



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Estudiantes diseñan y proponen un innovador proyecto de tratamiento de aguas residuales

Este trabajo, centrado en las necesidades y características de la comunidad de Bijagua, en Upala, obtuvo el derecho de participar en una competición internacional que se celebrará en el mes de octubre en Estados Unidos

25 JUL 2023

Ciencia y Tecnología



Se trata de una iniciativa sostenible, que se enfoca en la economía circular, el aprovechamiento de subproductos mediante el cierre de ciclos, y que fomentará la educación ambiental y la atracción turística en la zona de Bijagua, en Upala. Imagen cortesía de los estudiantes.

Uno de los múltiples desafíos que enfrenta cada comunidad en Costa Rica es cómo darles el tratamiento adecuado a las aguas residuales, para proteger la salud de la población y el medio ambiente.

Este reto fue asumido por un grupo de estudiantes de diversas carreras de la [Facultad de Ingeniería](#) de la UCR, como parte de un proyecto que ha sido reconocido inclusive en eventos internacionales.

Se trata de la iniciativa denominada: **Centro de recuperación de subproductos y tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Bijagua, Costa Rica.**

Este trabajo lo realizaron Mauricio Alpízar Murillo, Roberto Roldán López y Alejandro Rodríguez Vargas, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil; Sofía Abarca Rodríguez, estudiante de la Escuela de Ingeniería Topográfica y de la Escuela de Ingeniería Civil; y Madison Arce Jiménez, estudiante de la Escuela de Arquitectura.

Este grupo de jóvenes son guiados por la M. Sc. Paola Vidal Rivera y el Dr. Erick Centeno Mora, profesores e investigadores del Laboratorio de Ingeniería Ambiental (LIA) de la Escuela de Ingeniería Civil.

Iniciativas que generan bienestar comunitario

En Bijagua, así como en el 85 % del territorio nacional, predomina el uso de tanques sépticos como sistema de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, esta opción puede plantear varios problemas a largo plazo.

Al crecer la población se multiplican las viviendas, lo que resulta en una **reducción del espacio disponible para ubicarlos.**

Otra desventaja que presentan los tanques sépticos convencionales es el nivel freático del sitio donde se coloque, ya que según las regulaciones actuales éste debe estar como mínimo a 2 metros de distancia del fondo del sistema de drenaje, pero muchas veces esto no se cumple.



El equipo de estudiantes responsables del desarrollo de este diseño afirmó que el esquema o modelo en que se basa este proyecto es único en Latinoamérica, y que ninguna planta de tratamiento construida tiene las características que ellos proponen. Foto cortesía de los estudiantes.

“Cuando el nivel freático es alto, provoca una contaminación significativa de las fuentes potenciales de agua potable y reduce la capacidad de infiltración del suelo, lo que conduce a problemas en los sistemas de evacuación. El tanque séptico es un sistema de tratamiento en el que la responsabilidad del mantenimiento recae totalmente en el usuario, y requiere al menos dos revisiones de mantenimiento preventivo al año para funcionar correctamente. Generalmente ese mantenimiento se descuida, debido a la falta de información y a las condiciones económicas”, se menciona en un resumen del proyecto elaborado por los estudiantes.

Ante este panorama es que nació la propuesta en cuestión, con el fin de **crear un centro de recuperación de subproductos y tratamiento de aguas residuales, en primer lugar para la comunidad de Bijagua, que se ubica en Upala, pero que se podría replicar en otras zonas del país.**

“Dicha iniciativa está enfocada en la educación ambiental, la economía circular y que rompa el paradigma de que las plantas de tratamiento de aguas residuales son lugares desagradables, de forma que pueda convertirse en un centro turístico y un esquema modelo para aplicar en otras localidades rurales del país”, recalcan los autores del proyecto.

Según los datos aportados por los estudiantes, su iniciativa se alinea con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, pues preserva la calidad de los cuerpos de agua, garantiza para la comunidad el acceso al saneamiento de forma adecuada, y fomenta el desarrollo turístico y comercial de la zona.

Cabe resaltar que **un actor importante en la consecución del diseño de esta planta de tratamiento es la organización internacional sin fines de lucro *Global Water Stewardship (GWS)***, la cual tiene casi 10 años de estar presente en Costa Rica y se enfoca en llevar soluciones de saneamiento hacia la gestión del recurso hídrico.

“Desde hace cinco años vienen haciendo concursos para comunidades específicas, en alianza con el **AyA** (Acueductos y Alcantarillados). A nosotros nos invitaron por primera vez hace tres años y desde entonces hemos participado activamente. **El diseño de esta planta de tratamiento lo hicimos desde cero, simplemente con datos teóricos que nos dio GWS e información sobre la población.** Incluimos el análisis de la caracterización del sitio en el que estarían los terrenos disponibles y empezamos a elaborar la propuesta”, recordó Alejandro Rodríguez.

La ejecución de este proyecto en la comunidad de Bijagua de Upala no ha sido aprobada todavía por las autoridades locales, pues forma parte de las opciones que tienen a su haber para mejorar la gestión de las aguas residuales. En caso de que sí se diera, se procedería a la búsqueda de los fondos económicos para construirlo.

¿Cómo funciona esta planta de tratamiento?

El esquema de tratamiento ideado por este grupo de estudiantes incluye un pretratamiento mediante rejillas y dos unidades de desarenadores, a los que se suman dos Reactores Anaeróbicos de Flujo Ascendente, cuya misión es darle un tratamiento idóneo al agua, y generar lodos y biogás como subproductos.



Para la comunidad de Bijagua de Upala, este proyecto representa además una atracción que les podría ubicar como un nuevo destino turístico, además del río Celeste y el volcán Tenorio. Imagen cortesía de los estudiantes.

El **biogás será recolectado y se le extraerá el sulfuro de hidrógeno**, mediante un proceso de microaireación; después se pasará por un condensador y se procederá a **almacenarlo en**

biodigestores tubulares (cilindros) de bajo costo.

De esta manera **se aprovecharía como gas de cocina en las viviendas de la comunidad de Bijagua, mientras que también se emplearía para calentar el agua residual tratada en una caldera.** Esta agua se transportará hacia el lecho de higienización, a través de una cama de tuberías, lo que permitiría la higienización de los **lodos para emplearlos como fertilizante clase B.**

Una vez que se cumplen estos pasos, el agua pasa a los humedales subsuperficiales para continuar con su tratamiento. Allí se utilizarían **plantas ornamentales autóctonas para tratar las aguas residuales, con lo que se pretende obtener beneficio económico de las flores que se produzcan, propiciando la sostenibilidad y economía circular.**

Posterior a esto, el agua pasa a un humedal superficial que fue diseñado para la proliferación de microalgas, y que se reduzca la cantidad de nutrientes vertidos en el punto de desfogue. El objetivo que se plantea acá es que disminuyan los índices de eutroficación del río y detener la pérdida de la diversidad biológica en los ríos.

Al recolectar y mezclar las microalgas con los lodos del reactor en un biodigestor, aumentará la producción de biogás. Al final del proceso, parte del **agua será bombeada a un tanque, en donde será clorada para utilizarla en los inodoros y para riego.**

Asimismo, este trabajo incluye un **diseño paisajístico, en la que las camas de los humedales tienen la forma de las características manchas que tienen las crías de las dantas, que es el animal emblema de la comunidad de Bijagua.** Esta idea tiene como fin crear un sentido de pertenencia entre la comunidad y el proyecto.

“Buscamos algún símbolo con el que la comunidad de Bijagua se identificara, para poder caracterizarlo y colocarlo dentro del diseño. Agregamos otras ideas para que las personas quisieran visitarlo, y que tuviera senderos para caminar y compartir. Serían detalles que volvieran el proyecto más atractivo”, contó Sofía Abarca.

Además, de esto, los lodos higienizados que serán reutilizados como fertilizantes clase B, se utilizarán en un vivero que formará parte del proyecto, y el cual será abastecido con las plantas autóctonas de los humedales subsuperficiales.



El objetivo de este novedoso diseño es aprovechar todo lo que produce la planta de tratamiento, como por ejemplo el biogás, para poder generar beneficios adicionales para la comunidad o para la misma planta, en cuanto a su mantenimiento o aumentando su infraestructura. Imagen cortesía de los estudiantes.

“Aplicamos ciertos modelos matemáticos y biológicos para poder estimar cómo se producían las microalgas y cómo podían remover los nutrientes del agua. También investigamos sobre cómo producir biogás y aprovechar el agua tratada para riego o limpieza en las viviendas. De esta forma **queríamos romper el paradigma que existe sobre las plantas de tratamiento de aguas residuales, de que son espacios molestos para las comunidades**”, subrayó Mauricio Alpízar.

Entre las especies ornamentales de esas plantas se encuentran platanillo, ave del paraíso, cala, planta bijagua, achiras, iris, lirios y azucenas. En el grupo de las plantas tradicionales estarían papiro, esparto, juncos y carrizo. Una característica muy importante que tienen todas estas especies es que presentan muchas raíces, lo que favorece la creación de una biopelícula de microorganismos que ayuda en el tratamiento del agua residual.

“Queremos que este proyecto se convierta en un atractivo turístico sostenible, con un bajo costo operacional y energético. Además, que sea **un espacio de educación ambiental para la comunidad, para lo que se creará un aula dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento, en la que se podrán impartir talleres de diversas temáticas relacionadas**”, afirmó Alejandro Rodríguez.

En cuanto al tamaño del espacio necesario para albergar esta planta de tratamiento, los estudiantes identificaron un área de 12 000 m² en Bijagua que resulta idóneo, pues los espacios dedicados solamente para los humedales suman 8 000 m².

“En términos de operación, todas las plantas de tratamiento requieren de un laboratorio para dirigir su accionar diario, pero en este caso el que se necesita es pequeño y muy sencillo. Y es que desde un inicio nos planteamos ese objetivo, pues no íbamos a proponer un sistema super complejo, que necesitara de un montón de profesionales muy especializados, porque además todo eso eleva los costos”, apuntó Madison Arce.

Un proyecto novedoso y replicable

Bajo el esquema propuesto por este equipo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería, se cumple con los límites de vertido que están definidos dentro del Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales de Costa Rica.

Esos parámetros de control de calidad del agua incluyen la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), y los nutrientes fósforo y nitrógeno.

“En estos últimos, la normativa vigente no define valores límite para vertido; sin embargo, la organización GWS nos brindó valores límite de referencia, los cuales también serían cumplidos por el plan de tratamiento propuesto”, señaló Mauricio Alpízar.



Vista de uno de los pasajes incluido en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales. Imagen cortesía de los estudiantes.

Por su parte, la M.Sc. Paola Vidal dijo que, además de que este proyecto cumple con los criterios técnicos y reglamentarios, tiene un valor extra, ya que integra varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible e involucra directamente a los integrantes de la comunidad de Bijagua.

“La innovación es parte fundamental en este proyecto, por lo que se integraron una serie de aspectos tales como plantas ornamentales en los humedales, un sistema de microaeración para la desulfuración del biogás, uso de un sistema de recirculación de agua tratada que se calienta con el propio biogás e higieniza los lodos para usarlos como fertilizante clase B, la inclusión de un vivero que se abastece de los subproductos de la propia planta, además de un sistema poco usual de humedal superficial con microalgas, que elimina parte de los nutrientes y que mitiga la eutroficación del río, y en paralelo se aprovechan las microalgas como acelerante para la producción de biogás en la planta”, indicó Vidal.

Mientras que la estudiante Madison Arce destacó que este proyecto tiene un consumo energético casi nulo, y aprovecha todos los productos que genera. “Se incluyeron elementos paisajísticos, para crear una interacción con la comunidad y por lo tanto surge un sentimiento de arraigo. Esto permite realzar la importancia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y cómo estos se pueden convertir en importantes centros de aprendizaje; este en particular tiene el objetivo de preservar la naturaleza presente en Bijagua”, agregó Arce.

Un esfuerzo que sobrepasa fronteras

Esta propuesta ganó la competencia *Student Design Contest* que organizó GWS, en el Centro Nacional de Alta Tecnología ([CeNAT](#)) del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) en noviembre del 2022.

Al quedar en el primer lugar, este grupo de estudiantes se clasificó al *Midwest Student Design Competition*, que realiza la *Central States Water Environment Association* ([CSWEA](#)) de Estados Unidos. Esta actividad se desarrolló en abril del 2023 en el *Monona Terrace Community and Convention Center*, en Madison, Wisconsin.



En abril del presente año, este grupo de estudiantes de la UCR participó en el *Midwest Student Design Competition*, que se llevó a cabo en el *Monona Terrace Community and Convention Center* en Wisconsin, EEUU. Foto cortesía de los estudiantes.

En esta segunda competición también triunfaron y de esa forma se **aseguraron la clasificación al [WEF Student Design Competition](#)**, un evento internacional al que se le conoce como la “cumbre mundial del agua”.

“Se trata de una de las actividades más importante de todo el planeta, relacionada con la temática del agua. Se realizará del 30 de setiembre al 4 de octubre del 2023, y es la primera vez que esta Universidad se hace presente. Sin embargo, **necesitamos de colaboración económica para poder estar ahí y participar. Diversas instancias de la UCR nos han brindado apoyo para asistir a las anteriores competencias, por lo que esta vez buscamos la colaboración de todas las personas”,** comentó Mauricio Alpízar.

Para ayudar a que este grupo de estudiantes universitarios puedan exponer su trabajo en esa cumbre internacional, se puede escribir al correo: alejandro.rodri%C3%ADguezvargas@ucr.ac.cr.

“La primera concepción que tienen las personas de una planta de tratamiento es que va a generar malos olores y que nadie va a querer construir edificaciones aledañas; pero cuando presentamos nuestro proyecto en Bijagua, con las características que le dimos,

notamos en las personas que ninguna lo rechazó y más bien les llamó mucho la atención”, concluyó Sofía Abarca.



[Otto Salas Murillo](#)

Periodista Oficina de Comunicación Institucional

Área de cobertura: ingenierías

otto.salasmurillo@ucr.ac.cr

Etiquetas: [ingeniería](#), [civil](#), [topografica](#), [arquitectura](#), [plantas](#), [tratamiento](#), [aguas](#), [residuales](#), [medio](#), [ambiente](#), [contaminacion](#), [desarrollo](#), [sostenible](#).