECTO

Título:

APROVECHANDO HASTA LA ÚLTIMA GOTA DE AGUA EN NUESTRO DESIERTO

Subtítulo:

REUSO DE AGUA CONTAMINADA EN CULTIVOS DE LA ESCUELA

Categoría

EDUCACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL AGROPECUARIA

Área:

EDUCACIÓN AMBIENTAL

Escuela:

N° 4-182 "Aida Font"

Dirección: Ruta 7 Km 866, Desaguadero, La Paz - Mendoza

Teléfono: 02626-499216

Curso: 3ro 1ra

Expositores:

1) MARIANO BONAFEDE MOGNO

DNI: 42975501

Tel: 2612160574

2) TOMÁS ALEJO CALDERÓN

DNI: 42975506

Tel: 2634500743

Docente:

MIGUEL CARLOS SASTRE

DNI: 25166188

Fecha de nacimiento: 01de abril de 1976

Tel: 02634281164

2. Índice

Contenido	
3. Resumen	3
4. Introducción:	4
4.a. Contexto de producción	4
4.b. Objetivos	4
4.c. Antecedentes	5
4.c.1. Experiencia del Gobierno de Uruguay	5
4.c.2. Experiencia en Perú – escuela primaria	5
4.c.3. ECODEMA (España)	6
4.d. Marco teórico	7
4.d.1. Los sistemas naturales de tratamiento de efluentes	7
4.d.2. Efecto de los distintos componentes que forman los humedales	8
4.d.3. Mecanismos de remoción y transformación de los constituyentes de las aguas residuales.	9
4.d.4. Datos obtenidos de la experiencia que realiza el Gobierno de Uruguay	10
5. Hipótesis	10
6. Desarrollo	10
6.a. Cámara de pretratamiento	11
6.b. Canal con plantas emergentes	12
6.c. Ventajas y desventajas de los humedales con flujo sub-superficial	12
6.d. Trabajos necesarios para instalar el sistema de tratamiento de aguas cloacales en la escuela (proyecto elaborado por el Dirección General de Irrigación)	12
6.d.1. Cálculo de dimensiones	13
6.d.2. Detalles constructivos	13
6.d.3. Volúmenes de material para el relleno del humedal	13
6.d.4. Cálculo de costos	13
6.e. Cisterna de captación de agua de lluvias	14
7. Resultados obtenidos	15
8. Discusión	16
9. Conclusiones	16
10. ANEXO	17
11. Bibliografía consultada	20
REGISTRO PEDAGÓGICO	21

3. Resumen

La Escuela Aida Font se ubica en el Distrito Desaguadero, del departamento de La Paz, provincia de Mendoza en el límite con la provincia de San Luis.

La matrícula es de 150 alumnos, 70 de ellos albergados de lunes a viernes, a los que se suman 95 adultos, totalizando una población de 245 personas.

La zona se caracteriza por tener un clima semidesértico, con escasas precipitaciones (250 a 300 mm anuales), veranos con máximas de hasta 42°C inviernos con mínimas de hasta -15°C. Su suelo es arcilloso y salino.

Una de los **MAYORES PROBLEMAS ES LA DISPONIBILIDAD DE AGUA** en la zona.

Si bien existen dos fuentes de agua, el río Desaguadero y las napas freáticas, ambas poseen un alto contenido en sales por lo que no son aptas para los usos del hombre, la ganadería ni la agricultura.

El agua que utilizamos proviene de la villa cabecera de La Paz, distante a 40 km, tomada del subsuelo, que luego se traslada a través de un acueducto. Esto limita el desarrollo y crecimiento de la zona

Por otro lado la zona carece de sistema de cloacas. Todos los hogares, instituciones y empresas que allí se radican deben depositar los efluentes en pozos sépticos, provocando la infiltración y la contaminación de las napas freáticas.

La posibilidad de realizar un tratamiento del agua que permita volver a utilizar lo que se contamina se convertiría en una herramienta fundamental para mejorar y aumentar las tareas productivas de la escuela (siembra y plantación de distintos vegetales).

Además mejoraría las condiciones sanitarias y ambientales de la escuela, evitando el problema de la saturación del pozo séptico que poseemos en forma periódica.

De acuerdo a lo investigado por los alumnos, el sistema de **TRATAMIENTO DE AGUAS CLOACALES** que se adaptaría a la zona es el que emplea humedales construidos donde el agua tratada fluye por el mismo a través de un **FLUJO SUBTERRÁNEO**.

Este sistema consta de cámaras de pretratamiento, donde precipitan las sustancias solubles, un filtro natural constituido por piedras de distintos tamaños entre las que circula el agua y que sirve de soporte a plantas emergentes.

Este filtro natural sirve de barrera contra microorganismos patógenos y sustancias nocivas descontaminado el agua cloacal con una gran eficiencia, obteniéndose un líquido apto para el riego de vegetales.

Es un sistema económico y fácil de instalar o construir, no necesita de energía eléctrica, no genera olores feos, su mantenimiento es fácil y económico, es ecológico ya que utiliza la naturaleza (plantas y microorganismos) para el proceso de depurado. Otra ventaja muy importante del sistema es que puede ser fácilmente replicado o copiado por los vecinos para el tratamiento del agua contaminada en cada hogar y el humedal se integra al entorno natural y paisajístico.

Una limitante observada por los alumnos es que este sistema de tratamiento de efluentes requiere de un flujo constante de agua durante todo el año para mantener vivas las plantas del humedal.

En nuestro caso el receso de verano afectaría el normal funcionamiento del sistema. Para solucionarlo se ha pensado como solución la construcción de una **CISTERNA DE PLACAS** para captar y utilizar el agua de las lluvias, que en la zona son preferentemente de ocurrencia estival.

4. Introducción:

A partir de la participación de nuestros alumnos en el programa promocionado por la Dirección General de Irrigación denominado CIUDADANÍA DEL AGUA, surge la necesidad de buscar soluciones a la problemática de la escasez de agua en nuestra escuela y toda la zona de Desaguadero.

Una de las alternativas analizadas se refiere a la recuperación y reúso del agua contaminada a través de un sistema de humedales construidos y flujo subterráneo, que nos ayudará a aumentar el volumen de agua para riego permitiendo incrementar la superficie cultivada en la escuela, a fin de poder desarrollar prácticas y adquirir nuevos saberes y capacidades.

Otra alternativa analizada, que se suma como nueva fuente y se complementa con la primera, es la construcción de una cisterna para almacenar agua de lluvia.

4.a. Contexto de producción

La escuela AIDA FONT se encuentra localizada en el Distrito Desaguadero.

La matrícula es de 150 alumnos, 70 de ellos en condiciones de internos.

Cuenta con una granja educativa que alberga cerdos, chivos, pequeños cultivos de plantas forrajeras, hortalizas y frutales (regados los dos últimos con riego por goteo).

Las precipitaciones en la zona son escasas, llegando a unos 250 a 300 mm anuales, predominando la ocurrencia estival.

Actualmente el colegio se aprovisiona de agua mediante red de distribución domiciliaria, que utiliza para el funcionamiento de baños, comedor, albergue y granja.

La red de agua proviene de la Villa Cabecera de La Paz y abastece a toda la población de Desaguadero en la provincia de Mendoza. En algunos meses del año el agua es escasa e incluso se producen importantes cortes que duran varios días, especialmente en los meses de verano.

El Distrito carece de servicios de cloacas, por lo que los efluentes son depositados en pozos sépticos.

En el caso de la escuela los pozos sépticos se encuentran colapsados, debiéndose desagotar cada 20 días. En cada desagote se extraen unos 50.000 a 60.000 litros de líquido, que son derramados a terrenos cercanos al Río Desaguadero.

La institución cuenta con un terreno de 4 has disponibles para cultivos. Posee además tractor con implementos y personal capacitado para desarrollar esta actividad.

A través del INET fue aprobado un proyecto para realizar una perforación que permitiera el abastecimiento normal de agua durante todo el año y el desarrollo de forestales y otros vegetales (forrajeras y hortícolas) en el predio de la escuela para alimentación de los animales de la granja y prácticas de los alumnos. Posteriormente el proyecto se descartó debido a la salinidad del agua subterránea y la existencia de minerales tóxicos para la salud humana.

4.b. Objetivos

Objetivos generales

Favorecer el compromiso de los estudiantes con el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sustentable, promoviendo el trabajo con instituciones y la comunidad

Objetivos específicos

- Recuperar y reusar en la agricultura 50000 litros de agua semanales que actualmente se contaminan en la escuela

- Promocionar el proyecto como modelo para ser replicado en hogares e instituciones de la zona

4.c. Antecedentes

La utilización de estos sistemas de tratamiento de aguas servidas no es nuevo, sino que las plantas emergentes ya fueron utilizadas por antiguas civilizaciones como los egipcios y los chinos para solucionar los problemas de las aguas cloacales.

A través de Internet pudimos obtener información de la enorme cantidad de experiencias que actualmente se desarrollan en distintas partes del mundo, aportando soluciones ambientales y permitiendo un nuevo uso del agua que se contamina.

En este trabajo sólo citamos una experiencia de Uruguay, otra de Perú y la de una empresa Española que vende el proyecto y la instalación en varias partes del mundo.

4.c.1. Experiencia del Gobierno de Uruguay

El Gobierno de Uruguay está desarrollando un Programa de Autoconstrucción de Sistemas de Depuración de Aguas Cloacales para instalar los mismos en escuelas, tambos y viviendas de zonas rurales con resultados muy satisfactorios. (<http://www.ceadu.org.uy/documentos/Sistemas%20naturales.PDF>)



SFS (Sistema de Flujo Subterráneo) desarrollado en una vivienda rural

4.c.2. Experiencia en Perú – escuela primaria

Un ejemplo de la utilización de SFS realizado en escuelas es el que encontramos en Perú, en el colegio “Toni Real Vincens”, El Milagro-Trujillo, donde se realiza este sistema de tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales producidas, para la generación de áreas verdes en el entorno del colegio. (www.susana.org/lang-en/library/library?view=ccbctypeitem&type=2&id=754)

El colegio se encuentra localizado en una zona desértica costera próxima a la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú. Las precipitaciones son escasas, y por encontrarse en una zona periurbana con altos niveles de pobreza, carece de servicios de agua potable y saneamiento. Actualmente el colegio se aprovisiona de agua mediante camiones cisterna, y hasta antes del inicio del proyecto, los desagües eran descargados al suelo mediante pozos de infiltración.

Los beneficios encontrados, fueron el sembrado de más de 200 árboles regados con el desagüe tratado, reduciéndose el uso de agua potable y el costo asociado. Las condiciones del entorno mejoraron en el centro educativo, generándose un ambiente más agradable para los niños.

En el proyecto participaron la Universidad Nacional Agraria La Molina (Diseño y monitoreo del sistema) y la Universidad de Islas Baleares (Diseño y capacitación en uso del sistema):



Fig. 3: Vista de los alrededores del colegio (R. Miglio, 2009).



Fig. 8: Niños participando en el sembrado de plantas en el humedal (B. Villafranca, 2009).



Fig. 4: Especies vegetales utilizadas (R. Miglio, 2009).



Fig. 7: En primer plano el humedal, en la parte posterior la bomba de mecate y a la izquierda el tanque elevado (R. Miglio, 2009).



Fig. 9: Vista del humedal luego de 9 meses de instalación, se observan las áreas verdes generadas por el riego con agua tratada (H. Esquerre, 2010).

4.c.3. ECODEMA (España)

Los ejemplos y experiencias se extienden a distintas partes del mundo. También se observan en Internet empresas que ofrecen el servicio y la instalación de estos sistemas llave en mano, como es el caso de ECODENA (www.ecodena.com)

Esta empresa española posee distintas representaciones en América Latina y ofrece un sistema que llama de FITODEPURACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN.

En su página de internet encontramos como propaganda el siguiente aviso:

La Fitodepuración y Evapotranspiración son sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales totalmente ecológicos y sostenibles, caracterizándose principalmente por tener la capacidad de tratar cargas hidráulicas y orgánicas muy discontinuas, por su simplicidad de mantenimiento, ausencia de consumo de energía eléctrica (fitodepuración), excelentes resultados depurativos y óptima integración en el ambiente.

Nuestro sistema de flujo sumergido horizontal no generan malos olores ni presencia de insectos molestos. En el caso de la evopatranspiración, si está instalada en zonas cálidas y de baja pluviosidad se puede conseguir la total ausencia de vertido

Realizamos sistemas completos "llave en mano" o suministro de materiales y diseño de construcción. También cultivamos y comercializamos distintos tipos de plantas acuáticas para Fitodepuración y estanques.

En ECODEMA se realizan exclusivamente sistema de fitodepuración de flujo sumergido, para evitar la presencia de insectos y olores molestos, típicos de los sistemas de flujo superficial. De esta forma es posible su ubicación muy cerca de viviendas y núcleos urbanos, creando así una zona verde particularmente apreciada desde el punto de vista estético y medioambiental.

4.d. Marco teórico

En América Latina solamente se trata el 10% de las aguas servidas, lo que genera graves problemas de contaminación del mar, ríos, lagos y napas subterráneas de agua.

Mendoza recicla el 37% de sus efluentes cloacales a través de 10 establecimientos depuradores. A diferencia de otros lugares del mundo, estas aguas, después del tratamiento no vuelven al consumo domiciliario, ya que faltaría una etapa de tratamiento, pero sí se usan en las Áreas de Cultivo Restringido (ACRE).

Las ACRE son zonas de riego de cultivos con efluentes domésticos tratados bajo normas sanitarias establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estas áreas son desarrolladas a través de distintos convenios entre AYSAM y terceros. En toda la provincia, las ACRE abarcan 11.000 hectáreas con plantaciones de olivos, vid, productos para industrializar, productos para consumo de animales, forestales, cebada, alfalfa, frutales y álamos. Sólo pueden implantarse los cultivos autorizados expresamente por el Departamento General de Irrigación (DGI - Área de Cultivos Restringidos Especiales - Resolución 778/96 – Reglamento 627/00) en base a la calidad de las aguas destinadas a reuso.

Según esta reglamentación, con esta agua se pueden incorporar tierras que hoy son campo natural, en cultivos como forestales, viveros, vides para vino, forrajeras (que no sean consumidas directamente por los animales sino que lleven un proceso de recolección y secado al sol). Además cultivos para consumo humano que antes sean procesados mediante calor, secados o envasados con procesos de esterilización que destruyan los agentes patógenos.

No se pueden regar siembras de productos que crecen al ras o debajo de la tierra, por ejemplo, lechuga o zanahoria, ya que están en contacto directo con los efluentes cloacales tratados y no podrían destinarse al consumo humano

4.d.1. Los sistemas naturales de tratamiento de efluentes

Los sistemas convencionales de tratamiento de efluentes (filtros biológicos, lodos activados, etc.) permiten depurar grandes caudales con poco requerimiento de terreno, pero a un costo de inversión, operación y mantenimiento elevados; requieren además de mucha regularidad en los caudales y en las concentraciones de los desechos que reciben. Son sistemas utilizados en grandes ciudades.

Como alternativa a estos sistemas convencionales se han desarrollado los llamados "Sistemas Naturales" que aprovechan y potencian los procesos de purificación físicos, químicos y biológicos que ocurren en forma espontánea en la Naturaleza, con costos sensiblemente menores que los de los sistemas convencionales de tratamiento

Entre estos sistemas naturales o humedales construidos de encuentran el sistema de lagunaje y el sistema de flujo subterráneo.

El término de Humedales construidos es relativamente nuevo; sin embargo, el concepto es antiguo, pues se tiene conocimiento de que las antiguas culturas como son la China y la Egipcia utilizaban a los humedales naturales para la disposición de sus aguas residuales.

En las últimas décadas, gobiernos de distintos países del mundo vienen diseñando e instalando con éxito, Sistemas Naturales de Flujo Subterráneo de tratamiento de aguas cloacales, basados en el uso de plantas acuáticas de gran poder depurador (Typha, Eichornia, Pistya, entre otros).

Estos sistemas, han demostrado tener una eficiencia significativamente alta en la depuración de aguas cloacales de complejos residenciales, pueblos, ciudades y viviendas particulares, en distintas regiones del mundo.

Los aspectos importantes derivados de la aplicación de estos sistemas es el re-uso del agua depurada y la obtención periódica de biomasa vegetal potencialmente aprovechable.

A mediano plazo, la instalación de estos Sistemas repercute en la calidad ambiental del entorno, razón por la cual los Sistemas Naturales son recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (E.P.A.) y otras agencias de protección del medio ambiente de distintas zonas del mundo.

4.d.2. Efecto de los distintos componentes que forman los humedales

Los principales componentes del humedal que influyen sobre el proceso depurador que se lleva a efecto en los humedales construidos son los siguientes:

- **Plantas**

En los humedales construidos se han utilizado una variedad de plantas emergentes semejantes a las encontradas en los humedales naturales.

Las plantas presentan varias propiedades que las hacen ser un componente indispensable en los humedales construidos. La función de mayor importancia de las macrófitas en relación con el proceso de tratamiento de las aguas residuales es el efecto físico que ellas producen. Las macrófitas estabilizan la superficie del lecho, proporcionando buenas condiciones para la filtración, además de proporcionar área superficial para el crecimiento de los microorganismos adheridos.

Las plantas de los humedales están morfológicamente adaptadas a crecer en los sedimentos saturados de agua en virtud de los espacios internos de aire que ellas presentan para el transporte del oxígeno desde las hojas hasta las raíces.

El movimiento interno del oxígeno hacia las raíces de las plantas no solamente sirve para la demanda de oxígeno que requieren las raíces para su respiración, sino que además permite la formación de una rizosfera oxidada alrededor de las raíces, pues a través de ellas fluye una cierta cantidad de oxígeno creando un ambiente aeróbico, mientras que a su alrededor las condiciones son anóxicas, permitiendo de esta forma la descomposición aerobia de la materia orgánica y el crecimiento de bacterias nitrificantes.

Otra función importante de las plantas en los humedales es la toma de los nutrientes, así como otros constituyentes presentes en el agua residual. La presencia de las plantas en los humedales es esencial, pues en el caso de los sistemas con flujo sub-superficial sus raíces son una fuente fundamental de oxígeno y la presencia de sus hojas, tallos, raíces, rizomas y detritos regula el flujo de agua y proporciona superficie para el crecimiento microbiano.

En resumen:

El oxígeno que absorben las hojas lo trasladan a las raíces permitiendo el desarrollo de microorganismos que degradan sustancias contaminantes. Además el oxígeno oxida otros compuestos ayudando a descontaminar el agua.

Las plantas también toman sustancias como nitrógeno, fósforo y otros compuestos de la materia orgánica presente en el agua utilizándolo para la elaboración de sus tejidos y el crecimiento.

Sus raíces segregan sustancias antibióticas que eliminan elementos patógenos.

- **El suelo y el medio soporte**

En los humedales construidos el proceso de tratamiento de las aguas residuales es llevado a cabo, fundamentalmente, por un complejo grupo de microorganismos adherido a las raíces de las plantas, rizoma y sobre la superficie del medio.

En los sistemas con flujo subsuperficial el medio puede ser suelo, arena o grava y los espacios libres del medio sirven como canales para el flujo del agua. Sobre la superficie del medio crece la masa de microorganismos semejante a lo que ocurre en un filtro percolador.

En resumen:

Este suelo está compuesto por piedras de distintos tamaños por donde circula el agua. Sirve de soporte a las raíces y rizomas de los vegetales y alberga los microorganismos que ayudan a degradar las sustancias contaminantes.

- **Microorganismos y demás organismos que se desarrollan en los humedales**

En los humedales se desarrollan una gran variedad de organismos que abarcan desde microorganismos como bacterias y protozoos hasta pequeños animales; siendo las bacterias el grupo fundamental en el proceso depurador de las aguas residuales. Como se ha explicado anteriormente, los humedales son sistemas de tratamiento biológico de las aguas residuales con biomasa adherida, presentando características semejantes a las de un filtro percolador. Como en todo sistema de tratamiento biológico, en los humedales se requiere de un sustrato para el desarrollo de los microorganismos responsables del proceso depurador y que el agua permanezca por un tiempo para que se desarrolle esta masa microbiana, además el funcionamiento del sistema depende de una serie de factores ambientales, siendo los más importantes: la disponibilidad del oxígeno y la temperatura.

En resumen:

Abarcan desde bacterias, protozoos y pequeños animales. Son fundamentales en proceso depurador del agua degradando los elementos contaminantes.

4.d.3 Mecanismos de remoción y transformación de los constituyentes de las aguas residuales.

En los humedales construidos la remoción de los contaminantes presentes en las aguas residuales es llevado a cabo por una variedad de complejos procesos físicos, químicos y biológicos, que en la mayoría de las ocasiones ocurren simultáneamente. En la tabla siguiente se presentan los principales mecanismos de remoción y transformación de los contaminantes de las aguas residuales en los humedales.

Constituyente del agua residual	Mecanismo de remoción
Sólidos suspendidos	Sedimentación / Filtración
Materia orgánica biodegradable (DBO)	Degradación microbiana (aerobia, anaerobia y facultativa) Sedimentación / Filtración
Nitrógeno	Amonificación seguida por la nitrificación bacteriana Volatilización del amonio Toma por la planta
Fósforo	Porción en el suelo (reacciones de adsorción – precipitación con el aluminio, hierro, calcio y minerales de la arcilla en el suelo) Toma por la planta
Metales pesados	Sedimentación Adsorción sobre la superficie de la planta y de los detritos
Patógenos	Sedimentación / Filtración Muerte natural Radiación ultravioleta Excreción de antibióticos por las raíces de las plantas

4.d.4. Datos obtenidos de la experiencia que realiza el Gobierno de Uruguay

La combinación de las cámaras sépticas empleadas en muchos países como tratamiento unitario, con filtros percoladores y otras formas de infiltración a terreno, fue estudiada por un equipo de especialistas de la Universidad de la República y del Centro de Estudio, Análisis y Documentación del Uruguay, obteniéndose resultados muy satisfactorios a escala experimental.

Los valores extraídos del seguimiento efectuado sobre algunos de los SFS, muestran eficiencias de remoción de coliformes fecales próximos al 99 %. Este seguimiento fue realizado durante las primeras 16 semanas a partir de la puesta en operación de dichos sistemas.

Tipo de efluente (orgánico)	Coliformes fecales (entrada al SFS)	Coliformes fecales (salida del SFS)
	(UFC / 100 ml)	(UFC / 100 ml)
Cloacal (domiciliario)	65.000 – 94.000	1.200 – 1.600
Cloacal (escuela)	57.000 – 82.000	900 – 1.400

Se observan valores de presencia de coliformes fecales aceptables para la utilización del agua obtenida para sistemas de riego. En el caso particular de la remoción de materia orgánica disuelta presente en el efluente cloacal, previamente tratado en la fosa séptica, se han obtenido valores de eficiencia entre el 65 y 77 %.

Tipo de efluente (orgánico)	DBO ₅ (entrada al SFS)	DBO ₅ (salida del SFS)
	(mg / l)	(mg / l)
Cloacal (domiciliario)	120 - 175	40 – 45
Cloacal (escuela)	110 - 180	35 - 40



5. Hipótesis

Con la recuperación y reuso del agua que contaminamos en la escuela se podrá desarrollar una hectárea de nuevos cultivos que se destinarán a diversas actividades prácticas y didáctico – productivas.

Este proyecto de tratamiento de efluentes se completará con la captación y uso del agua de lluvias a través de una cisterna de placas que permitirá el mantenimiento del humedal en la época estival

6. Desarrollo

El proyecto ha consistido hasta el momento en investigaciones realizadas por los alumnos en distintas páginas de internet y consulta con profesionales de la Dirección General de Irrigación, en la búsqueda de soluciones para la grave problemática de nuestra escuela y la zona.

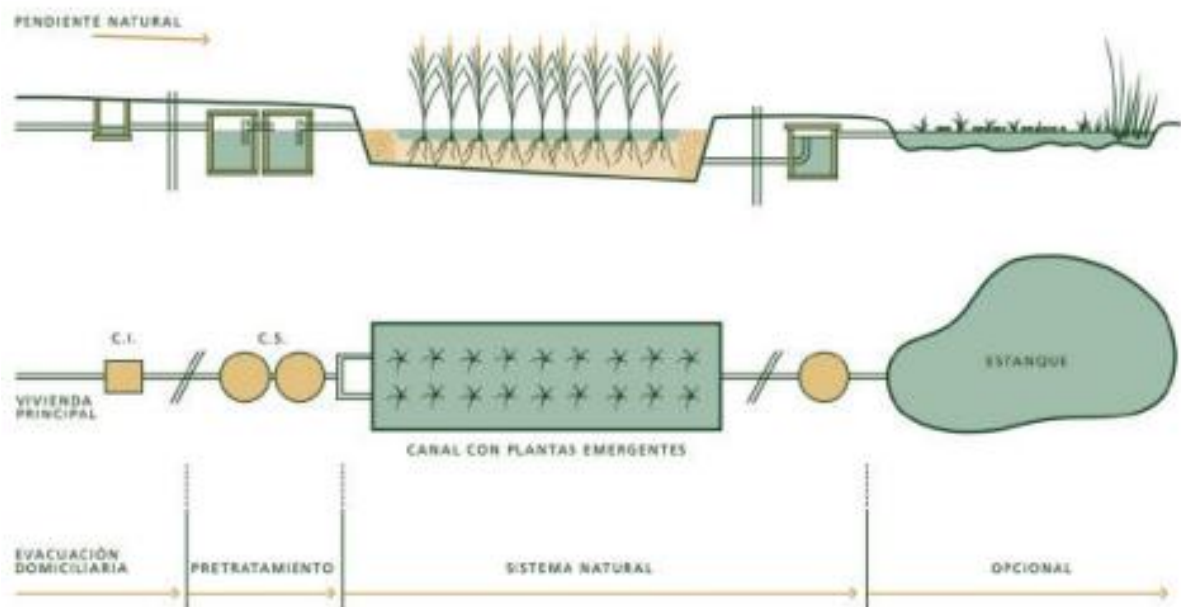
La escasa disponibilidad de agua limita las prácticas y actividades agrícolas en la escuela, además de impedir el desarrollo local. Una de las soluciones encontradas es el de recuperar y volver a utilizar el agua que contaminamos a través de sistemas que utilizan la naturaleza para depurar tanto aguas grises como negras.

El sistema de depuración de aguas cloacales elegido se clasifica dentro de los “naturales” y se denomina “Sistema de flujo subterráneo o subsuperficial”, porque el agua tratada circula siempre por debajo de la superficie.

En estos sistemas los contaminantes presentes en las aguas residuales son removidos por una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que se efectúan en el ambiente natural, entre estos procesos se encuentran la sedimentación, la adsorción a las partículas del suelo, la asimilación por las plantas y la transformación microbiana.

Consta de:

- a) Cámaras de pretratamiento
- b) Canal con plantas emergentes
- c) Estanque con plantas flotantes, peces, etc (opcional)



6.a. Cámara de pretratamiento

Tiene como finalidad principal la fragmentación y remoción parcial de los sólidos orgánicos contenidos en las aguas servidas. Esta función se realiza principalmente por sedimentación de dichas materias en la cámara, consiguiéndose así que de la misma salga un líquido sin materiales grandes en suspensión. Sin embargo, este proceso no culmina con la sedimentación, sino que ocurre un proceso de degradación biológica de los sedimentos en el interior del tanque, lo que provoca la descomposición parcial de los mismos.

Este proceso biológico transcurre en condiciones de ausencia de oxígeno (proceso anaerobio) y produce la transformación de la materia orgánica en compuestos solubles más simples y gases que se liberan. Estos gases pueden presentar olores desagradables, por lo que es importante que la cámara de pretratamiento posea una ventilación bien ubicada y con suficiente elevación para que dichos olores se diluyan naturalmente en el aire.

6.b. Canal con plantas emergentes

El canal de flujo subterráneo sembrado con plantas emergentes, ubicado a continuación de la cámara de pretratamiento, cumple la función de depuración final de las aguas descargadas.

El canal debe impermeabilizarse con plástico, luego llenar con piedras de distintos tamaños y arena constituyendo un medio poroso que permite el paso del agua y sirve de sustrato sobre el que se sembrará plantas emergentes. Este canal funciona como un filtro natural.

Los materiales orgánicos solubles, y aquellos que se formaron durante la digestión de los sólidos sedimentados en la cámara de pretratamiento, son degradados naturalmente durante su flujo a través del lecho con Typhas (juncos, eneas y espadañas), por el ecosistema formado en torno a las raíces de las plantas.

Este humedal con plantas acuáticas emergentes proporcionan un ambiente adecuado para el crecimiento de los microorganismos y permiten la filtración y adsorción de los contaminantes presentes en el agua residual, además de inhibir el crecimiento de las algas y favorecer la formación de zonas aerobias alrededor de las raíces debido a las características de estas plantas de trastocar el oxígeno desde las hojas hasta las raíces.

Como resultado de este tratamiento, se obtiene agua de calidad adecuada para su reutilización en riego.

Para la construcción del lecho o canal se elegirá un lugar soleado y de ser posible con pocas raíces de árboles.

El canal tendrá una pendiente aproximada de 1 % y a sus paredes se les dará suficiente pendiente como para evitar que se desmoronen. El canal comenzará con una profundidad de 40 cm y terminará con una profundidad siempre inferior a 0,80 metros.

6.c. Ventajas y desventajas de los humedales con flujo sub-superficial

La depuración de las aguas residuales en los humedales construidos se lleva a cabo, fundamentalmente, por la presencia de una población microbiana adherida a la superficie de las plantas en contacto con el agua residual y en el caso de los humedales con flujo sub-superficial se adiciona además los microorganismos adheridos al medio soporte.

Esto es favorecido por la trasmisión de oxígeno desde las hojas de las plantas hasta sus raíces que permiten una mejor oxigenación del agua residual y la creación de zonas aeróbicas alternadas a zonas anaeróbicas, con el consiguiente desarrollo de las correspondientes bacterias especializadas y la desaparición casi total de los patógenos, que no pueden sobrevivir a los rápidos cambios en la concentración del oxígeno disuelto en el agua.

Debido a que el medio poroso brinda mayor área superficial para el crecimiento de los microorganismos la velocidad de remoción en los sistemas con flujo sub-superficial es mayor. Por otra parte, debido a que el agua en estos sistemas fluye por debajo de la superficie del medio, no se presentan problemas con el desarrollo de los mosquitos y otros vectores.

Otras ventajas que se pueden citar es que no tiene gasto energético, el humedal se integra al entorno natural y paisajístico, puede ser copiado para ser construido en cualquier zona rural que crezca de servicio de cloacas, es económico en su construcción, de fácil mantenimiento.

6.d. Trabajos necesarios para instalar el sistema de tratamiento de aguas cloacales en la escuela (proyecto elaborado por el Dirección General de Irrigación)

Debido al deterioro en la estructura de los actuales pozos, se hace necesaria la inclusión en el proyecto una cámara de retención de grasas del efluente que se origina en la cocina y una nueva cámara séptica como tratamiento previo de retención de sólidos gruesos y flotantes antes de enviar los efluentes al humedal.

La nueva cámara séptica se debe ubicar en un lugar que permita recibir los efluentes del sector de baños ubicado en la zona de albergue.

6.d.1. Cálculo de dimensiones

Para el mismo se tiene en cuenta la población a servir:

- Alumnos y personal 200
- Alumnos internados 70
- Caudal máximo de proyecto 25 m³/día
- Caudal promedio 15 m³/día
- Dimensiones del humedal 10 x 40 x 1 m de profundidad
- Pendiente 1 %

6.d.2. Detalles constructivos

Se adjunta en el proyecto realizado por la DGI EL plano con dimensiones de la laguna, cortes y detalles. Plano de la cámara de retención de grasas y séptica. Se detalla el material para conducción del efluente al ingreso y cuadro de válvulas a la salida. También se adjunta plano de cámara de muestreo y aforo previo a la zona de reúso. También se detallan en los planos los espesores del material aislante y de relleno.

La cañerías utilizadas para la conducción del efluente desde la cámara en la escuela hasta el ingreso al humedal se utilizara caño Ø 160 mm para efluentes cloacales J/E. marca Tigre o similar. Para la salida del humedal caño de PVC Ø 110 mm J/P.

Las cámaras de limpieza de recepción de efluentes a la entrada y recorrido serán de 60 x 60 estándar con doble tapa. A la salida del humedal la cámara de nivelación y de válvulas para regulación del nivel del humedal será construida en hormigón armado de acuerdo a Plano de Detalle

6.d.3. Volúmenes de material para el relleno del humedal

Tipo de material	Tamaño granulométrico mm	Volumen m ³
Piedra partida	70- 120	18
Granza	5 - 30	210
Arcilla o bentonita		80

6.d.4. Cálculo de costos

De acuerdo a los cálculos realizados por personal de la Dirección General de Irrigación, el cálculo de costos de la obra sería:

OBRA: HUMEDAL ESCUELA AIDA FONT
--

ITEM N°	Descripción	U	Cantida d	Precios Unitario s	Montos \$	Incidencia s
1	limpieza y preparacion del terreno	m2	500,00	30,00	15.000,00	6,17%
2	excavación	m3	400,00	130,00	52.000,00	21,40%
3	relleno (terraplenes)	m3	400,00	150,00	60.000,00	24,70%
4	provisión y colocación granza	m3	210,00	250,00	52.500,00	21,61%

5	provisión y colocación piedra	m3	18,00	200,00	3.600,00	1,48%	
6	hormigón para armar h17	m3	15,00	1.700,00	25.500,00	10,50%	
7	sobretapas cámara inspección 60 x 60	u	5,00	550,00	2.750,00	1,13%	
8	acero para hormigón armado	kg	750,00	30,00	22.500,00	9,26%	
9	provisión e instalación tubería y accesorios pvc cloacal	ml	52,00	175,00	9.100,00	3,75%	
					TOTAL	242.950,00	

6.e. Cisterna de captación de agua de lluvias

En el momento de la discusión los alumnos identifican el problema del mantenimiento y funcionamiento del humedal durante la época estival, receso de verano, ya que el mismo no contaría con un caudal mínimo necesario.

Frente a este problema se realiza una pequeña investigación de la ocurrencia de las precipitaciones en la zona, coincidiendo la misma con esta época de receso. (en anexo gráfico de precipitaciones mensuales entre años 2009 y 2016).

En la búsqueda de soluciones para esta eventualidad, se buscó asesoramiento en INTA y surgió la posibilidad de construir una cisterna de placas que puede almacenar 15 litros, de fácil construcción y bajo costo.

Componentes del sistema

- a. Captación
- b. Recolección
- c. Interceptor de primeras aguas
- d. Almacenamiento
- e. Sistema de filtración rápida
- f. Red de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).

a. **Captación:** La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

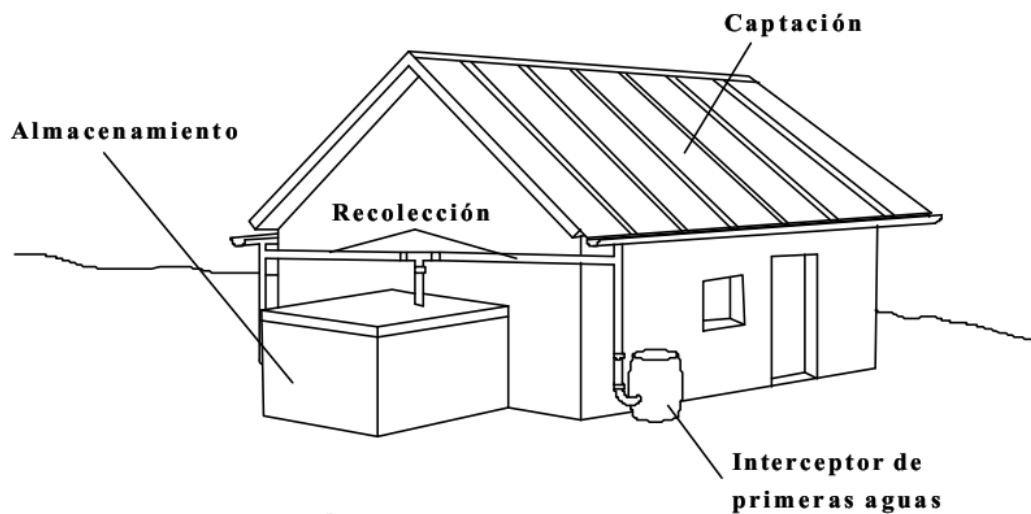
b. **Recolección y Conducción:** Este componente conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

c. **Interceptor de primeras aguas:** Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente.

d. **Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia

e. **Sistema de distribución y bombeo:** permite la distribución del volumen de agua almacenado en función de las necesidades.

Vale aclarar que su primera función es para la mantención del sistema de reúso de agua (humedal) conectado al ingreso del mismo, aprovechando la pendiente del terreno y en épocas que no sea necesario para dicha función, su agua se utilizara para riego con goteo por medio de una bomba.



CAPTACIÓN EN TECHO

Factores técnicos a tener en cuenta en la oferta y la demanda de agua

a. **Oferta de agua;** está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por lo cual es necesario contar con datos meteorológicos de precipitación del lugar de emplazamiento.

b. **Demanda de agua;** A su vez, la demanda depende de las necesidades y uso del interesado y que puede estar representada solamente por el agua para consumo humano, riego, etc.

Datos a tener en cuenta

Superficie de captación a utilizar

Superficie de albergue de varones- medidas 35m x 15m = 560m²

Volumen potencial de captación = sup. de captación . Precipitación promedio mensual
 = 560m² . 0,062m = 34,72m³ = 34720 L

7. Resultados obtenidos

De acuerdo a los cálculos realizados en el proyecto elaborado por el Departamento General de Irrigación, el caudal máximo de agua que puede recuperarse con el proyecto es de 25 m³/día (25.000 litros), con un caudal promedio 15 m³/día (15.000 litros).

Esta cantidad de agua nos permitiría regar mediante sistema de goteo una superficie aproximada de:

- 1 ha de vid, que requiere unos 16.000 litros/día/hectárea
- ¾ ha tomate(7500 m²), que requiere unos 30.000 litros/día/hectárea

Si bien no se ha proyectado aún las especies a cultivar, podemos tomar estos datos como referencia o ejemplos de futuros cultivos frutícolas y hortícolas.

Esta nueva superficie que podrá cultivarse se sumará a la ya existente que se riega actualmente por sistema de goteo, posibilitando la práctica de los alumnos en siembra/plantación de vegetales y manejo de distintos cultivos.

8. Discusión

El sistema natural de tratamiento de efluentes mediante flujo subterráneo ha sido probado desde la antigüedad con gran efectividad en muchos países del mundo, produciendo resultados eficientes, disminuyendo así importantes niveles de contaminación ambiental y dejando disponibles volúmenes de agua que se utilizan en cultivos.

La diversidad de contextos en los que se ha podido observar la construcción y funcionamiento de este sistema de tratamiento de aguas permite suponer que la zona de Desaguadero es adecuada para presentarlo como una solución factible y eficiente para remediar la problemática expuesta.

Este sistema natural que utiliza humedales mejora las condiciones de las aguas servidas quitando hasta un 99% de coliformes fecales y removiendo la materia orgánica disuelta hasta en un 65 a 77%. El agua así obtenida se puede volver a utilizar en la agricultura.

9. Conclusiones

La instalación de un sistema de tratamiento de aguas contaminadas mediante humedal y flujo subsuperficial proveerá a la escuela de un volumen adecuado de agua con la calidad necesaria para ser utilizada en nuevas actividades didáctico-productivas referidas al cultivo de 1 hectárea con distintas especies vegetales.

Si bien la superficie de 1 hectárea puede significar escasa o insignificante, si lo comparamos con los cultivos de cualquier oasis productivo de la provincia, resaltamos que estamos haciendo agricultura en un lugar que carece totalmente de agua de riego por acequias y cuyas napas freáticas tienen una elevada salinidad.

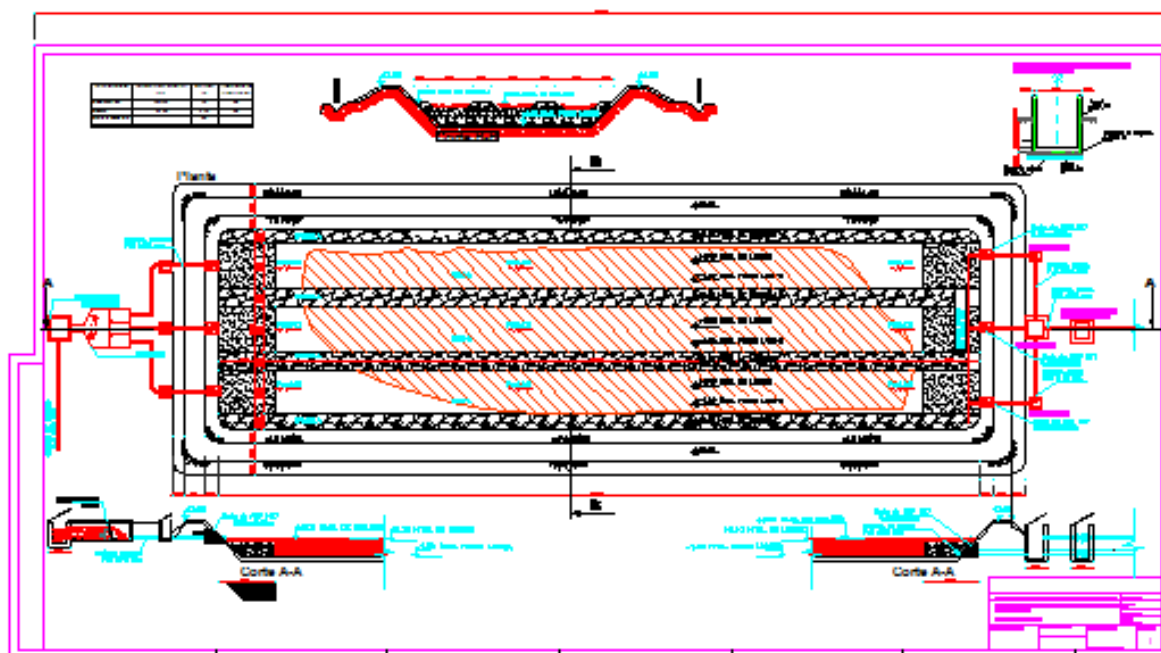
Otro aspecto importante es que este sistema servirá de modelo a vecinos, otras instituciones y escuelas que actualmente carecen de servicio de cloacas para replicarlo y ayudar a disminuir la contaminación ambiental.

En este aspecto desde la escuela tenemos pensado presentar el proyecto a la comunidad en cada evento que pueda desarrollarse, como festejos de la familia, festejos de fin de año, etc., para que se conozca como herramienta factible de instalar en cada vivienda para mejorar las condiciones ambientales y disminuir la contaminación.

Además se estima que con la construcción de la cisterna se solucionará el problema de falta de agua ocasionado por el receso de verano, manteniendo así las plantas cultivadas en el humedal todo el año.

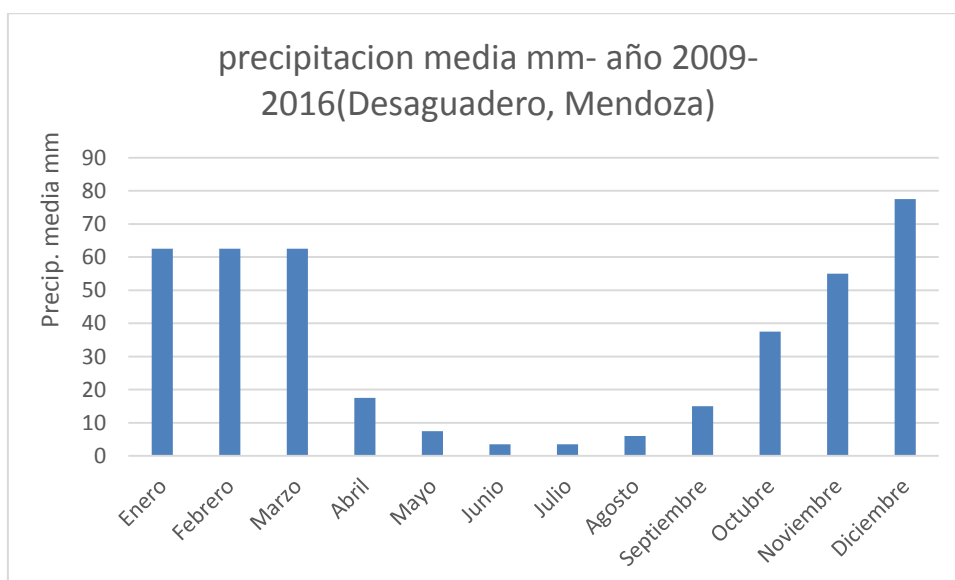
10. ANEXO

Plano humedal diseñado por Dirección General de Irrigación (en programa AUTOCAD)



Precipitación media min-máx 2009 -2016, Desaguadero, según datos de <https://es.climate-data.org>

Meses	Mínima mm	Máxima mm	Media mm	Sup. Captación m ²	Media mm	Volumen medio captado m ³	Volumen medio captado L
Enero	50	75	62,5	525	0,0625	32,81	32812,5
Febrero	50	75	62,5	525	0,0625	32,81	32812,5
Marzo	50	75	62,5	525	0,0625	32,81	32812,5
Abril	10	25	17,5	525	0,0175	9,19	9187,5
Mayo	5	10	7,5	525	0,0075	3,94	3937,5
Junio	2	5	3,5	525	0,0035	1,84	1837,5
Julio	2	5	3,5	525	0,0035	1,84	1837,5
Agosto	2	10	6	525	0,006	3,15	3150
Septiembre	10	20	15	525	0,015	7,88	7875
Octubre	25	50	37,5	525	0,0375	19,69	19687,5
Noviembre	50	60	55	525	0,055	28,88	28875
Diciembre	75	80	77,5	525	0,0775	40,69	40687,5



En base a esto podríamos coleccionar en promedio en época estival 32815 L, permitiéndonos mantener el humedal durante el receso de verano, además de poder contar con una fuente adicional para riego en caso de ser necesario.

- Precipitación máxima que podrá soportar 0,028mm
- Capacidad total – tanques de almacenamiento =16000 litro. Cisterna construida con ayuda del INTA- PRO-huerta
- Usos- riego- consumo

PRESUPESTO CISTERNA

Materiales	Cantidad	Unitario \$	Subtotal \$
Cemento (bolsa)	22	179	3.938
Arena(m ³)	3	578	1.734
Grava(m3)	1	340	340
Hierro 8(5/16)	12	112	1.344
Alambre retorcido kg	2	58	116
Alambre 12 Kg	12	50	600
Hidrófugo 10L	1	807	807
			8.879

PRESUPESTO CANALETA

Materiales	Cantidad	Unitario \$	Subtotal \$
Canaleta plástica 3m	17	290	4930
Codos plásticos	3	150	1.734
			6.664

MANUAL DE CISTERNA DE PLACAS, PASO A PASO (INTA)



11. **Bibliografía consultada**

- Eduardo Antonio Schiappacasse. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Instituto Nacional de Educación Tecnológica – Colección Serie: Recursos didácticos. 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. 2006
- Ingeniero Raúl Muzzio, PROYECTO CONSTRUCCION HUMEDAL PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES CLOACALES ESCUELA AIDA FONT, Departamento General de Irrigación. 2016
- Rosa Miglio Toledo. (Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú). Caso de estudio de proyectos de saneamiento sostenible - REUSO DE EFLUENTES DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES, Trujillo, Perú. Edición y revisión: Martina Winker, Stefanie Holzwarth. 2011.
- Gobierno de la República de Uruguay. AUTOCONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS CLOACALES - Uruguay
Pág web: <http://www.ceadu.org.uy/documentos/Sistemas%20naturales.PDF>
- Ing. Lucas Bianchini. Fundación YPF. Capacitación TRATAMIENTO DEL AGUAS PARA USO INDUSTRIAL Y POTABILIZACIÓN- TRATAMIENTO DE EFLUENTES.
- Construcción de tecnologías apropiadas – Cisterna de Placas – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – Presidencia de la Nación

Título: APROVECHANDO HASTA LA ÚLTIMA GOTA DE AGUA EN NUESTRO DESIERTO

Subtítulo: REUSO DE AGUA CONTAMINADA EN CULTIVOS DE LA ESCUELA

Escuela:

N° 4-182 "Aida Font"

Dirección: Ruta 7 Km 866, Desaguadero, La Paz - Mendoza

Teléfono: 02626-499216

Curso: 3ro 1ra

REGISTRO PEDAGÓGICO

El PEI (Proyecto Educativo Institucional) y el PIATEC (Proyecto Institucional del Área Técnica) de la escuela propician la participación de los alumnos en todo tipo de eventos, concursos, muestras, tanto escolares como extraescolares, porque permiten no sólo trabajos previos de investigación o la aplicación de conocimientos en tareas prácticas, sino que además proponen la defensa, exposición y socialización de los trabajos.

Los alumnos logran múltiples aprendizajes al investigar, indagar, resumir, relacionar conceptos, opinar, mostrar resultados, etc.

Estos encuentros permiten además el intercambio de ideas, conocimientos y experiencias que motivan a los alumnos y los impulsa a continuar y profundizar las labores escolares

El presente proyecto surge ante la invitación de la Dirección General de Irrigación, en el año 2012, para participar con los alumnos con propuestas referidas a la problemática del agua en la zona y la necesidad de asumir el desierto. Desde ese momento, y hasta el año 2016, comenzamos a proponer distintas alternativas que surgían de la observación y análisis de los alumnos sobre las realidades vividas en sus barrios y zonas de residencia.

En este caso, los alumnos participantes del presente proyecto pertenecen a tercer año de la escuela Técnica en Producción Agropecuaria, por lo que todas sus actividades se relacionan en mayor o menor medida con el medio ambiente; su cuidado y conservación son fundamentales para lograr resultados exitosos en estas actividades.

En el curso citado me desempeño como profesor de los espacios curriculares Bases Bioagropecuarias y Ecología Agraria. Los saberes fundamentales se refieren al conocimiento y puesta en valor de los individuos que forman los 5 reinos vivos, la descripción y análisis de los distintos elementos que conforman el ecosistema y la forma en que fluye la materia y la energía en el mismo, el valor que posee la biodiversidad, la identificación de acciones humanas que ponen en riesgo o protegen la diversidad biológica, el reconocimiento de la importancia fundamental que el agua tiene en la vida de todos los seres que habitan el ecosistema y las acciones que realizamos los seres humanos que producen contaminación o cuidado responsable del agua.

Entre los objetivos planteados está el respetar y valorar el medio ambiente y todos los seres vivos que componen un ecosistema, también realizar un uso responsable de los recursos naturales.

Los alumnos deben sentir que forman parte de un ecosistema, y que el mismo depende en gran medida de las actitudes y actividades del ser humano.

Si bien todos contaminamos el medio ambiente, el objetivo es hacerlo cada día en menor proporción y buscar alternativas para remediar lo contaminado para volver a utilizarlo.

Al trabajar el tema del agua en la materia "ecología agraria" los alumnos desconocían que en muchos lugares del mundo y de nuestro país lo contaminado se puede recuperar y reusar.

Les comenté que nuestra escuela tiene en estudio, junto al Departamento General de Irrigación, un proyecto para construir un humedal que permita tratar el agua contaminada que generamos en la escuela, para volcarlo al uso en nuevos cultivos.

A partir de este momento el interés por conocer e investigar más se instaló en el curso y surgió la idea de llevarlo a la feria de ciencias para compartirlo y difundirlo en la comunidad, debido a que el sistema es natural y puede ser copiado para instalarlo en una vivienda particular.

Los alumnos se dividieron en grupos para buscar información, otros para construir una maqueta explicativa, y poco a poco se fue armando el proyecto.

Del trabajo de investigación surgió que hay distintos sistemas para recuperar el agua, y que el que mejor se adaptaba era la construcción de un humedal, que sirviera de filtro natural, con flujo de agua subterráneo.

Durante la investigación surgió el problema de mantener el humedal vivo en los meses de verano, cuando ellos no asistían a clases y el gasto de agua era cero.

En las distintas charlas y debates sobre la problemática del agua había surgido también la posibilidad de utilizar el agua de lluvia como fuente que hoy se desaprovecha. Inmediatamente se vinculó este proyecto con el humedal porque las lluvias en la zona se producen mayoritariamente en esa misma temporada de receso.

Para resolver esta dificultad consultamos a profesionales de INTA que acercaron como idea la construcción de una cisterna de placas que podría almacenar el agua de las lluvias utilizando el techo de la escuela como receptor.

El tiempo destinado a la investigación, análisis y producción del proyecto no ha sido el suficiente porque es un tema apasionante, pero los alumnos tienen una importante carga horaria en otras materias que deben cursar y rendir evaluaciones.

Igualmente la problemática del agua y la contaminación quedó instalada en el curso, aunque también se logró concluir que hay diversas herramientas y estrategias que pueden ayudarnos a disminuir el consumo y hacer un uso más eficiente, mucho depende de la responsabilidad y creatividad con que actuemos en nuestro ecosistema.

En adelante se continuará trabajando para instalar y poner en funcionamiento el proyecto escolar, a partir del cual se iniciará el trabajo de campo de toma de datos, tanto de la eficiencia del sistema en cuanto a remoción de sustancias y elementos contaminantes como del volumen real de agua obtenida y su reúso en cultivos.