

Propuesta de humedal artificial como alternativa sustentable para el cuidado del medio ambiente

Artificial wetland proposal as a sustainable alternative for the care of the environment

Mejía Méndez Guillermo, Lara de la Calleja Marco Antonio, López Aguilar Roberto Carlos.

Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Carretera a Acuaco Zacapoaxtla Kilómetro 8
Totoltepec, 73680 Zacapoaxtla, Pue.

NOTA SOBRE LOS AUTORES

Guillermo Mejía Méndez: mejiatec2017@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-5877-0188>

Marco Antonio Lara de la Calleja: marcoantonio.lara@upaep.edu.mx  <https://orcid.org/0000-0001-6484-5211>

Roberto Carlos López Aguilar: robertocarlosiaz@hotmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-9545-5483>

Esta investigación fue financiada con recursos de los autores.

Los autores no tienen ningún conflicto de interés al haber hecho esta investigación.

Remita cualquier duda sobre este artículo a Guillermo Mejía Méndez.

RESUMEN

La presente investigación analiza la viabilidad técnico-financiera para el establecimiento de un humedal artificial en la comunidad de Morelos del municipio de Zaragoza, Puebla, bajo un enfoque de las ciencias ambientales. Un problema sustantivo de estos tiempos, es el deterioro ambiental progresivo propiciado por la actividad humana. En la comunidad de Morelos el afluente de aguas residuales diario es de 149,472 litros, con la propuesta del humedal se puede obtener agua tratada con un 70% de purificación, estas pueden ser utilizadas para riego de jardines u otras actividades que no impliquen su consumo directo. Otros de los productos que se pueden obtener del humedal son plantas y flores ornamentales como la flor de alcatraz, y junco, además de humus. Los

Recibido: 15/07/2022

Aceptado: 02/10/2022

Publicado: 01/12/2022



Copyright (c) 2022 Mejía Méndez Guillermo, Lara de la Calleja Marco Antonio y López Aguilar Roberto Carlos.
Esta obra está protegida por una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

indicadores financieros son positivos. La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es de 337% de rentabilidad, el Valor Actual Neto (VAN) es igual a \$24,669,186.70 pesos y la Relación Beneficio Costo (RBC) es de 7.90. Estos indican que desde el punto de vista financiero el instalar un humedal en la comunidad de Morelos es viable. De acuerdo al enfoque de sustentabilidad, desde lo social es viable porque genera empleos para las personas de la población; en lo económico les genera ingresos y mejor calidad de vida por la venta del agua tratada, plantas, flores, y humus; con un buen impacto ambiental porque ayuda a reducir la contaminación de los ecosistemas de la zona pero principalmente para evitar la filtración hacia los mantos acuíferos.

Palabras Clave: Economía, Sustentabilidad, Medio ambiente.

ABSTRACT

This research analyzes the technical-financial viability for the establishment of an artificial wetland in the community of Morelos in the municipality of Zaragoza, Puebla, under an environmental science approach. A substantive problem of these times is the progressive environmental deterioration caused by human activity. In the community of Morelos, the daily wastewater inflow is 149,472 liters. With the wetland proposal, treated water with 70% purification can be obtained, which can be used for garden irrigation or other activities that do not involve direct consumption. Other products that can be obtained from the wetland are ornamental plants and flowers such as the alcatraz flower, and reed, as well as humus. Financial indicators are positive. The Internal Rate of Return (IRR) is 337% of profitability, the Net Present Value (NPV) is equal to \$24,669,186.70 pesos and the Cost Benefit Ratio (RBC) is 7.90. These indicate that from a financial point of view installing a wetland in the community of Morelos is viable. According to the sustainability approach, from the social point of view it is viable because it generates jobs for the people of the population; economically, it generates income and a better quality of life for the sale of treated water, plants, flowers, and humus; with a good environmental impact because it helps to reduce the contamination of the ecosystems of the area but mainly to avoid filtration into the aquifers.

Keywords: Economy, Sustainability, Environment.

INTRODUCCIÓN

La UNESCO, informó en el año 2019 que el problema en el consumo del agua dulce ha ido aumentando considerablemente en todo el mundo siendo en promedio un 1% por año esto desde los 80's. Las causas de ello son diversas, pero se pueden resumir en una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo en evolución. Este aumento constante se ha debido principalmente a la creciente demanda en los países en desarrollo y en las economías emergentes, aunque el uso del agua per cápita en la mayoría de estos países sigue estando muy por debajo del uso del agua en los países desarrollados, los están alcanzando. Se estima que la demanda global de agua continúe aumentando a un ritmo similar hasta 2050, aumentos del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua (Burek et al., 2016). Si a ello agregamos que actualmente la contaminación del agua es ocasionada por el mal manejo de los drenajes que son arrojados directamente a los cuerpos receptores sin ningún tipo de tratamiento ni alternativas de mitigación, y que a su vez son utilizados por muchas comunidades aguas abajo. Dichas prácticas afectan la salubridad y calidad de vida de la población (Mena P., 2009). En este sentido Peña (2011), menciona que en México existen 47,233 comunidades rurales que tienen entre 100 y 2499 habitantes, y en lo general este alto número de poblaciones no cuenta con tratamiento para sus aguas residuales. Y aun cuando este sea una de las prioridades en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, en el corto plazo no se observa que pueda ser alcanzable el objetivo número 6 de los ODS que señala que para el 2030 debe de haber agua limpia y saneamiento. Tal como lo indica en el 2018 la ONU en su Informe de Síntesis del ODS 6 donde demostró 5 claramente que, si el ritmo actual de progreso permanece igual, el mundo no logrará este objetivo para el 2030.

Al analizar los datos nacionales tenemos que de acuerdo con la SEMARNAT, (2016) en nuestro país están presentes 653 acuíferos los cuales son administrados por aguas subterráneas mismos que aportan el 38.9%, del volumen para usos consuntivos, de esos, sin embargo 105 se encuentran en sobreexplotación, 32 con presencia de suelos salinos y agua salobre, y 18 con intrusión marina. Existen 731 cuencas bajo la administración de aguas superficiales, 8 de ellas son cuencas fronterizas. Son 51

los ríos principales, y éstos representan el 87% del escurrimiento total. Además, 65% del territorio nacional es ocupado por sus cuencas.

Conagua (2014), menciona que a nivel nacional existen 4904 plantas de tratamiento, de las cuales, 2287 están instaladas en áreas urbanas y 2617 tratan aguas residuales Industriales. Este número de sistemas de tratamiento solo tratan el 50% de las aguas residuales urbanas y 29% de las industriales. Para el caso de comunidades rurales (menor a 2500 habitantes), la instalación de sistemas de tratamiento es menos común, en estas áreas las atenciones prioritarias son aún la distribución de agua y/o la implementación de alcantarillado. Por lo anterior, es habitual que en comunidades rurales las descargas de agua residual sean un foco de posibles infecciones, y más aún cuando son vertidas a los cuerpos de agua, donde éstos son utilizados como sitios recreativos o donde el cuerpo de agua es la fuente principal del recurso para las actividades diarias. La falta de implementación de sistemas de tratamiento para mejorar la calidad del agua alude a los altos costos que se requieren para la instalación, manejo y operación de plantas tratadoras de agua, sumado a los elevados consumos de energía que estas requieren. Los datos básicos del Módulo Ambiental del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, edición (2011) menciona que la falta de agua y la creciente limitación al acceso al vital líquido, pero sobre todo de calidad apropiada para el consumo humano afectan a todos los países del mundo, de manera especial a aquellos países en vías de desarrollo como nuestro país y de continuar con esta situación y si sigue en aumento el ritmo de crecimiento poblacional así como de las actividades económicas, sin adoptar medidas de conservación y de reutilización. Las regiones de todo México, se enfrentarán a problemas cada vez más graves de escasez; con especial afectación de las zonas rurales y de las urbanas con alta concentración poblacional.

Un dato alarmante para el estado de Puebla es que ocupa el segundo lugar nacional en puntos de descarga de aguas residuales municipales sin 13 tratamientos, con 226 tiraderos, apenas 45 menos que el estado de México. Puga (2011), menciona que en todo el territorio de Puebla hay 226 puntos donde los municipios descargan sus aguas residuales contaminadas, desechos de hogares e industrias sin ningún tipo de tratamiento, y que no tienen algún tipo de control para estas aguas que se generan a diario, así mismo de los 217 municipios que hay en la entidad todos tendrían al menos

un punto de descarga de aguas residuales. De esos 226 lugares de descarga 124 van a dar directamente a barrancas y suelos, mientras que 89 están conectados a ríos y arroyos y dos más a lagos y lagunas. De acuerdo a datos del INEGI (2011), en Puebla sólo 38 de los 217 municipios de la entidad cuentan con los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de aguas residuales. Otros 164 municipios cuentan sólo con agua potable y alcantarillado, mientras que 13 municipios cuentan únicamente con agua potable. La participación ciudadana en la administración de los servicios de agua potable y saneamiento en Puebla tampoco es una práctica extendida, pues según el módulo ambiental del INEGI (2011) de los 217 municipios de la entidad 179 no cuentan con participación ciudadana alguna; sólo en 13 demarcaciones existe algún tipo de participación ciudadana, a través de consejos. Aunado a esto, el incremento de la población no hace más que agravar la situación, y se espera que para el año 2030 la población ascienda a 137.5 millones. La crisis del agua en México no es una amenaza futura sino un proceso que ya se hace sentir y que podría alcanzar niveles críticos en el primer cuarto de este siglo. Si el manejo del agua no experimenta un cambio radical en nuestro país, en 25 años México verá frenado su desarrollo por falta del recurso en varias ciudades, insuficiencia agro-productiva, colapso de varios ecosistemas y agravamiento de los problemas de salud pública. (Carabias et al, 2005)

Por ello entonces, se debe proponer una alternativa amigable con el medio ambiente, de bajo costo y que aunado a estas ventajas se tenga un mejoramiento del paisaje, estas características se ven reunidas en un humedal artificial y se diseñará para ayudar a la depuración de las aguas residuales provenientes del drenaje de la comunidad de Morelos, Zaragoza Puebla, y los beneficios que se pueden generar al establecer un Humedal Artificial para el tratamiento de aguas residuales, entre los beneficios que destacan son el económico, el social y el ambiental

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la propuesta de diseño de un humedal artificial en la comunidad de la colonia Morelos del municipio de Zaragoza, Puebla., será necesario la realización de diferentes actividades y para ello se seguirán distintas etapas, como se muestra a continuación:

1. Recorridos, observación y reconocimiento del área de trabajo de la comunidad con el apoyo de cartografía del lugar, y así conocer en donde desembocan las aguas residuales de la comunidad, para ello será necesario el uso de equipo como es el caso del GPS y el apoyo de las autoridades del lugar, esto con la finalidad de identificar cuantos son los desemboques que se tienen y a que parte de la zona terminan las aguas residuales y como afecta al lugar esta situación de no contar con un tratamiento a las aguas residuales.
2. Realización de un focus group, con autoridades municipales y locales, así como personal de casa de salud y algunos habitantes de la comunidad de Morelos, con el fin de conocer la problemática que se tiene sobre las aguas residuales en dicha comunidad y así poder encontrar la mejor solución sustentable en coordinación de todos los ya mencionados.
3. Medición de la cantidad de agua residual que cae del drenaje general por minuto, este aspecto es de suma importancia ya que nos permitirá conocer la cantidad de agua que se desecha por minuto en esta localidad de Morelos, con este dato se podrá determinar el tamaño que se requiere para el humedal, los datos que se obtengan se registraran en una base de datos en Excel.
4. Toma de muestras de aguas residuales, apoyándose de tablas de registro y poder ir anotando toda la información obtenida, es importante que se conozcan las características del agua residual que se generan en la comunidad de Morelos para es necesario realizar distintas tomas de muestra de agua residual, en diferentes condiciones de temperatura y horarios del día y con esto se pueda generar un dato específico de las características del agua.
5. Será necesario la colecta de plantas fitorremediadoras de la zona con el apoyo de prensas botánicas, así como cámara fotográfica y GPS para tomar el dato de donde se encuentran ubicadas, esto con la finalidad de determinar cuáles son las que se encuentran presentes en el lugar y estas puedan ser usadas en el proceso de purificación del humedal y así evitar el uso de plantas exóticas que pudieran no adaptarse a las condiciones de clima y agua.
6. La evaluación económica del diseño del humedal consiste en determinar la inversión inicial, así como determinar la rentabilidad del proyecto a través de la aplicación de los indicadores financieros, la Tasa interna de rentabilidad (TIR), el Valor actual neto (VAN) y la Relación beneficio costo, con

estos indicadores se podrá conocer que tan rentable es el establecer un humedal artificial y si generara un impacto económico a la comunidad de Morelos del municipio de Zaragoza, Puebla.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en 4 apartados importantes para el proyecto de investigación, aspectos técnicos del humedal, propuestas de plantas, indicadores financieros y beneficios no tangibles.

b) Aspectos técnicos. El almacenamiento que permite el humedal es de 149,472.00 (l/día) mientras que la carga hidráulica que soporta el humedal es de 326,240.00 (l/día). Por lo que no existe la posibilidad de que se inunde el humedal, sin embargo, se debe de procurar que el medio filtrante se coloque correctamente, para con esto evitar algún tipo de saturación.

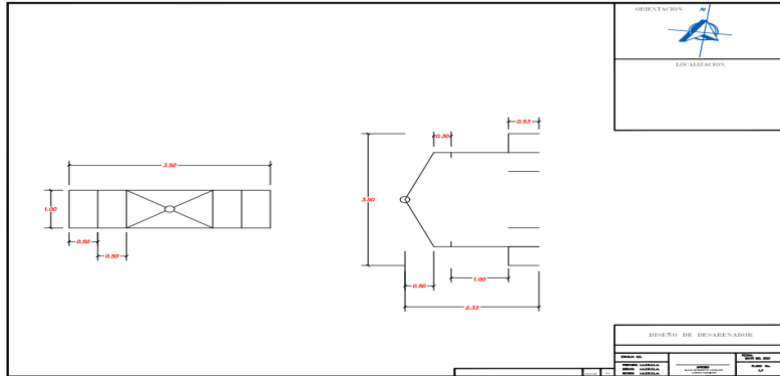
Es por ello que se adecua el almacenamiento de aguas residuales al número de días que debe permanecer en el humedal para ser descontaminada y redirigirse ya sea a un punto de almacenamiento o directamente al río que se encuentra cerca.

Almacenamiento requerido = 149,472.00 (l/día), N° de días en tratamiento = 4, Capacidad de almacenamiento total por 1 día del humedal es de 326,240.00 (l/día)

El tiempo que dura el tratamiento del agua en el humedal es de cuatro días con una carga hidráulica de 597, 888.00 litros, los cuales deben ser almacenados durante un periodo de 4 días, es por ello que se diseñaron 2 desarenadores, 2 estanques de recepción, que permitirán almacenar el agua proveniente del afluente del drenaje de la comunidad en cuestión, esto permitirá que el agua se pueda mantener almacenada por los 4 días y en donde plantas y bacterias realizaran su función la de limpiar las aguas residuales, una vez que allá pasado el tiempo de tratamiento en los humedales esta agua pasara a un estanque de almacenamiento para su distribución para uso agrícola o industrial o en su caso liberación al cauce natural.

Diseño de los desarenadores

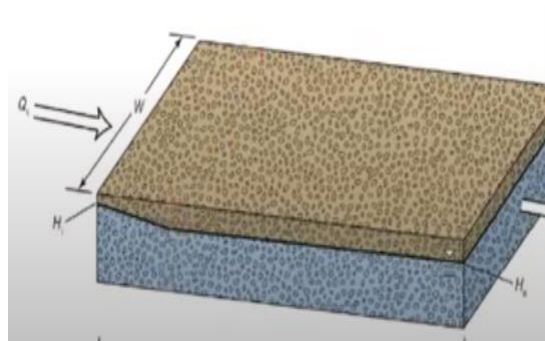
Figura 1 Diseño del desarenador.



Fuente: Elaboración propia

Diseño de estanques receptores del afluente del agua residual.

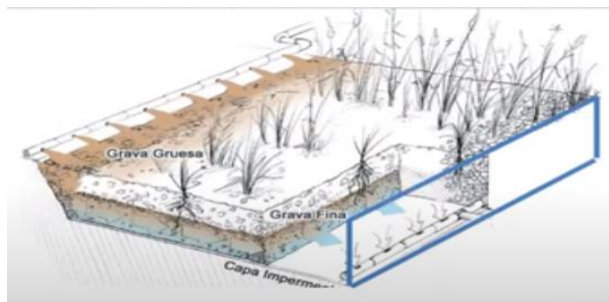
Figura 2. Diseño de estanques de recepción de afluente del agua residual



Fuente: Elaboración propia

Diseño del humedal

Figura 3. Diseño del humedal.



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 1-3 se muestran los diseños de desarenador, de estanques receptores así como el diseño del humedal, cabe mencionar que se utilizaran dos desarenadores para operación y mantenimiento, lo mismo dos estanques de recepción de aguas residuales con una capacidad cada uno de 74,736 litros de almacenamiento, es importante mencionar que estos se recomiendan construirlos de geomembrana ya que no se depositaran algún medio filtrante solo agua residual y plantas, permitiendo así reducir costos de construcción, así también se propone la construcción de dos humedales, estos deben de ser contruidos de mampostería con piedra acomodada ya que debe de soportar la carga de los materiales filtrantes como lo son las gravas, mismas que servirán de soporte a las plantas así también como medio de filtración natural del agua residual cada humedal tendrá una capacidad de 74,736 litros de agua por día y por ultimo un estanque donde se almacenara el agua tratada para su distribución para uso agrícola o industrial o su incorporación al cauce natural.

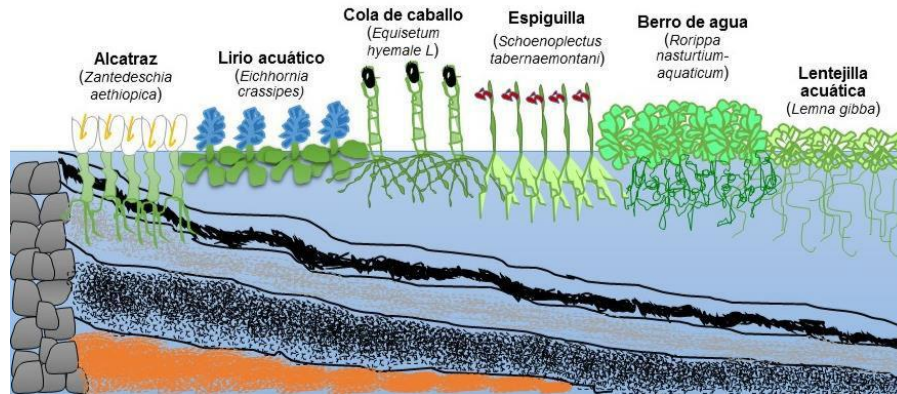
Para el caso de la pendiente que se recomienda para los estanques y humedales debe de ser mínimo del 5% esto con el fin de que el agua pueda circular sin problema y no haya estancamientos del agua, y se puedan acumular algunas partículas como lodos, es por eso la correcta pendiente.

Para el caso del sustrato o medio filtrante de acuerdo con Seoáñez (1999) el sustrato debe elegirse de acuerdo al tipo de suelo existente en el lugar para que las especies a utilizar tengan un ambiente favorable y logren sobrevivir, es por ello que para el diseño se usan 4 tipos de sustrato, con el fin de lograr una correcta filtración del agua residual.

El sustrato se coloca de acuerdo a la pendiente iniciando con mayor presencia en la parte inicial. En el inicio se coloca un muro de piedra acomodada el cual tiene la función de amortiguar la descarga. Posteriormente se coloca el sustrato de mayor tamaño que en este caso se usara como primer sustrato el tezontle, haciendo referencia que la cantidad de este material que se usara es de 67.50m³, después de la capa de tezontle se coloca otra capa de grava que cubrirá un espacio de 81.0m³ para retener los residuos sólidos que pueda contener el agua y que no hayan sido captados en los filtros, sobre la capa de grava se coloca una capa de arena de rio que debe cubrir un 81.0 m³ del espacio del humedal y que debe cumplir con la tarea de ser la base sólida en la cual se enraizaran las plantas,

finalmente se coloca una capa de 40.50m³ de carbón comercial molido el cual únicamente cumple con la función de eliminar los malos olores que evidentemente generan las aguas residuales. De igual manera se diseñó el modelo de la distribución de las plantas, de las cuales se seleccionaron 6 de las 7 identificadas teniendo en cuenta las características de cada una y los recursos que se pueden obtener de las mismas.

Figura 4. Corte transversal de humedal con plantas Fito remediadoras.



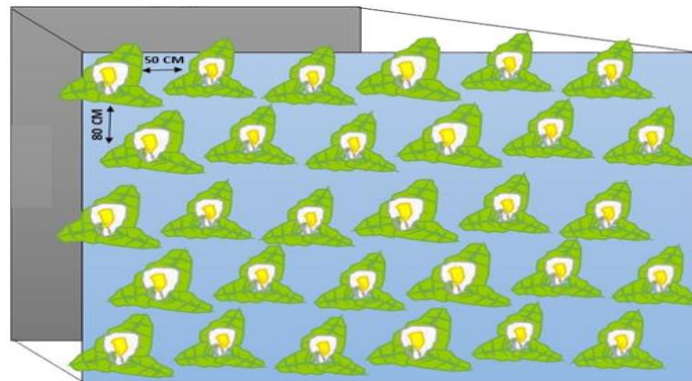
Fuente: Elaboración propia.

b) Selección y distribución de especies fitorremediadoras

Las especies seleccionadas se distribuyen de acuerdo a las medidas del humedal y los subproductos que se desean obtener. A continuación, se describe la distribución de las plantas en el humedal.

La flor de alcatraz muestra una alta aceptación en el mercado teniendo en cuenta que se utiliza para arreglos florales.

Figura 5. Distribución de las plantas de alcatraz en el humedal.

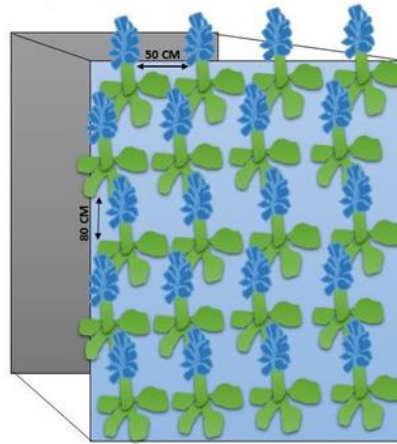


Fuente: Elaboración propia.

Con la planta de Alcatraz se recomienda establecer 3 plantas por metro cuadrado, cubriendo para este caso una superficie de 630 m², por cada humedal, se utilizan 210 plantas con un costo de 15 pesos cada una, de estas 210 plantas se aprovecharán 1260 flores por año considerando tres cosechas, por lo que por los 2 estanques de tendrá una cosecha promedio de 2520 flores. Los meses con mayor cantidad de floración son marzo, abril y mayo.

La planta de lirio acuático es muy vistosa y tiene gran aceptación en el mercado, para este proyecto se utilizarán 315 plantas por humedal como son dos humedales son en total 630 plantas, las cuales tienen un costo de 15 pesos cada una, con ellas se cubre un espacio de 630 m².

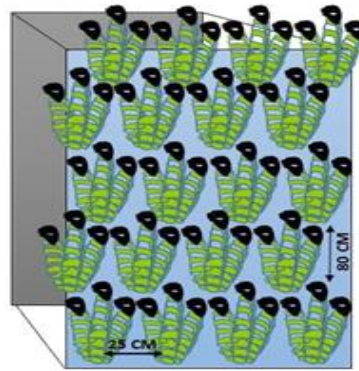
Figura 6. Distribución de las plantas de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en el humedal.



Fuente: Elaboración propia.

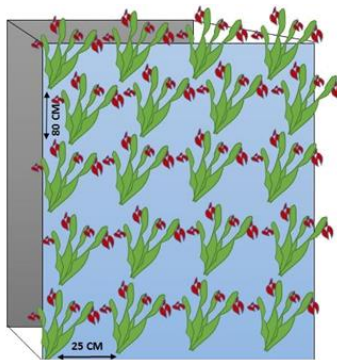
Al año cada planta tiene una producción de aproximadamente 15 flores, aunque la mayor parte de ingreso económico se reporta por la venta de plantas en maceta. Los meses con mayor cantidad reproductiva para el aprovechamiento de las plantas son de marzo a julio.

La cola de caballo es una planta que se utiliza en los humedales para la absorción de metales pesados, con esta planta se utilizan 5 plantas por metro cuadrado, utilizando un total de 126 plantas para cada humedal con medidas de 18 por 35 m, para este caso son dos humedales se usaran 252 plantas de cola de caballo.

Figura 7 Medidas de distribución de Cola de caballo (*Equisetum hyemale* L.).

Fuente: Elaboración propia.

La planta de cola de caballo además de absorber metales pesados también es consumida por el ganado, principalmente el bovino. Pudiendo ser una fuente de ingresos económicos para el particular. La espiguilla es una planta que se utiliza para la elaboración de artesanías. No tiene fecha específica de cosecha, aunque crece rápidamente se utilizan 5 plantas por metro cuadrado, utilizando un total de 126 plantas para cada humedal con medidas de 18 por 35 m.

Figura 8. Medidas de distribución de Espiguilla (*Schoenoplectus tabernaemontani*).

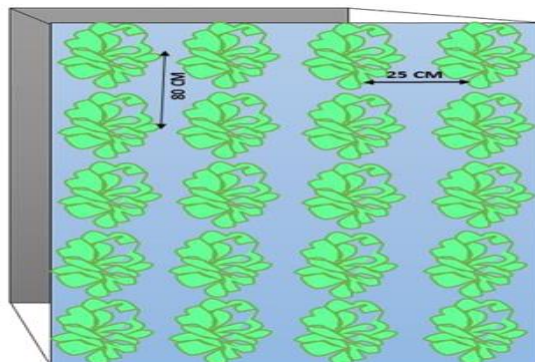
Fuente: Elaboración propia

El aprovechamiento de la espiguilla no es muy conocido, aunque se realizan diferentes productos con su tallo que son muy demandados en el mercado de las artesanías. La planta se identificó en gran abundancia por lo que no se requiere de una inversión inicial.

El berro de agua es conocido principalmente por ser una fuente de alimentación muy saludable, aunque en este caso los berros que se cultiven en el humedal no pueden ser consumidos por el ser

humano ya que al absorber los metales pesados del agua pueden ocasionar malestares en el ser humano.

Figura 9. Medidas de distribución de Berro de agua (*Rorippa nasturtium-aquaticum*).



Fuente: Elaboración propia.

Los berros de agua son utilizados como forraje para ganado, teniendo alta aceptación por los ganaderos de la región. Teniendo en cuenta que es una planta que se encuentra fácilmente en los alrededores no se tiene que realizar una inversión inicial.

c) Estudio económico financiero. El estudio económico financiero arroja

Tabla 1. TIR, RBC y VAN del humedal

| Concepto | Años | | | | | | |
|-----------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Suma |
| Ingresos (+) | | 7,451,389 | 7,451,389 | 7,451,389 | 7,451,389 | 7,451,389 | |
| Costos producción (-) | | 943,720 | 943,720 | 943,720 | 943,720 | 943,720 | |
| Tasa | 1 | 0.90909091 | 0.82644628 | 0.7513148 | 0.68301346 | 0.62092132 | |
| Ingresos (+) | | 6773990.11 | 6158172.83 | 5598338.93 | 5089399.03 | 4626726.39 | 28246627.3 |
| Costos producción (-) | | 857927.105 | 779933.732 | 709030.665 | 644573.332 | 585975.756 | 3577440.59 |
| Depreciaciones (+) | | | | | | | |
| Inversiones (-) | 2,457,925 | | | | | | |
| Reinversiones (-) | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Capital de trabajo (-) | 527,594 | | | | | | |
| Rec. capital trabajo (+) | | | | | | 527,594 | |
| Valor residual (+) | | | | | | 903,491 | |
| Flujo Neto de Efectivo | -1,930,330 | 6,507,669 | 6,507,669 | 6,507,669 | 6,507,669 | 7,938,754 | |
| Tasa de descuento (TREMA): | | 10.00% | | | | | |
| VAN: | 24669186.7 | | | | | | |
| TIR: | 337.07% | | | | | | |
| RBC | 7.90 | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), nos indica la tasa de interés máximo que puede pagar el proyecto por los recursos utilizados, a fin de recuperar la inversión y los costos de operación. En este caso se obtuvo una TIR = 337.07%, superior a la tasa utilizada que es el 10%, por lo que el proyecto se acepta como viable.

Se obtuvo un VAN de \$ \$24, 669,186.70 esta cantidad indica la ganancia total del proyecto en términos actuales o presentes, durante su vida útil, considerando su evaluación durante cinco años. La Relación Beneficio Costo (B/C) expresa los beneficios obtenidos por unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto. El criterio de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos, cuyo resultado sea igual o mayor que uno. Así tenemos que el resultado es de B/C = 7.90, este indica que, por cada peso invertido en el proyecto, se obtiene \$ 6.90 pesos de ganancia actual, por lo que el proyecto es viable.

En el conjunto de estos indicadores el proyecto se ubica de manera adecuada en el rango de aceptabilidad por que cumple los parámetros establecidos.

El análisis de sensibilidad de manera unidimensional, del proyecto del humedal artificial en la comunidad de Morelos del municipio de Zaragoza Puebla muestra los siguiente:

Tabla 2. Análisis de sensibilidad del proyecto de inversión rural (de manera unidimensional)

| Indicadores | Valores actuales | Valores cuando el precio del producto disminuye en 16% | Valores cuando el costo de los insumos aumenta en 16% | Interpretación |
|-------------|------------------|--|---|--|
| VAN | \$24,669,186.70 | \$19,954,467.46 | \$24,096,796.21 | De acuerdo con las variaciones se observa que es muy sensible a la disminución en el precio del producto, y menos sensible al aumento en el precio de los insumos |
| RBC | 7.90 | 6.58 | 6.81 | De acuerdo con las variaciones se observa que es muy sensible a la disminución en el beneficio costo, y menos sensible al aumento en el beneficio costo del proyecto |
| TIR | 337% | 273% | 329% | De acuerdo con las variaciones se observa que es muy sensible a la disminución en la Tasa de interés, y menos sensible al aumento en la Tasa de interés |

Debido a los niveles de sensibilidad del proyecto, se sugiere mencionar estrategias para enfrentar esa situación, entre otras, reducir costos de producción, aumentar la producción de flores y aumentar el precio de algunos productos debido a que es un producto útil para la agricultura libre de metales pesados y algún otro contaminante o patógenos.

d) Beneficios intangibles del humedal a la naturaleza. El proyecto aparte de tener una viabilidad económica es importante mencionar que con la implementación del humedal no solo se pueden obtener beneficios tangibles como es el agua, plantas flores, así como en el mejoramiento de la producción por el uso de abonos orgánicos en sus cultivos así mismo se pueden obtener otros beneficios que ayudan principalmente al ecosistema, estos pueden ser una fuente oxígeno al ambiente, pudiendo considerarse también como un medio de captura de carbono, contemplados en el programa pagos por servicios ambientales de la secretaria del medio ambiente (SEMARNAT), todo esto repercutirá en un ingreso económico más para los productores que participen en el proyecto y un aporte positivo al ecosistema de Morelos, Zaragoza y la región nororiental del estado de Puebla.

Focus group. En esta actividad se realizó en la plaza principal de la comunidad de Morelos del municipio de Zaragoza Puebla; en donde se realizaron reuniones con las autoridades municipales, locales y casa de salud de la comunidad para hablar sobre el problema de la contaminación de las aguas residuales que se descargan a las barrancas de la misma localidad así como afectando a la comunidad vecina que es Acuaco ya que dichas aguas se filtran a sus mantos acuíferos, en donde también por parte de la responsable de casa de salud hablo sobre el problema de las constantes enfermedades en niños y adultos que se presentan en la población, entre las que más destacan son las gastrointestinales pudiendo ser provocadas por el agua residual que se tiene estancada sin ningún tratamiento, coincidiendo a su vez el inspector y juez municipal así como autoridades del H. Ayuntamiento entre los que se encontraron fueron el director de ecología, el director de obras, así como el asesor general de ayuntamiento, y después de analizar diversas opciones para solucionar el problema se llegó al resultado de que la implementación del humedal artificial es la mejor opción ambiental, económica, social y sustentable, así mismo se llegó al acuerdo que la comunidad sean quienes manejen el propuesta y con esto se podrá evitar una situación burocrática del ayuntamiento municipal, haciendo así un comité de administración en donde la misma gente de Morelos, se emplee en las diversas áreas de producción, para ello es importante que se consideren a las mujeres en la producción, venta de plantas y flores ornamentales que se obtendrán de manera continua, se deben de incluir a los jóvenes y adultos comprometidos con el medio ambiente y que sean los encargados de llevar acabo el manejo y mantenimiento del humedal.

DISCUSIÓN

De acuerdo con las investigaciones realizadas, las plantas tratadoras de aguas residuales oscilan entre los 10 y 20 millones de pesos, por lo que se asegura que la implementación del humedal artificial para tratar las aguas residuales de la comunidad de Morelos en la opción más viable ya que no solo descontamina el agua si no que genera subproductos que generan un beneficio económico para el particular. Teniendo en cuenta que el humedal tiene un costo inicial de \$ 2, 362,576.00 y una planta tratadora industrial sencilla tiene un costo de 10, 000,000.00 con el humedal se tiene un ahorro económico del 80% además de que se generan mayor cantidad de subproductos que con la planta

tratadora industrial (ver anexo 7). Los humedales artificiales traen beneficios económicos, sociales y sobre todo ambientales de suma relevancia y la fauna indeseable que llega a los humedales como lo menciona Seoáñez (1999), estas pueden ser manejadas adecuadamente con un mantenimiento continuo y una buena distribución de las especies de plantas a utilizar. Según Kolb (1998) menciona que el humedal subsuperficial de flujo horizontal se debe usar arena y grava únicamente, sin embargo, lo adecuado es utilizar un sustrato de mayor tamaño para que al momento del desagüe permita un flujo continuo, además el fin de agregar una capa de carbón comercial es un atenuante para la captación de los malos olores.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el proyecto es viable ya que la inversión inicial de \$2,457,925.10 se recupera en un periodo menor de un año, además de que se logra su sustentabilidad ya que el gasto económico es continuo por el mantenimiento mensual que se le debe dar al humedal y el ingreso que genera siendo este de \$7,451,389.00 millones de pesos, recurso que cubre completamente el gasto además de mantener un rango económico favorable obteniendo una utilidad económica anual de \$6,343,869.00 millones de pesos y una relación beneficio costo de 7.90 esto indica que por cada peso invertido se obtendrán 6.9 pesos de ganancia. De acuerdo a los resultados obtenidos en la elaboración de este proyecto se logra un diseño del humedal que es el adecuado ya que se apega a las características de la zona además de que de acuerdo a los costos que se generan por las diferentes actividades que deben realizarse son accesibles para el H. Ayuntamiento, en este caso se logra una completa sustentabilidad que no permite realizar inversiones extras además de la inicial y que en un corto periodo genera ingresos económicos para el mantenimiento del mismo, como ya se mostró en el párrafo anterior.

Se elaboró el diseño del humedal de acuerdo a las características de la zona, el modelo propuesto es el humedal subsuperficial de flujo horizontal ya que este permite el flujo adecuado del agua y la retención de los sedimentos contenidos en la misma. Los costos de establecimiento del humedal, que de acuerdo al diseño genera un gasto inicial de \$ 2,457,925.10 teniendo en cuenta que este costo esta extrapolado únicamente al costo de establecimiento sin tomar en cuenta los costos de

análisis de laboratorio ni de los gastos operativos durante el levantamiento e interpretación de datos en campo. Las especies que de acuerdo a sus características se eligieron son seis para introducir en el humedal, así como ser las más viables para la obtención de productos de ornato como flores las que se obtienen de alcatraz y el lirio acuático y de forraje como el berro de agua y la lentejilla de agua.

Los principales ingresos obtenidos de los productos obtenidos del humedal se obtienen de la venta del agua tratada a productores de papa de la junta auxiliar de Oyameles y productores locales, así como forraje (berro y lentejilla) para el ganado principalmente vacuno ya que la venta de productos de ornato no cuenta con un mercado cercano lo que genera gastos de transporte de las flores a la capital del estado y el beneficio económico es menor.

LITERATURA CITADA

- Burek, P., Satoh, Y., Fischer, G., Kahil, M. T., Scherzer, A., Tramberend, S., Nava, L. F., Wada, Y., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Magnuszewski, P., Cosgrove, B. y Wiberg, D. 2016. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Documento de trabajo. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). pure.iiasa.ac.at/13008/
<https://doi.org/10.1002/2016ef000503>
- Consejo consultivo del agua, A.C. (2017). Situación y contexto de la problemática del agua en México.
<https://www.aguas.org.mx/sitio/panorama-del-agua/diagnosticos-del-agua.html>
<https://doi.org/10.2307/j.ctv1gn3smh.7>
- Carabias Julia [y otros]. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos, UNAM, El Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte. México, D.F, p. 221.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-01-10>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2016) Estadísticas del agua en México. p.124.
http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf. <https://www.gob.mx/conagua>.
<https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2020-v12-1-07>

- Conagua (2016). Situación del subsector Agua Potable. Drenaje y Alcantarillado, p.15. http://www.pigoo.gob.mx/CONAGUA/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf
- Conagua (2011) Agenda del agua 2030, p. 6, 17. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-10-12baja.pdf>.
- Inegi. (2015). Búsqueda estadística en su sitio bajo PIB y Cuentas Nacionales de México/Económicas y Ecológicas.
- Inegi. (2015). Búsqueda estadística en su sitio bajo Población/Mortalidad/Principales causas/Total.
- Kolb, P. (1998). Design of a constructed wetland (pilot plant) for the reclamation of the river Besós, Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur, Universität für Bodenkultur.
- Mena P., Ojeda C. (2009). Diseño de un sistema de humedales artificiales como base para una futura implementación en el corregimiento de San Fernando, Municipio de San Juan de Pasto, Republica de Colombia. Universidad de Buenos Aires, Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua CETA. 139 pp. <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53264>
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (1951). Convención sobre el Estatuto de los Refugiados. www.refworld.org/docid/3be01b964.htm .2018a. Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. Nueva York, Naciones Unidas. www.unwater.org/app/uploads/2018/07/SDG6_SR2018_web_v5.pdf <https://doi.org/10.18356/6e064103-es>
- UNESCO (La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf> <https://doi.org/10.18356/06d65400-es>
- Peña M. (2003). Lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales, Universidad del Valle, Instituto CINERA, Cali. <https://doi.org/10.22209/rt.v43n1a06>
- Puga, M. J. (2012). Puebla, segundo lugar con más descargas de aguas residuales: Inegi. La Jornada de Oriente, Puebla. 1pp.
- Semarnat, Conagua. (2016). Estadísticas del Agua en México, Edición 2016. Conagua. Pág. 27-28.

Semarnat, Conagua. (2016). Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, edición 2016. CONAGUA. Pág. 18

Semarnat, Conagua. (2016). Estadísticas del Agua en México, Edición 2016. Conagua. Pág. 144

Seoàñez (1999). Manejo de aguas residuales mediante el uso de humedales artificiales. Capítulo 2. México. 356 pp. <https://doi.org/10.21142/tl.2022.2479>

WWAP (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos). (2006). El Agua: una responsabilidad compartida. 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. París, UNESCO. www.unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405E.pdf <https://doi.org/10.18356/88a20e7e-es>

Copyright © 2022 Copyright (c) 2022 Mejía Méndez Guillermo, Lara de la Calleja Marco Antonio y López Aguilar Roberto Carlos.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)