



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**VIABILIDAD FINANCIERA DE UN SISTEMA DE  
REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA LA  
PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS Y ORNAMENTALES EN  
IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO**

**T E S I S I N A**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:**

**SAAVEDRA DOMÍNGUEZ SONIA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**M. EN C. ELISEO CANTELLANO ROSAS**

**CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2017**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde comencé a formarme desde muy temprana edad, responsable de cultivar y hacer crecer mi amor por la ciencia.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por brindarme incomparables amistades, compañeros y guías en la formación que trasciende a la presente licenciatura.

A Eliseo Cantellano de Rosas por ser un sobresaliente profesor, por creer y confiar en mí, además de apoyar mis ideales ayudándome a crecer como investigadora; por todo su apoyo, asesoría y los momentos que dedicó específicamente a mí, además de ser un gran amigo.

A la profesora Maricela Arteaga por su sincera opinión, sus consejos y asesorías. A mis sinodales Alejandro Córdova, Alberto Méndez y León Esteban Juan, por enriquecer esta investigación con sus contribuciones.

## DEDICATORIA

A mi padre Jesús Saavedra, el hombre más inteligente que conozco. Mi mejor ejemplo de fortaleza, disciplina y valentía ante las adversidades; cualidades que me han guiado y ayudado a evolucionar a lo largo de este viaje llamado vida.

Mi madre Sonia Domínguez, esa persona que día con día ha estado presente, queriéndome, cuidándome y brindándome su apoyo incondicional. Quien por medio de sus acciones me ha demostrado todo el amor que una madre puede dar.

A mis hermanitos, Enrique y Maximiliano, los increíbles compañeros que la vida me dio, a pesar de ser más pequeños aprendo mucho de ustedes. Gracias por su cariño incondicional.

A mi abuelita Queta, mis tías Alberta y Toña, a mis primos Carlos y Michelle mis mejores amigos. Agradezco que la vida me haya dado una familia como ustedes, por todas las lecciones aprendidas, que no sólo son las de los libros, sino el ser parte de todo; respirar desde las rocas, los árboles, desde el océano.

A Yliana Escamilla, Pau Carreon, Erika Flores, Diana Navarrete, Celilia Calixtro, Andy Michel, Francisco Lozano, Luis Manríquez, Rodrigo Cabrera, los amigos; esa fracción de familia que nos da vida. Y a Adrián Moreno, quien sé que está aquí presente, nos volveremos a encontrar.

## ÍNDICE

1. Resumen .....	7
2. Introducción.....	8
3. Marco Teórico.....	10
3.1 Reutilización de aguas residuales .....	10
3.2 Aguas grises .....	12
3.3 Calidad de las aguas grises.....	13
3.4 Humedales.....	13
3.5 Cultivo de hortalizas en invernadero .....	18
3.5.1 Cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) .....	18
3.5.2 Cultivo de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ).....	21
3.5.3 Cultivo de calabaza ( <i>Cucurbita pepo</i> ) .....	23
3.5.4 Cultivo de anturio ( <i>Anthurium andreanum</i> ) .....	25
3.5.5 Cultivo de alcatraz ( <i>Zantedechia aethiopica</i> ).....	27
3.6 Indicadores de Rentabilidad .....	31
3.7 Valor Actual Neto (VAN) .....	32
3.8 Tasa Interna de Retorno (TIR).....	32
3.9 Punto de Equilibrio y relación Beneficio – Costo .....	33
4. Planteamiento del Problema .....	35
5. Justificación .....	37
6. Área de Estudio .....	38
7. Objetivos .....	40
7.1 Objetivo General .....	40
7.2 Objetivos Particulares .....	40
8. Método.....	41
9. Resultados y discusión .....	43
9.1 Descripción del sistema.....	43
9.2 Productos del sistema e ingresos asociados .....	44
9.3 Costos de establecimiento y manejo del sistema .....	48
9.4 Indicadores de rentabilidad .....	50
10. Conclusión y recomendación .....	57
11. Bibliografía.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Depuración del agua residual en un humedal artificial. (.Arias <i>et al.</i> , 2005).....	<b>14</b>
<b>Figura 2.</b> Tipos de invernaderos (SAGARPA 2014).....	<b>17</b>
<b>Figura 3.</b> Crecimiento determinado e indeterminado de <i>Lycopersicon</i> .....	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b> Diversidad de colores de <i>Anthurium andreanum</i> .....	<b>26</b>
<b>Figura 5.</b> Órganos de reproducción de alcatraz a) rizoma y tubérculo. ....	<b>28</b>
Fuente: Cruz Castillo y Alfaro Chimalhua (2005). ....	<b>28</b>
<b>Figura 6.</b> Crecimiento vigoroso de <i>Zantedeschia aethiopica</i> : a) nacarado y b) rosado. Ambos con una longitud aproximada de 75cm. Se aprecian los pecíolos y las hojas en forma acorazonada. Fotos de Miguel Ángel Mendoza Rosales. Universidad Autónoma de Chapingo.....	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b> Imagen de la Unidad Habitacional “Ex Lienzo Charro” ubicada en Av. Manuel Escandón No. 64 Col. Álvaro Obregón Delegación Iztapalapa. Fuente Google Maps.....	<b>38</b>
<b>Figura 8.</b> Imagen de la localización de la Delegación Iztapalapa, ubicada dentro de la Ciudad de México. Fuente Google Maps.....	<b>39</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Variedades de alcatraz perenne. ....	<b>30</b>
<b>Cuadro 2.</b> Producción anual de calabaza ( <i>Cucurbita pepo</i> ). ....	<b>45</b>
<b>Cuadro 3.</b> Producción anual de jitomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ). ....	<b>46</b>
<b>Cuadro 4.</b> Producción anual de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ). ....	<b>47</b>
<b>Cuadro 5.</b> Producción anual de anturio ( <i>Anthurium andreanum</i> ). ....	<b>47</b>
<b>Cuadro 6.</b> Producción de alcatraz ( <i>Zantedeschia aethiopica</i> ). ....	<b>48</b>
<b>Cuadro 7.</b> Presupuesto de Inversión. Elaboración propia. ....	<b>49</b>
<b>Cuadro 8.</b> Memorias de cálculo. Elaboración propia. ....	<b>50</b>
<b>Cuadro 9.</b> Proyección de Costos. Elaboración propia. ....	<b>51</b>
<b>Cuadro 10.</b> Costos totales. Elaboración propia. ....	<b>52</b>
<b>Cuadro 11.</b> Estado de Resultados. Elaboración propia. ....	<b>53</b>
<b>Cuadro 12.</b> Flujo de efectivo. Elaboración propia. ....	<b>54</b>
<b>Cuadro 13.</b> VAN, TIR y BC. Elaboración propia. ....	<b>54</b>



## 1. Resumen

Las aguas residuales son un problema ambiental y de salud pública y su reutilización permitiría contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas. Las aguas grises son una alternativa frecuente para el riego de hortalizas, sin embargo, es necesario analizar y valorar las posibilidades de su tratamiento y reutilización. Una alternativa para ayudar con dicha problemática son los humedales artificiales, sin embargo es necesario demostrar su viabilidad financiera para pequeños núcleos urbanos. En el presente estudio se realizó el análisis de la viabilidad financiera de un humedal artificial, para reutilizar aguas grises en la producción de hortalizas, establecidas en una vivienda ubicada en un complejo habitacional en Iztapalapa, Ciudad de México. Se recopilaron los datos de inversión y mantenimiento, así como los precios de los productos obtenidos con el sistema, determinando los indicadores de evaluación económica: valor neto actual (VAN), relación costo-beneficio (B/C), punto de equilibrio y tasa interna de retorno (TIR). Los resultados fueron VAN= 13,442.01, B/C= 1.08 TIR= 42.85%, con base en estos indicadores se concluyó que el proyecto resulta poco rentable desde el punto de vista económico y por lo tanto la rentabilidad del proyecto no resulta viable.

## 2. Introducción

El agua es un recurso vital para la vida y soporte del desarrollo económico y social a nivel mundial, forma parte fundamental de los ecosistemas y es necesaria para la conservación del medio ambiente y su biodiversidad. Sin embargo, la distribución del agua es desigual, en algunas regiones es abundante mientras que en otras es escasa o inexistente (INEGI, 2006).

El Valle de México tiene una extensión de 9600 km<sup>2</sup> y se ubica a 2240 msnm. Originariamente era una cuenca cerrada, la cual fue artificialmente abierta a finales del siglo XVII para evitar inundaciones. En él se asienta la zona urbana más grande del país, con 18 millones de habitantes, además concentra gran parte de la actividad industrial, comercial y política del país (Jiménez *et al.*, 2008)

En la Ciudad de México, el 80% del agua se emplea para fines locales, 5% para la industria y 15% para riego. En otras palabras, el “principal usuario” es la población en general. A partir de esta agua se genera en promedio anual 45 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales (Jiménez *et al.*, 2008). La mancha urbana ha crecido de manera exponencial abarcando la mayor parte del territorio de las delegaciones de la Ciudad de México (INEGI, 2012), y que aunado a la falta de cultura sobre el cuidado, manejo y reutilización de los recursos hídricos y de las áreas verdes, ha mermado la calidad de vida de los habitantes de dicha ciudad (Alcocer, 1995; Alcocer *et al.*, 2012).

Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI, 2013) reveló que la disponibilidad natural media de agua por habitante de la Ciudad de México, es de 4505 m<sup>3</sup>, resaltando que el desperdicio,

la falta de pago por servicio, la contaminación del recurso, su uso inadecuado, deficiente administración y casi la nula preocupación por su reutilización ha dado lugar a que a nivel nacional, México, se encuentre entre los países con una disponibilidad de agua promedio baja, ubicándose en el lugar 81 a nivel mundial. Las condiciones socioeconómicas que actualmente se proyectan en la mayor parte de las delegaciones de la Ciudad de México, sobre todo en las más grandes y más pobladas, han determinado que las viviendas sean de tamaño reducido, con poco acceso a áreas verdes. La calidad de servicios hídricos se deteriora y empeoran con el paso del tiempo, ocasionando un impacto negativo en la calidad de vida de los habitantes (Mantillona y Montero, 1995; Palacios-Blanco, 2011).

Un ejemplo de esto son los complejos habitacionales ubicados en la delegación Iztapalapa, donde la demanda del recurso hídrico es muy alta y el servicio es deficiente; además, las superficies destinadas a áreas verdes son reemplazadas por pavimento e instalaciones alejadas de su finalidad original, limitando el uso de técnicas de mejoramiento del medio ambiente (CONAGUA, 2010).

### 3. Marco Teórico

#### 3.1 Reutilización de aguas residuales

La descarga de aguas residuales en cursos naturales de agua, por ejemplo: arroyos, ríos y humedales, es una práctica antigua surgida de la necesidad de evacuar dichas aguas fuera de los núcleos urbanos. El impacto ambiental que tales descargas causan, obligó a considerar que la depuración previa era imprescindible (Fernández *et al.*, 2014)

Actualmente uno de los principales retos que enfrenta México es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. El manejo inadecuado de los recursos hídricos ha generado problemas, como la proliferación de enfermedades por falta de agua potable o por su contaminación. Debido a esto, el agua ha pasado de ser un factor de desarrollo a un factor limitante (Gobierno Federal, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, 2014). El país tiene problemas críticos asociados con este recurso, donde se incluye la sobreexplotación y contaminación de los mantos acuíferos de las regiones más importantes en términos de su contribución al Producto Interno Bruto (PIB), este tema es alarmante debido a que el agua es un recurso elemental, y el problema de su escasez limita la actividad económica del país. Desde hace años se ha llevado a cabo el uso no sustentable del agua, ya que la cantidad utilizada día a día es mayor a la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, lo que provoca una iniquidad que amenaza a las siguientes generaciones por la latente amenaza del agotamiento de este recurso (Soria *et al.*, 2006).

Ante los problemas que origina una sobreexplotación permanente, el gobierno mexicano se ha interesado en estudiar cómo los sectores demandantes podrían hacer uso más eficiente del agua, por ejemplo, dentro del campo del tratamiento de aguas residuales se plantea un conjunto de programas y planes de implementación, cuyo objetivo está enfocado al agua y su uso como medio de transporte de material contaminante, su tratamiento y su reutilización (Ministerio del Ambiente, 2009). Al utilizar aguas residuales tratadas en actividades en las que no se requiere una calidad de agua potable, se favorecerá a la conservación de las fuentes de este líquido vital; cumpliendo con la calidad determinada por la actividad en la que se pretende utilizar o de la normatividad que regula su aprovechamiento y manejo. Debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, sólo 36% de las aguas residuales generadas en México, reciben tratamiento, esta situación crea la necesidad de desarrollar tecnologías para su depuración y reutilización (Romero *et al.*, 2009)

Por definición, el agua residual es aquella que procede del empleo de una natural, o de la red, para un uso determinado. La eliminación de las aguas residuales se conoce por vertido. Según el Real Decreto 849/1986 celebrado en España el 11 de Abril de 1986, los vertidos se distinguen en urbanos, industriales, agropecuarios y contaminación difusa. De este modo, se puede hablar de aguas residuales urbanas, industriales y agropecuarias (Figuroa, 2002).

Las aguas residuales tienen su origen en arrastres de lluvia, excretas, infiltraciones, residuos domésticos e industriales. Según la normatividad mexicana

son de composición variada e incluye las descargas de uso municipal, comercial, de servicios, agrícolas, pecuarios así como mezclas de ellas. (NOM-002-SEMARNAT-1996). Las aguas grises son las provenientes del uso particular de las personas y del hogar, estas aguas contienen menor concentración de patógenos en comparación con las llamadas aguas negras (Gabarro *et al.*, 2013; Eriksson *et al.*, 2002).

### 3.2 Aguas grises

La composición de las aguas grises depende de las fuentes e instalaciones desde donde se generan, por ejemplo, cocina, baño o lavandería. Los compuestos químicos que presentan proceden de productos utilizados en el hogar, tanto para cocinar como para lavar, etc. En general, las aguas grises contienen niveles más bajos de materia orgánica y nutrimentos en comparación con las aguas residuales ordinarias (Eriksson *et al.*, 2002), ya que la orina, las heces y el papel de aseo no están incluidos. Sin embargo, los niveles de metales pesados están en el mismo intervalo de concentración en comparación con las descargas restantes de un hogar convencional (Chenoweth y Pedley, 2014). Dentro de la agricultura las aguas residuales en general juegan un papel de suma importancia, no obstante se ha comprobado que se requiere de un previo tratamiento para evitar la contaminación del suelo que se utiliza para la siembra, principalmente la salinización. Aun así, las aguas grises tratadas se han convertido en una frecuente alternativa para el riego de vegetales, tanto en México como en el mundo (Paulo *et al.*, 2007; Barker *et al.*, 2009).

### **3.3 Calidad de las aguas grises**

Uno de los factores determinantes para la salud pública y de los ecosistemas, es sin duda la calidad del agua que de manera notoria restringe la disponibilidad y distribución para la población y sus diferentes usos de esta. En México los problemas de calidad de agua son severos y tienen un gran atraso en su resolución, el monitoreo de la calidad del agua es un proceso que debe ser actualizado y regulado eficazmente, así como la evaluación de la calidad de esta se vuelve indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan su reutilización (Carabinas, 2005). La normatividad de protección al capital natural exige información confiable, espacial y oportuna que contribuya a detectar, monitorear y evaluar la magnitud de ocurrencia de los procesos de deterioro en forma rápida, concreta, y eficiente, además de proponer alternativas que disminuyan su incidencia o para recuperar áreas perturbadas (LGEEPA, 2011).

### **3.4 Humedales**

Un humedal es un tipo de ecosistema que se localiza en una zona inundada por agua superficial o subterránea, con una frecuencia, duración y profundidad capaz de mantener vegetación adaptada a sustratos saturados y condiciones de estrés (Arias y Brix, 2003). En este sentido, los humedales artificiales (figura 1) son específicamente diseñados para tratar las aguas residuales a través de microorganismos, plantas y animales que eleven la capacidad depuradora y potencialicen los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la

naturaleza, con la intervención del sol como principal fuente de energía (Torres, 2005; Llagas y Gómez, 2006; Morató *et al.*, 2006).

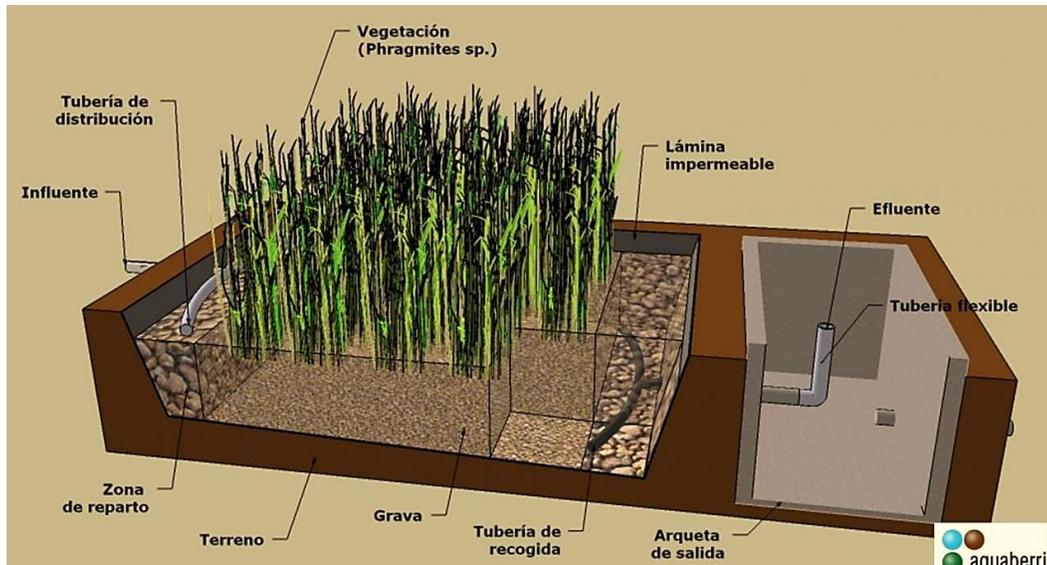


Figura 1. Depuración del agua residual en un humedal artificial. (.Arias *et al.*, 2005).

Los humedales artificiales ofrecen beneficios como el mejoramiento de la calidad ambiental, paisaje, creación de nichos ecológicos y zonas de amortiguamiento climáticas (Llagas y Gómez, 2006). Además, resultan económicamente más ventajosos que los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales, debido a que presentan menos costos de construcción y mantenimiento.

Existen diferentes sistemas para clasificar a los humedales, sin embargo, todos ellos toman en consideración dos criterios:

- El tipo de vegetación presente
- El tipo de flujo y dirección del mismo.

Los humedales artificiales de flujo superficial (HAFS) se caracterizan por el flujo libre de agua sobre el sustrato y a través de los tallos de raíces de la vegetación presente; mientras en los sistemas de flujo subsuperficial (HAFSS), el agua fluye a través de un medio poroso que sirve de material filtrante (Arias y Brix, 2003; Torres, 2005)

Los humedales de flujo subsuperficial horizontal (HAFSSH) se diferencian de los de flujo vertical (HAFSSV) porque la circulación del agua se realiza horizontalmente a través de un sustrato permanentemente inundado con una profundidad de 0.6 m (Llagas y Gómez, 2006; Delgadillo *et al.*, 2010). En contraste, los HAFSSV funcionan con los lechos de 1.8 m de profundidad que son operadas bajo ciclos de llenado con vaciado o infiltración vertical, por lo que su eficiencia de remoción es superior en algunos aspectos comparado con los humedales de flujo horizontal (Torres, 2005). Uno de los componentes principales de los humedales son las plantas las cuales pueden ser flotantes, enraizadas o sumergidas.

Los humedales se han diseñado para recibir y tratar diferentes tipos de aguas residuales destacando aguas derivadas de lluvias que se contaminan por su paso en las vías públicas y por aguas residuales de diferentes orígenes, tanto municipales como industriales. Son pocos los trabajos reportados en donde se trata aguas grises y menos en humedales protegidos por una estructura de invernadero y para la producción de alimentos. Por ello es necesario conocer las características de este tipo de sistemas.

Un invernadero es una instalación dentro de la cual se suministran de manera racional todos los factores que intervienen en el desarrollo de plantas (luz, agua, temperatura y nutrimentos), proporcionando buenas condiciones para el logro de resultados económicos favorables. Hoy en día, los invernaderos son una de las grandes alternativas para la producción de alimentos en general (Bernat, 1990). Donde se pueden cultivar flores, hortalizas y otras plantas, que le permiten al productor lograr un mayor ingreso familiar en la unidad de producción; es una alternativa que se puede realizar en pequeñas superficies dentro de su traspatio con buenos resultados (SAGARPA, 2014).

En general existen dos tipos básicos de invernaderos modulares conocidos como “de dos aguas” y “de techumbre parabólica” o “de arco parabólico”. La estructura de un invernadero es un factor de amplia importancia, ya que la resistencia que tenga será relacionada con la economía del proyecto de construcción (Palacios, 2011). La estructura está conformada por el conjunto de los elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia al invernadero y su función es soportar la carga y esfuerzos que ocasionan los materiales de cubierta, los aparatos de climatización o de riego, el viento y el granizo (SAGARPA, 2014).



Figura 2. Tipos de invernaderos (SAGARPA 2014).

El uso en agricultura de agua gris tratada es una opción que se está estudiando y adoptando cada vez más en regiones con escasez de agua, poblaciones urbanas crecientes y con una mayor demanda de agua de riego (Winpenny *et al.*, 2013).

La viabilidad de la reutilización dependerá de las circunstancias sociales locales, las cuales afectarán el equilibrio entre los costos y los beneficios. Probablemente el principal beneficio en la mayoría de los casos sea el valor del agua dulce que se intercambia por un uso urbano o industrial de mayor valor (Winpenny *et al.*, 2013). El uso de agua regenerada puede ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez del agua a nivel local. No es la única opción para lograr un mejor equilibrio entre la oferta y la demanda, pero en muchos casos es una solución costo-eficacia, como lo demuestra el creciente número de sistemas de reutilización en diferentes partes del mundo (Aquarec, 2006).

### 3.5 Cultivo de hortalizas en invernadero

#### 3.5.1 Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

La lechuga es la principal hortaliza de hoja cultivada y se destina a los mercados regionales, siendo comparativamente de mejor calidad que la proveniente de otras zonas hortícolas del país. Entre las ventajas comparativas del cultivo se destacan los bajos costos de producción, la rapidez del ciclo (que permite varias cosechas en el año cuando es al aire libre y completar el ciclo otoñal dentro de los invernaderos) y el manejo relativamente fácil del cultivo.

A continuación se tratan algunos puntos principales a tener en cuenta para su manejo agronómico.

La lechuga pertenece a la familia de las compuestas y su nombre botánico es *Lactuca sativa*. Es una planta anual. La raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 centímetros de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones. Las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas) y en otros se acogollan más tarde. Cuando la lechuga está madura, emite el tallo floral que se ramifica. Las flores de esta planta son autógamas. Las semillas en algunas variedades tienen un periodo de latencia después de su recolección, que es inducido por temperaturas altas. Muchas variedades germinan mal en los primeros dos meses después de su recolección.

Este cultivo soporta más las temperaturas elevadas que las bajas. Como temperatura máxima soporta los 30°C y como mínima hasta -6°C. La lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Cuando soporta

temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia. No es bueno que la temperatura del suelo baje de 6-8°C. La humedad relativa conveniente es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje. El pH óptimo se sitúa entre 6,7 y 7,4. En los suelos húmidos vegeta bien. Este cultivo en ningún caso admite la sequía, aunque la costra del suelo conviene que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

Existen diferentes tipos de lechugas.

- Romanas (*Lactuca sativa* var. *longifolia*).
- Acogolladas (*Lactuca sativa* var. *capitata*).
- Batavia.
- Mantecosa o Trocadero.
- Iceberg o Crujiente.
- De hojas sueltas (*Lactuca sativa* var. *intybasea*).

Cuando es a campo se puede realizar siembra directa (en forma manual o con sembradora) o almácigo con posterior trasplante. En invernadero siempre se debe realizar por trasplante. La germinación es favorecida por temperaturas entre 15 y 24°C, con una mínima de 2 y una máxima de 30°C. Con temperaturas

superiores a 30°C puede ocurrir que la semilla no germine. Para evitar esto es aconsejable realizar las siembras de verano a última hora del día, realizando un riego para bajar la temperatura del suelo, permitiendo que la semilla germine durante la noche. No se deben hacer siembras profundas, dado que existen variedades en las que la luz estimula la germinación.

Las condiciones que favorecen el desarrollo de la cabeza son:

- Alta intensidad lumínica
- Temperaturas medias
- Temperatura nocturna baja

La lechuga se cosecha a mano cuando la cabeza está firme y madura. Se hace un corte en el cuello al ras del suelo si se va a cosechar toda la planta. En el caso de cultivos pequeños o de autoconsumo, también es posible cosechar hojas sueltas mientras no forma la cabeza. Luego del corte se retiran las hojas viejas o enfermas.

### **3.5.2 Cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum*)**

La planta de tomate corresponde al género *Lycopersicon*, de la familia de las Solanáceas, es originaria de la costa oeste de América del Sur, desde el ecuador hasta uno 30 grados de latitud sur.

De acuerdo al hábito de crecimiento, las variedades comerciales se pueden dividir en dos tipos de diferente morfología: determinado e indeterminado.

#### **Indeterminadas**

Son plantas que presentan inflorescencias laterales, manteniendo el brote terminal siempre vegetativo, normalmente son plantas perennes y de uso muy difundido en invernaderos. Estas plantas comparten el crecimiento vegetativo con el reproductivo y según el cultivar, el primer racimo floral aparece luego de haber diferenciado entre 7 y 12 hojas, para luego intercalar racimos florales cada 3 hojas (a veces 2 ó 4), ello depende de una interacción genotipo-fotoperíodo. Estas plantas continúan con el patrón de crecimiento en forma indeterminada.

#### **Determinadas**

También desarrollan la primera inflorescencia luego de emitir el mismo número de hojas (7 a 12) e intercalan 1 hoja (a veces 2) entre cada racimo floral, hasta que en la tercera o cuarta inflorescencia el ápice terminal se diferencia en un racimo floral; en ese caso pueden retomar el crecimiento vegetativo a partir de un brote axilar, pero inmediatamente este brote se transforma también en reproductivo. Estas plantas de crecimiento determinado son utilizadas

normalmente para cultivos a campo, aunque en la Argentina en algunos casos se las utiliza en invernaderos, para concentrar la producción en periodos cortos.

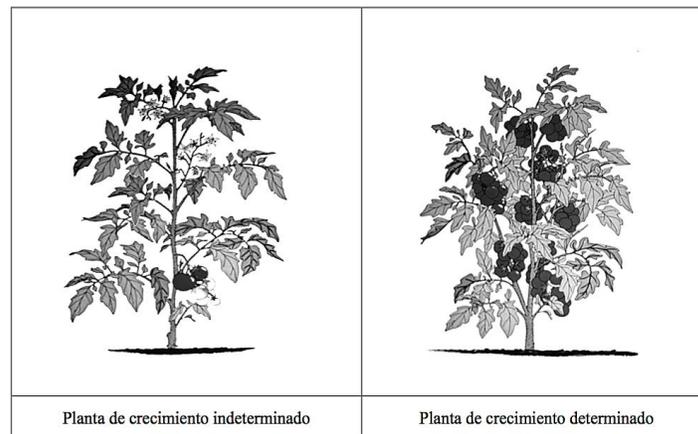


Figura 3. Crecimiento determinado e indeterminado de *Lycopersicon*.

El cultivo se considera desde la siembra hasta el trasplante. En general, cada gramo contiene aproximadamente 300 semillas, las que no mantienen su vida útil por muchos años; si bien es factible su conservación en envases herméticos, con baja humedad, esta vida se ve reducida a menos de 5 años. Para germinar, requieren de tres factores ambientales: agua, temperatura y oxígeno. La temperatura óptima es de 28°C. En general, la germinación es muy lenta por debajo de los 10°C.

El primer crecimiento de la planta privilegia la formación de un área foliar importante, con objeto de realizar el proceso fotosintético (captación de energía solar, anhídrido carbónico y agua), para responder a los requerimientos energéticos de la planta (formación de glúcidos, eliminación de oxígeno y agua).

Además continúa el desarrollo radical, que le permite realizar la exploración del suelo para absorber agua y nutrientes. A este primer crecimiento lo denominamos “crecimiento vegetativo”, donde la planta no forma estructuras reproductivas. En el caso del jitomate, este crecimiento se extiende hasta formar entre 7 y 12 hojas verdaderas (según los cultivares, la temperatura y el fotoperíodo). La velocidad de aparición de estas hojas está relacionada con la temperatura: a mayor suma térmica, son necesarios menor cantidad de días para el desarrollo de una hoja. Por ello es común que pase un lapso de aproximadamente 60 días desde la siembra hasta la aparición y apertura de flores, si las temperaturas a las que está expuesta la planta son óptimas (18°C de noche y 25°C durante el día).

### **3.5.3 Cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*)**

Actualmente se conocen ocho grupos de cultivares comestibles para la especie: "Pumpkin" (*Cucurbita pepo* L. var. *pepo* L.H. Bailey) incluye cultivares de plantas rastreras que producen frutos esféricos, ovales u oblados y redondeados o planos en los extremos. Los frutos de este grupo se cultivan para ser consumidos al madurar y algunos son empleados como forraje, son de hábito subarborescente (CONABIO, 2016).

El cultivo de esta especie es a cielo abierto y en algunas regiones en invernadero, se cultiva tanto en milpas y huertos (junto a maíz y frijol) como en sistemas de manejo más intensivos asociada a otras hortalizas y en monocultivos de dimensiones variables. Este cultivo requiere de temperaturas constantes durante el crecimiento. La luminosidad es importante, especialmente durante los

periodos de crecimiento y floración. La deficiencia de luz repercutirá directamente en la disminución del número de frutos en la cosecha (Lira y Montes *et al.* 1994). La duración del cultivo es anual.

Este cultivo es típico de las zonas con climas templados y fríos, aunque existen variedades que se cultivan a nivel de mar. La germinación de la semillas se da cuando el suelo alcanza una temperatura de 20-25 °C, para el desarrollo vegetativo de la planta debe mantenerse una temperatura atmosférica de 25-30 °C y para la floración de 20-25 °C; para este último proceso, debe tomarse en cuenta que temperaturas muy altas tienden a generar mayor número de flores estaminadas (Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas; InfoAgro: Calabacín; AgroNet: Calabacita, *Cucurbita sp.* Facultad de Agronomía. Universidad de la República). Se trata de un cultivo más o menos exigente de humedad, si es cultivo de riego en zonas secas precisara de este vital líquido con la aparición de los primeros frutos. Los riegos deben de aplicarse durante todo el desarrollo de la planta a unas dosis de 2000 y 2500 m<sup>3</sup>/ha. Cabe mencionar que algunas variedades de esta especie toleran condiciones ambientales estresantes, tales como, falta de agua y suelos empobrecidos en nutrientes (Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas; InfoAgro: Calabacín; AgroNet: Calabacita).

En México, si el cultivo es de temporal se siembra en los meses de abril-mayo, dependiendo de la aparición de las primeras lluvias, y la cosecha de frutos maduros se realiza en los meses de octubre-noviembre. Si es asociado a riego o en suelos húmedos o de "cajete" se siembran al inicio de la época más seca del

año (febrero o marzo) y la cosecha de frutos maduros se realiza entre julio y septiembre. (CONABIO, 2016)

#### **3.5.4 Cultivo de anturio (*Anthurium andreanum*)**

Entre las plantas ornamentales, el género *Anthurium* es uno de los más sobresalientes. Pertenece a la familia de las Aráceas y comprende 1 500 especies tropicales (Farsi y colaboradores, 2012). El endemismo del género *Anthurium* en México es alto, con un total de 41 especies, de las cuales 26 son endémicas. Aunque las plantas del género son nativas de América Central y del Sur (Gantait y colaboradores, 2008), se cultivan a nivel comercial en Estados Unidos y Holanda (Gantait y Mandal, 2010).

En México la producción de anturio es poca. De hecho, el cultivo comenzó hace más de una década; actualmente se cultiva en Veracruz, Chiapas, Morelos y el Estado de México, entre otras entidades.

Las especies de anturio que tienen mayor importancia económica en México y en el mundo son *Anthurium andreanum* y *Anthurium scherzerianum* (Gantait y Mandal, 2010). *A. andreanum* es la especie más importante desde el punto de vista económico: se vende principalmente como flor de corte y es la que cuenta con la mayoría de las variedades comerciales; tienen espatas de diversos colores. Figura 4.



Figura 4. Diversidad de colores de *Anthurium andreaeanum*.

La propagación de anturios se lleva a cabo principalmente por el método vegetativo, mediante la división de tallo, que consiste en separar de la planta madre los brotes o hijos que se forman junto a ella. El momento adecuado para realizar la separación es cuando los nuevos brotes forman hojas y presentan sus propias raíces; por este método se obtienen de uno a ocho hijuelos del tallo por año, dependiendo de la variedad y del manejo que se le dé a la planta.

Los anturios también se propagan por semilla. En esta técnica se presiona con los dedos el fruto maduro, del cual se obtienen una o dos semillas. Éstas se colocan para su germinación sobre un sustrato en contenedores; por lo general, el tiempo para que germinen es de 15 a 25 días, y se mantienen en el mismo sustrato hasta los cuatro meses de edad. Posteriormente se trasplantan a macetas o bolsas con la finalidad de que se desarrollen; y se mantienen así de dos a tres años hasta obtener la primera flor. La propagación por semillas presenta varias desventajas: es lenta y poco eficiente debido a las escasas semillas que se

obtienen; éstas pierden fácilmente su capacidad para germinar y no pueden ser almacenadas por más de cuatro días; además, la descendencia presenta alta variabilidad genética que afecta negativamente su comercialización.

Actualmente, la mejor alternativa para la propagación de anturios es por cultivo in vitro, ya que constituye un método rápido y fiable, pues se obtienen grandes cantidades de plantas utilizando poco material, y además presentan las mismas características que el progenitor. Para tener una idea de la importancia de esta alternativa hay que mencionar que Holanda produce alrededor de 98% de plantas a través de este tipo de propagación, y además las comercializa como plántulas en muchos países (Hernández, 2004). El uso de esta alternativa surgió por la necesidad de cubrir la fuerte demanda de plantas de élite, que la propagación convencional no puede satisfacer a nivel comercial (Te-Chato *et al.*, 2006).

### **3.5.5 Cultivo de alcatraz (*Zantedechia aethiopica*)**

El alcatraz pertenece a la familia *Araceae*, una de las más grandes de plantas ornamentales que crecen en ambientes de alta humedad relativa y baja luminosidad. El género que le corresponde es *Zantedeschia*, el cual incluye seis especies y dos sub-especies que presentan disparidad en sus características, por lo que se dividen en dos grupos.

El primero y grupo de la importancia de este estudio es (*Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng) que es representado por una especie de hábito perenne, que se distingue por tener follaje siempre verde y porque su órgano principal de reproducción es un rizoma (estructura en la que el eje principal de la planta crece

horizontalmente, justo debajo de la superficie del suelo) (figura 5) Las restantes cinco especies presentan un periodo de latencia o dormancia con hojas caducas y su órgano de almacenamiento está referido como un tubérculo (estructura aplanada con forma de disco o periforme) (Funell, 1993). Existe una barrera genética que impide cruzar plantas de *Z. aethiopica* con individuos del segundo grupo (Kuobo *et al.*, 2006).



Figura 5. Órganos de reproducción de alcatraz a) rizoma y tubérculo.

Fuente: Cruz Castillo y Alfaro Chimalhua (2005).

*Zantedeschia aethiopica*, es una planta herbácea, frondosa y suculenta, que normalmente crece de 60 a 140 cm, aunque puede alcanzar una altura de 170 cm. Muestra un hábito de crecimiento simpódico (o multirramificado) con numerosos brotes, compuestos de yemas dominantes que producen tallos primarios y yemas axiales, de donde crecen tallos secundarios y terciarios. Sus raíces adventicias y ramificaciones surgen del rizoma. Sus hojas son arrosetadas, en forma de corazón, con márgenes ondulados, miden 28-60 cm de largo y 5-25 cm de ancho, están sostenidas por un pecíolo de 30-100 cm, cuya base es una vaina membranas (figura 5) (Funell, 1993).



Figura 6. Crecimiento vigoroso de *Zantedeschia aethiopica*: a) nacarado y b) rosado. Ambos con una longitud aproximada de 75cm. Se aprecian los pecíolos y las hojas en forma acorazonada. Fotos de Miguel Ángel Mendoza Rosales. Universidad Autónoma de Chapingo.

La flor de alcatraz está formada por un espádice (inflorescencia), en la cual las flores masculinas se agrupan en la parte superior y las femeninas en la base, mide 5-9 cm de largo y es principalmente de color amarillo, dicho espádice está rodeado por una bráctea llamada espata, esta puede ser blanca o tener varias coloraciones (Cruz-Castillo *et al.*, 2008). La floración se presenta durante todo el año cuando el medio ambiente lo permite; en zonas frías libres de heladas, ocurre a finales del invierno y en la primavera.

Las variedades de *Zantedeschia aethiopica* o de alcatraces perennes son cuatro: Blanco o Criollo, Green Goddess o Diosa Verde, variantes de Pink Mist y Nacarado.

Cuadro 1. Variedades de alcatraz perenne.

Variedad	Color de espada	Característica sobresaliente
Blanco o Criollo	Blanco	Puede encontrarse de manera silvestre en serranías, valles y lomeríos con climas húmedos y subhúmedos. Es la más común en México (Cruz-Castillo <i>et al.</i> , 2008).
Diosa Verde o Green Goddess	Verde con blanco	Es muy frondosa, con hojas color verde profundo, tiene facilidad para desarrollar varias flores en una sola planta de tallos secundarios y terciarios (Cruz-Castillo <i>et al.</i> , 2008).
Variantes de Pink Mist	Rosa con blanco	Las hojas son de color verde más claro que otras variedades y presentan un tono brillante.
Nacarado	Nácar	Difiere del blanco en la coloración de la espata al tornarse de una tonalidad nácar.

La propagación puede llevarse a cabo por diferentes métodos: por semillas y mediante la división de rizomas, también llamados hijuelos. Los requerimientos ambientales se consideran plantas de día neutro; es decir, que crecen independientemente de la duración del día. En periodos de alta intensidad de luz crecen mejor a la sombra. (Cruz-Castillo *et al.*, 2001). La temperatura óptima general para el desarrollo de los alcatraces oscila entre 15 y 22°C. El régimen de temperaturas favorables para esta planta es de 20-25°C durante el día y 15-18°C por la noche. (Cruz-Castillo *et al.*, 2008). La humedad promedio recomendada es de 60% (Ngamau, 2001).

### 3.6 Indicadores de Rentabilidad

La idea de rentabilidad financiera ( $R_f$ ) está relacionada a los beneficios que se obtienen mediante el empleo de ciertos recursos, en un periodo temporal determinado que suele referirse a las utilidades que reciben los inversionistas.

Expresada normalmente en porcentaje (%), mide la rentabilidad del capital propio o rentabilidad de los accionistas. Se obtiene dividiendo el beneficio anual, una vez deducidos los intereses de las deudas o costo del capital ajeno más el impuesto que grava la renta de la sociedad, por el valor de los fondos propios (capital más reserva) multiplicado por cien. Sumando al numerador de la anterior relación la cuota del impuesto que grava la renta de la sociedad, se obtiene la rentabilidad financiera antes del impuesto (Andia, 2011).

$R_f = BN/F$  donde:

BN: Beneficio neto = Beneficio económico (BE) - Intereses (i) - Impuestos (I)

F: Fondos propios = Capital (C) + Reservas (R)

El BN es el beneficio que ganan los propietarios de la empresa, una vez pagados los intereses, otros gastos financieros y los impuestos.

Para todas las empresas y los inversionistas, el objetivo siempre será maximizar la rentabilidad financiera: a mayor rentabilidad, mayores ganancias netas.

La puesta en marcha de un proyecto de tratamiento y reutilización de aguas residuales conlleva aspectos económicos a considerar con la finalidad de valorar sus posibilidades de realización y su viabilidad financiera. Además, en el ámbito

empresarial es importante considerar la implementación de estrategias para lograr los objetivos que se ha propuesto. Para esto es necesario realizar un proyecto de inversión, ya que éste permitirá analizar más claramente y enfocar la inversión.

La evaluación de proyectos permite medir las bondades de la inversión desde el punto de vista económico, por ello se estiman los probables ingresos y costos en periodos anuales, la comparación de valores genera un conjunto de indicadores que muestran la rentabilidad y determinan qué tan viable es la ejecución de proyecto, desde el punto de vista financiero (Andia, 2011). Para ello, existen diferentes indicadores que permiten su valoración.

### **3.7 Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN es un indicador que forma parte del análisis beneficio-costos, es decir, cuando se aplica en aquellos casos que los beneficios de una inversión compensen a los costos. El VAN muestra la riqueza adicional que genera un proyecto, después de haber cubierto todos sus costos en un periodo aproximado de cinco años; cuando se realiza una inversión, lo mínimo que se debe obtener son los recursos para cubrir los costos de inversión (Andia, 2011).

### **3.8 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este indicador considera el valor relativo a lo largo del tiempo, en un periodo determinado, tanto de ingresos como de egresos, que se trae al año cero o de referencia denominado valor actual, tanto de la corriente de ingresos con el

valor actual de la corriente de egresos estimados. Es decir, este concepto requiere el cálculo matemático involucrando una tasa de interés o de descuento para comparar con alternativas de inversión. Esta tasa de descuento puede tomarse a partir de alternativas bancarias o bursátiles y son referentes de rendimiento con los cuales se compara el rendimiento del proyecto en cuestión (Altuve, 2004).

### **3.9 Punto de Equilibrio y relación Beneficio – Costo**

El punto de equilibrio es la cifra de ventas a partir de la cual, la empresa empezará a obtener beneficios. Dicho de otra manera, el punto de equilibrio es la cifra de ventas que se deberá alcanzar en un periodo de tiempo determinado para no perder ni tampoco ganar dinero (Ludevid, 1994). Hallar y analizar el punto de equilibrio permite, por ejemplo:

Obtener una primera simulación que nos permita saber a partir de qué cantidad de ventas empezaremos a generar utilidades.

Conocer viabilidad de un proyecto (cuando nuestra demanda supera nuestro punto de equilibrio).

Saber a partir de qué nivel de ventas puede ser recomendable cambiar un costo variable por un costo fijo o viceversa, por ejemplo cambiar comisiones de ventas por un sueldo fijo en un vendedor.

La relación beneficio costo es aquella relación en la que tanto el flujo de beneficios como el de los costos se actualiza a una tasa de interés que se considera próxima al costo de oportunidad del capital. Esta relación se emplea

normalmente, como instrumento de evaluación de proyectos del sector público (se ha utilizado, sobre todo, para evaluar inversiones en recursos hidráulicos (Guerra, 2002).

#### 4. Planteamiento del Problema

El crecimiento de la población en la delegación Iztapalapa, así como el aumento en la demanda de agua para consumo humano e insuficiencia de la infraestructura hídrica para el tratamiento de aguas residuales, son los factores principales por los que se deteriora la calidad de vida de los actuales pobladores de la “Unidad Habitacional Ex-Lienzo Charro”. La desinformación acerca de cómo efectuar la reutilización del agua gris y el poco interés por la conservación y aprovechamiento de las áreas verdes dentro de éste complejo habitacional, han derivado en gran desperdicio de agua, que puede ser aprovechada para diversos fines, además los espacios asignados como áreas verdes de uso comunitario se ven afectados e incluso sustituidos por instalaciones como estacionamientos, almacenes o tiraderos de basura. Esto incide nuevamente en el deterioro del medio ambiente y la calidad de vida de los mismos pobladores (Ozalde, 2016).

Lo que se pretende con este trabajo es realizar el análisis financiero de un humedal artificial de flujo superficial horizontal con plantas de *Anthurium andreanum* y *Zantedechia aethiopica*, bajo un invernadero como medio de estabilización climática para garantizar el desarrollo de dichas especies, así como el cultivo de *Curcubita pepo*, *Lactuca sativa* y *Lycopersicon esculentum*.

Este análisis financiero se lleva a cabo con la finalidad de que las personas interesadas, sean vecinos, empresarios, o funcionarios del gobierno local, tengan los elementos de análisis (materiales, mano de obra, servicios) para poder realizar una inversión en la tensión de la problemática y uso eficiente y adecuado del agua.

La viabilidad financiera se calculará utilizando los indicadores Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto y Relación Beneficio-Costo, para conocer las condiciones y aspectos económicos de una plantación de este tipo, cualificando los ingresos y egresos de dicha plantación, y así comprobar si es viable financieramente (Cervantes, 2011).

## 5. Justificación

El tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es de suma importancia disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, para permitir una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida de las personas. Sin embargo, los problemas en cuanto a esta temática avanzan día a día y a mayor velocidad. Con base en lo anterior, el uso de tecnologías sustentantes es indispensable para avanzar hacia una mayor cobertura mundial, desde la captación del agua, su tratamiento y su reutilización. La factibilidad de llevar a cabo la reutilización de las aguas grises tratadas depende, del costo de tratamiento, de la implementación de un programa de reutilización de las aguas grises tratadas, del apoyo de las autoridades y de la aceptación de la comunidad (Escalante y Moller, 2014).

Para el análisis del costo económico y la rentabilidad se consideró la construcción de un sistema de tratamiento de aguas grises en un departamento de la Unidad Habitacional “Ex Lienzo Charro” ubicada en la delegación Iztapalapa, mediante un humedal artificial. La finalidad de reutilización de las aguas grises tratadas fue para el riego de hortalizas de un invernadero y valorar la viabilidad y beneficios de inversión. De esta manera, se contempla valorar si la elaboración de este tipo de diseños pueden ser un negocio redituable en términos económicos.

## 6. Área de Estudio

La unidad habitacional “Ex Lienzo Charro” que se encuentra ubicada en la Av. Manuel Escandón No. 64 Col. Álvaro Obregón en la delegación Iztapalapa, y forma parte del conjunto de 132 unidades habitacionales presentes en la delegación Iztapalapa (SIDESO, 2010), este complejo habitacional está constituido por 650 viviendas y 3500 habitantes (InfoDF, 2012).

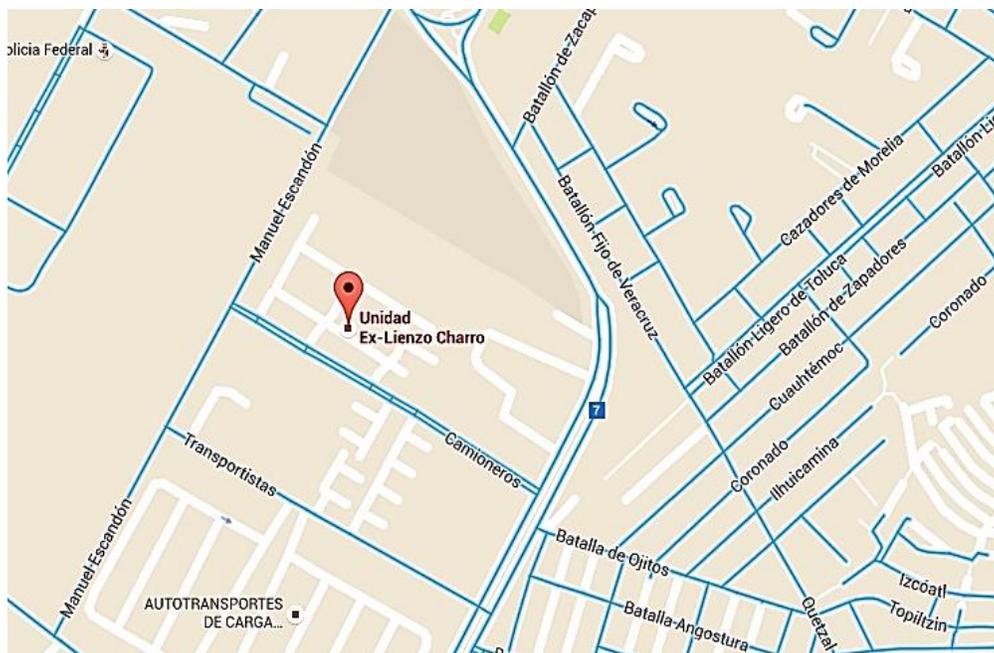


Figura 7. Imagen de la Unidad Habitacional “Ex Lienzo Charro” ubicada en Av. Manuel Escandón No. 64 Col. Álvaro Obregón Delegación Iztapalapa. Fuente Google Maps.



Figura 8. Imagen de la localización de la Delegación Iztapalapa, ubicada dentro de la Ciudad de México. Fuente Google Maps

El clima de la Delegación Iztapalapa es un C (w), es decir templado, sub-húmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal entre 5.0 y 10.2 mm del total anual, el más seco con una precipitación de 40 mm. Siendo el más seco de los templados sub-húmedos, con lluvia en verano con un cociente Precipitación/Temperatura de 43.2 (CONAGUA, 2013)

## **7. Objetivos**

### **7.1 Objetivo General**

Determinar la viabilidad financiera de un sistema de tratamiento y reutilización de aguas grises para cultivo de hortalizas en la Unidad Habitacional “Ex Lienzo Charro”, delegación Iztapalapa, Ciudad de México.

### **7.2 Objetivos Particulares**

- Describir el sistema de tratamiento de aguas grises basado en humedales y la reutilización en el cultivo de hortalizas.
- Determinar los costos de establecimiento y manejo del sistema.
- Determinar los productos del sistema y los ingresos asociados.
- Determinar la viabilidad del sistema utilizando indicadores de rentabilidad (Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio/Costo).

## 8. Método

En esta etapa se realizó una búsqueda de referencias bibliográficas, los temas abordados fueron; aguas residuales, tratamiento y reutilización de aguas grises, la calidad de las aguas grises, humedales, reutilización de aguas grises en invernaderos, y cultivos de hortalizas en invernaderos, como lechuga (*Lactuca sativa*), calabaza (*Cucurbita pepo*), jitomate (*Lycopersicon esculentum*), anturios (*Anthurium andreanum*), y alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*).

El trabajo se basa en una experiencia práctica realizada por Ozalde (2016) y más adelante se describe el sistema.

Con respecto a la parte económica de recopilación de costos de construcción y precios de venta de productos y se elaboró una hoja de cálculo en Excel con los siguientes componentes:

- a. Presupuesto de Inversión
- b. Parámetros técnicos
- c. Memorias de cálculo
- d. Parámetros de producción
- e. Proyección de costos
- f. Costos totales
- g. Proyección de ingresos totales
- h. Estado de Resultados
- i. Flujo de Efectivo
- j. Punto de equilibrio
- k. Análisis de rentabilidad (VAN, TIR, B/C)

El invernadero rústico construido por Ozalde, 2016, el cual se describe a continuación:

Fue construido basado en el manual rústico de SAGARPA, cambiado el uso de madera por PVC, como esqueleto para reducir el peso y evitar hundimientos en el terreno. Se dividió en el diseño del sistema de tratamiento (filtro y humedal artificial) e identificación y desviación de las principales fuentes de aguas grises de la vivienda al sistema de tratamiento previamente construido.

Después se realizó la fase de siembra donde se utilizaron diferentes tipos de materiales reciclajes y reutilizables para la construcción de semilleros y macetas ecológicas, que se llenaron con diferentes tipos de sustrato para cultivo de hortalizas.

En la última etapa Ozalde (2016) realizó un muestreo mensual durante seis meses, tanto del afluente como efluente del sistema de filtración y humedal construido, donde se determinaron *in situ* algunos parámetros físicos y químicos (temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, con un equipo multiparámetro YSI profesional y OAKTON. (Ozalde, 2016).

Para la obtención de los precios se realizó un trabajo de campo, donde se visitaron diferentes negocios obteniéndose el precio promedio de los diferentes artículos empleados para la producción agropecuaria y la construcción del humedal.

## 9. Resultados y discusión

### 9.1 Descripción del sistema

La zona de Estudio se localiza en la Unidad Habitacional Ex-Lienzo Charro ubicada en la Delegación Iztapalapa, en la Ciudad de México, donde se realizaron las adecuaciones en una vivienda de dicha unidad, para desviar el flujo de agua gris de los lavamanos, regaderas, tarja y otros generadores; el sistema consta de un filtro de arenas y gravas como tratamiento primario, seguido de un Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal con plantas de *Anthurium andreanum* y *Zantedeschia aethiopica*, como tratamiento secundario, bajo un invernadero como medio de estabilización climática para garantizar el desarrollo de dichas especies, así como el cultivo de *Cucurbita pepo*, *Lactuca sativa* y *Lycopersicon esculentum*.

La construcción del sistema de humedal artificial se dividió en el diseño del sistema de tratamiento (filtro y humedal artificial) e identificación y desviación de los principales fuentes de aguas grises de la vivienda al sistema de tratamiento (Ozalde, 2016).

Las plantas son esenciales en la constitución de un humedal, entre sus funciones destacan:

- Promover el asentamiento y la retención de sólidos en suspensión (Aguirre, 2004).
- Proporcionar superficie para el desarrollo de biopelículas microbianas (Bécares, 2004).
- Transportar oxígeno a su zona radicular (Vymazal, 2011). En estos filtros, las bacterias llevan a cabo procesos de oxido-reducción, los cuales serán atrapados por la biopelícula, sedimentados o absorbidos por las raíces de las plantas (Cruz, 2013).

El invernadero rústico construido por (Ozalde, 2016), el cual se describe a continuación:

Fue construido basado en el manual de SAGARPA, cambiando el uso de madera por PVC, como esqueleto para reducir el peso y evitar hundimientos en el terreno. Se identificaron y desviaron las principales fuentes de aguas grises de la vivienda hacia el exterior. El espacio externo se dividió en el sistema de tratamiento (filtro y humedal artificial) y en el área de producción de plantas.

Después se realizó la fase de siembra donde se utilizaron diferentes tipos de materiales reciclables y reutilizables para la construcción de semilleros y macetas ecológicas, que se llenaron con diferentes tipos de sustrato para cultivo de hortalizas.

En la última etapa Ozalde (2016) realizó un muestreo mensual durante seis meses, tanto del afluente como efluente del sistema de filtración y humedal construido, donde se determinaron *in situ* algunos parámetros físicos y químicos (temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, con un equipo multiparámetro YSI profesional y OAKTON (Ozalde, 2016).

## **9.2 Productos del sistema e ingresos asociados**

A continuación se describen las características relacionadas con la productividad agronómica, de las especies empleadas en el sistema. Se indica la densidad de siembra, período de floración y fructificación, además de los niveles de cosecha correspondientes al sistema de tratamiento y reutilización establecido.

Estos datos, conjuntamente con los rubros de egresos señalados anteriormente, son la base con la que se integra la hoja de cálculo para determinar los indicadores de rentabilidad del sistema referido.

*Cucurbita pepo*

Cuadro 2. Producción anual de calabaza (*Cucurbita pepo*).

	<b>Cultivo y densidad</b>	<b>Floración y fructificación</b>	<b>Productividad y costo</b>
	Es conveniente tenerla al aire libre por los polinizadores	Floración: 2 meses y medio (dura 3 semanas en floración).	40 calabazas de 300grx40= cosecha 4 meses, en un año 120 plantas
	4 plantas por 1m <sup>2</sup> , porque sus hojas son largas	Fructificación: de 10 a 12 por planta.	\$10 pesos kg

*Lycopersicon esculentum*

El sistema de producción de jitomate en invernadero que normalmente se practica en Europa, Estados Unidos y México, consiste en el uso de variedades de hábito indeterminado, en densidades de población que van de 2 a 3 plantas/m<sup>2</sup>, donde los tallos de las plantas se dejan crecer hasta más de 7 m de longitud, para cosechar 15 o más racimos por planta, en un solo ciclo de cultivo por año. Con este sistema de manejo se pueden alcanzar las 300 t/ha/año (Resh, 2004), sobrepasando considerablemente el promedio nacional de 51.3 t/ha/año a cielo abierto (SIAP, 2013).

Cuadro 3. Producción anual de jitomate (*Lycopersicon esculentum*).

	Cultivo y densidad	Floración y fructificación	Productividad y costo
	6 plantas/1m <sup>2</sup> que dan un total de 15, 8kg por cosecha cada planta	Floración: 3 meses.	180kg por 1m <sup>2</sup>
	Para obtener tomates de calidad sólo se recomienda 3 cosechas por planta, es decir en medio año.	Fructificación: 1mes la primera cosecha	\$10 pesos kg

### *Lactuca sativa*

Planta anual perteneciente a la familia *Compositae*, cuyo nombre científico es *Lactuca sativa* L. Presenta un sistema radical columnar y pivotante con ramificaciones secundarias muy numerosas que se desenvuelven de manera subterránea. Sus hojas forman un cogollo más o menos consistente, de color verde pálido obscuro. Las hojas pueden adaptar una forma redonda, lanceolada o casi espatulada, de consistencia correosa o blanduzca (Maroto, 1999 y Pérez, 1997).

Cuadro 4. Producción anual de lechuga (*Lactuca sativa*).

	Cultivo y densidad	Floración y fructificación	Productividad y costo
	De 6 a 8 plantas por 1m <sup>2</sup>	Floración: 2 meses y medio	
	Cosecha cada medio año por planta	Fructificación: 38 plantas por año en 1m <sup>2</sup>	\$10 pesos por pieza

Cuadro 5. Producción anual de anturio (*Anthurium andreaeanum*)

	Cultivo y densidad	Floración y fructificación	Productividad y costo
	90 flores por 1m <sup>2</sup>		
	14 plantas por 1m <sup>2</sup> en 1 año		\$10 pesos la pieza

Cuadro 6. Producción de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*).

	Cultivo y densidad	Floración y fructificación	Productividad y costo
	90 flores por 1m <sup>2</sup>		
	14 plantas en 1m <sup>2</sup> , en 1 año.		\$10 pesos la pieza

### 9.3 Costos de establecimiento y manejo del sistema

La inversión total incluye a todos aquellos recursos que son necesarios para que el proyecto esté en condiciones de operar. Comprende la adquisición de los activos fijos, que son los recursos tangibles y no se consumen en un ciclo productivo (ejemplo: terrenos, equipos, maquinaria, etc.); los activos diferidos que son los recursos intangibles propiedad de la empresa (ejemplo: permiso, gastos preparativos, contrato de servicios, etc.); y el capital de trabajo, el cual es la inversión adicional líquida que debe aportarse para que la empresa empiece a elaborar sus productos. De manera general hay que invertir capital antes de obtener ingresos, generalmente los costos ocurren antes que los ingresos, se requiere mantener inventarios de materias primas, de productos en proceso y de productos terminados (Cornejo, 2012).

Para el caso de la construcción del humedal e invernadero construido en La unidad habitacional “Ex Lienzo Charro”, Iztapalapa, Ciudad de México, los costos de inversión fijos, variables y capital de trabajo, se expresan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Presupuesto de Inversión. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero**  
**PRESUPUESTO DE INVERSIÓN**

CONCEPTOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	MONTOS	PROGRAMA	SOCIOS	TOTAL
<b>ACTIVO FIJO</b>							
Invernadero de 8 m2	Presupuesto	1.00	9,904.75	\$ 9,904.75	\$ 9,904.75	\$ -	\$ 9,904.75
Sistema de riego por goteo	Presupuesto	1.00	600.00	\$ 600.00	\$ 600.00	\$ -	\$ 600.00
Tezontle Rojo Sustrato	Presupuesto	1.00	80.00	\$ 80.00	\$ 80.00	\$ -	\$ 80.00
Polinizadores	Presupuesto	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Plastico Negro para Piso.	Presupuesto	1.00	847.00	\$ 847.00	\$ 847.00	\$ -	\$ 847.00
Mochila Aspersor	Presupuesto	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Palas	Presupuesto	1.00	70.00	\$ 70.00	\$ 70.00	\$ -	\$ 70.00
Pinzas Electricistas	Presupuesto	1.00	65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ -	\$ 65.00
Tijeras	Presupuesto	1.00	35.00	\$ 35.00	\$ 35.00	\$ -	\$ 35.00
Mascarilla	Presupuesto	1.00	85.00	\$ 85.00	\$ 85.00	\$ -	\$ 85.00
Guantes de Latex	Presupuesto	1.00	15.00	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ -	\$ 15.00
Botas de Hule	Presupuesto	1.00	60.00	\$ 60.00	\$ 60.00	\$ -	\$ 60.00
Papel pH	Presupuesto	1.00	50.00	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ -	\$ 50.00
Bascula	Presupuesto	1.00	110.00	\$ 110.00	\$ 110.00	\$ -	\$ 110.00
Carretilla	Presupuesto	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Termometros	Presupuesto	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Presupuesto	1.00	828.00	\$ 828.00	\$ 828.00	\$ -	\$ 828.00
Azadon del N°2	Presupuesto	1.00	103.00	\$ 103.00	\$ 103.00	\$ -	\$ 103.00
Cava Hoyos.	Presupuesto	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ACTIVO DIFERIDO</b>							
ASISTENCIA TECNICA	PRESUPUES	1	5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ -	\$ 5,000.00
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>							
Materia prima	presupuesto	1	\$ 400.00	\$ 400.00	\$ -	\$ 400.00	\$ 400.00
Mano de obra	Presupuesto	1	\$ 4,380.00	\$ 4,380.00	\$ -	\$ 4,380.00	\$ 4,380.00
Servicios y otros	Presupuesto	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ -	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 27,632.75</b>	<b>\$ 17,852.75</b>	<b>\$ 9,780.00</b>	<b>\$ 27,632.75</b>

El monto de inversión (\$26,800 pesos) no es muy elevado, pero podría representar una dificultad para estar disponible en una familia típica de la zona de Iztapalapa. En este sentido es fundamental la participación institucional de los gobiernos local y/o federal para la realización de proyectos como el abordado en este trabajo. Destaca particularmente casi \$10,000 pesos de inversión para el invernadero, que podría disminuir con el empleo de materiales de reutilización. Sin embargo, es determinante el apoyo institucional. Esto se aplica también para el

rubro de asistencia técnica (\$5,000 pesos), que podría ser evitado por los usuarios, pero representa un aspecto determinante para el éxito del proyecto

#### 9.4 Indicadores de rentabilidad

Cuadro 8. Memorias de cálculo. Elaboración propia.

### **Hortalizas en invernadero**

CONCEPTO	U/M	VOLUMEN*	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>AGROQUIMICOS</b>				
BIOINSECTICIDA	250 ml	1.00	160.00	160.00
Previcur	250 ml	-	-	-
Confidor	L	-	-	-
hidrocrop 77	kg	-	-	-
Kumulus-DF	bulto 5 kg	-	-	-
Ridomil Gold Bravo	kg	-	-	-
Manzate	kg	-	-	-
Lannate o Nudrin	100 grs	-	-	-
Karate	250 ml	-	-	-
<i>Bacillus thuringensis</i>	500 grs	-	-	-
<i>Trichogramma</i>	tarjetas	-	-	-
<b>Subtotal</b>				<b>160.00</b>
Charolas 200 cav	unidad	5.00	30.00	150.00
<b>FERTILIZANTES</b>				
DAP	bulto 50 kg	11.50	1.00	11.50
Nitrato de Calcio	bulto 25 kg	0.25	280.00	70.00
Sulfato de amonio	bulto 50 kg	0.10	150.00	15.00
Acido fosforico 85 %	Garrafa 5 L	1.00	50.00	50.00
Acido Sulfurico 98 %	Garrafa 5 L	1.00	10.00	10.00
Sulfato de potasio	bulto 5 kg	1.00	120.00	120.00
<b>Subtotal</b>				<b>276.50</b>
<b>PREPARACION TERRENO Y SIEMBRA</b>				
semilla	6 grs	1.00	400.00	400.00
rastra	labor	-	-	-
surcado	labor	-	-	-
<b>Subtotal</b>				<b>400.00</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Regador, labores en el invernadero	jornal	7.00	120.00	840.00
transplante	jornal	1.00	120.00	120.00
Desyerbe	jornal	1.00	120.00	120.00
Cosecha/empaque	jornal		140.00	-
<b>Subtotal</b>				<b>1,080.00</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>2,066.50</b>

La operación del proyecto es relativamente simple tanto en agroquímicos (insecticidas y fertilizantes), incluso en semilla y mano de obra.

El proyecto contempla 24 m<sup>2</sup> en un invernadero acondicionado para la producción de las hortalizas y alcatraz, con una cosecha promedio de 838 kg.

Cuadro 9. Proyección de Costos. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero  
PROYECCIÓN DE COSTOS**

COSTOS DEL PROYECTO	COSTOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
CONCEPTO	/MES	1	2	3	4	5
Administrador	\$ 2,400.00	\$ 28,800.00	\$ 30,240.00	\$ 31,752.00	\$ 33,339.60	\$ 35,006.58
Mantenimiento de construcciones	\$ 150.00	\$ 1,800.00	\$ 1,890.00	\$ 1,984.50	\$ 2,083.73	\$ 2,187.91
Mantenimiento de equipo	\$ 50.00	\$ 600.00	\$ 630.00	\$ 661.50	\$ 694.58	\$ 729.30
Energía eléctrica	\$ 20.00	\$ 240.00	\$ 252.00	\$ 264.60	\$ 277.83	\$ 291.72
Agua	\$ 5.00	\$ 60.00	\$ 63.00	\$ 66.15	\$ 69.46	\$ 72.93
Telefonía	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Control de plagas y enfermedades	\$ 26.67	\$ 320.00	\$ 336.00	\$ 352.80	\$ 370.44	\$ 388.96
Charolas de 200 cav para almácigo	\$ 25.00	\$ 300.00	\$ 315.00	\$ 330.75	\$ 347.29	\$ 364.65
Fertilizantes	\$ 46.08	\$ 553.00	\$ 580.65	\$ 609.68	\$ 640.17	\$ 672.17
Preparación de suelo y siembra	\$ 66.67	\$ 800.00	\$ 840.00	\$ 882.00	\$ 926.10	\$ 972.41
Mano de obra (tutorío, deschuponeo)	\$ 180.00	\$ 2,160.00	\$ 2,268.00	\$ 2,381.40	\$ 2,500.47	\$ 2,625.49
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 35,633.00</b>	<b>\$ 37,414.65</b>	<b>\$ 39,285.38</b>	<b>\$ 41,249.65</b>	<b>\$ 43,312.13</b>

**Memoria de Costos administrativos, ventas y otros**

Concepto	U. de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Frecuencia	Costo Mensual
Administrador	salario	1	100	24	2400
Mantenimiento de construcciones	servicio	1	150	1	150
Mantenimiento de equipo	servicio	1	50	1	50
Energía eléctrica	servicio	1	40	0.5	20
Agua	servicio	1	5	1	5
Telefonía	servicio	1	0	1	0

En cuanto a costos, destaca que en términos formales se incluye un encargado al cual se le asigna un sueldo con fines de cálculos, ello implica un costo contable que repercute en la rentabilidad. Se señala esto debido a que en la realidad familiar esto no siempre se aplica debido a la solidaridad entre las personas.

Cuadro 10. Costos totales. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero**

**COSTOS TOTALES**

<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Administrador	\$ 28,800.00	\$ 30,240.00	\$ 31,752.00	\$ 33,339.60	\$ 35,006.58
Mantenimiento de construcciones	\$ 1,800.00	\$ 1,890.00	\$ 1,984.50	\$ 2,083.73	\$ 2,187.91
Mantenimiento de equipo	\$ 600.00	\$ 630.00	\$ 661.50	\$ 694.58	\$ 729.30
Energía eléctrica	\$ 240.00	\$ 252.00	\$ 264.60	\$ 277.83	\$ 291.72
Agua	\$ 60.00	\$ 63.00	\$ 66.15	\$ 69.46	\$ 72.93
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 31,500.00</b>	<b>\$ 33,075.00</b>	<b>\$ 34,728.75</b>	<b>\$ 36,465.19</b>	<b>\$ 38,288.45</b>

<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Control de plagas y enfermedades	\$ 320.00	\$ 336.00	\$ 352.80	\$ 370.44	\$ 388.96
Charolas de 200 cav para almácigo	\$ 300.00	\$ 315.00	\$ 330.75	\$ 347.29	\$ 364.65
Fertilizantes	\$ 553.00	\$ 580.65	\$ 609.68	\$ 640.17	\$ 672.17
Preparación de suelo y siembra	\$ 800.00	\$ 840.00	\$ 882.00	\$ 926.10	\$ 972.41
Mano de obra (tutorío, deschuponeo)	\$ 2,160.00	\$ 2,268.00	\$ 2,381.40	\$ 2,500.47	\$ 2,625.49
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,133.00</b>	<b>\$ 4,339.65</b>	<b>\$ 4,556.63</b>	<b>\$ 4,784.46</b>	<b>\$ 5,023.69</b>

	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>	\$ 31,500.00	\$ 33,075.00	\$ 34,728.75	\$ 36,465.19	\$ 38,288.45
<b>COSTOS VARIABLES</b>	\$ 4,133.00	\$ 4,339.65	\$ 4,556.63	\$ 4,784.46	\$ 5,023.69
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 35,633.00</b>	<b>\$ 37,414.65</b>	<b>\$ 39,285.38</b>	<b>\$ 41,249.65</b>	<b>\$ 43,312.13</b>

Esto representa una erogación mayor a los \$28, 000 pesos y hasta \$35, 000 para el primero y quinto año. Debido a esto los costos fijos repercuten notablemente en los costos totales, ya que representan cerca del 90%.

A partir de esta producción y suponiendo un rendimiento anual de 880 kg de jitomate, 545 kg de calabaza, 251 kg de lechuga y 48 kg de inflorescencias de alcañal, se calcula un ingreso de \$37, 000 en el primer año y casi \$45, 000 pesos en el quinto, considerando un incremento anual del 5%.

Cuadro 11. Estado de Resultados. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero**  
**ESTADO DE RESULTADOS**

CONCEPTOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
( + ) VENTAS	\$ 35,241.26	\$ 74,456.65	\$ 39,353.49	\$ 40,796.17	\$ 42,835.98
<b>COSTOS FIJOS</b>	\$ 31,500.00	\$ 33,075.00	\$ 34,728.75	\$ 36,465.19	\$ 38,288.45
<b>COSTOS VARIABLES</b>	\$ 4,133.00	\$ 4,339.65	\$ 4,556.63	\$ 4,784.46	\$ 5,023.69
( - ) <b>COSTOS TOTALES</b>	\$ 35,633.00	\$ 37,414.65	\$ 39,285.38	\$ 41,249.65	\$ 43,312.13
( = ) <b>UTILIDAD BRUTA</b>	-\$ 391.74	\$ 37,042.00	\$ 68.11	-\$ 453.48	-\$ 476.16
( - ) <b>DEPRECIACION</b>	\$ 1,792.96	\$ 1,882.61	\$ 1,976.74	\$ 2,075.58	\$ 2,179.36
( = ) <b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	-\$ 2,184.70	\$ 35,159.39	-\$ 1,908.63	-\$ 2,529.06	-\$ 2,655.52
( - ) <b>IMPUESTOS</b>	-\$ 218.47	\$ 3,515.94	-\$ 190.86	-\$ 252.91	-\$ 265.55
( = ) <b>UTILIDAD DEL EJERCICIO</b>	-\$ 1,966.23	\$ 31,643.45	-\$ 1,717.77	-\$ 2,276.16	-\$ 2,389.97

COSTOS DE DEPRECIACIONES					
ACTIVO FIJO	VALOR ORIGINAL	TASA	AÑOS	DEP ANUAL	VALOR RESCATE
Invernadero de 8 m2	\$ 9,904.75	10%	7.00	\$ 1,414.96	\$ 2,829.93
Plastico Negro para Piso.	\$ 847.00	15%	6.00	\$ 141.17	\$ 141.17
Mochila Aspersor	\$ -	10%	6.00	\$ -	\$ -
Palas	\$ 70.00	10%	6.00	\$ 11.67	\$ 11.67
Pinzas Electricistas	\$ 65.00	15%	6.00	\$ 10.83	\$ 10.83
Tijeras	\$ 35.00	15%	6.00	\$ 5.83	\$ 5.83
Mascarrilla	\$ 85.00	15%	6.00	\$ 14.17	\$ 14.17
Gautes de Latex	\$ 15.00	10%	6.00	\$ 2.50	\$ 2.50
Botas de Hule	\$ 60.00	10%	6.00	\$ 10.00	\$ 10.00
Papel pH	\$ 50.00	10%	6.00	\$ 8.33	\$ 8.33
Bascula	\$ 110.00	5%	6.00	\$ 18.33	\$ 18.33
Carretilla	\$ -	5%	6.00	\$ -	\$ -
Termometros	\$ -	10%	6.00	\$ -	\$ -
0	\$ 828.00	10%	6.00	\$ 138.00	\$ 138.00
Azadon del N°2	\$ 103.00	10%	6.00	\$ 17.17	\$ 17.17
Cava Hoyos.	\$ -	10%	6.00	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 12,172.75</b>			<b>\$ 1,792.96</b>	<b>\$ 3,207.93</b>

En su conjunto, después de los costos y los impuestos, se considera una utilidad de \$741 y hasta \$900 pesos al año 5.

Cuadro 12. Flujo de efectivo. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero**  
**FLUJO DE EFECTIVO**

CONCEPTOS / AÑO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
(+) VENTAS	\$ -	\$ 35,241.26	\$ 74,456.65	\$ 39,353.49	\$ 40,796.17	\$ 42,835.98
(+) VALOR DE RESCATE	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,207.93
(=) INGRESOS TOTALES	\$ -	\$ 35,241.26	\$ 74,456.65	\$ 39,353.49	\$ 40,796.17	\$ 46,043.91
COSTOS FIJOS	\$ -	\$ 31,500.00	\$ 33,075.00	\$ 34,728.75	\$ 36,465.19	\$ 38,288.45
COSTOS VARIABLES	\$ -	\$ 4,133.00	\$ 4,339.65	\$ 4,556.63	\$ 4,784.46	\$ 5,023.69
(=) COSTOS TOTALES	\$ -	\$ 35,633.00	\$ 37,414.65	\$ 39,285.38	\$ 41,249.65	\$ 43,312.13
COMPRA ACTIVO FIJO	\$ 12,852.75	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COMPRA ACTIVO DIFERIDO	\$ 5,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COMPRA CAPITAL DE TRABAJO	\$ 400.00					
(=) SALDO FINAL	-\$ 18,252.75	-\$ 391.74	\$ 37,042.00	\$ 68.11	-\$ 453.48	\$ 2,731.77

De esta manera, la inversión fuerte es en el primer año, \$17, 424 y las ganancias se inician en el primera año con \$2,478 y culminan en el quinto año con \$6, 082.

Cuadro 13. VAN, TIR y BC. Elaboración propia.

**Hortalizas en invernadero**  
**ANALISIS DE RENTABILIDAD (VAN, TIR, B/C)**

TASA DE ACTUALIZACION

10%

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+t) <sup>-n</sup>	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
AÑO 0	\$ -	\$ 18,252.75	-\$ 18,252.75	1.00000	\$ -	\$ 18,252.75
AÑO 1	\$ 35,241.26	\$ 35,633.00	-\$ 391.74	0.90909	\$ 32,037.51	\$ 32,393.64
AÑO 2	\$ 74,456.65	\$ 37,414.65	\$ 37,042.00	0.82645	\$ 61,534.43	\$ 30,921.20
AÑO 3	\$ 39,353.49	\$ 39,285.38	\$ 68.11	0.75131	\$ 29,566.86	\$ 29,515.69
AÑO 4	\$ 40,796.17	\$ 41,249.65	-\$ 453.48	0.68301	\$ 27,864.33	\$ 28,174.07
AÑO 5	\$ 46,043.91	\$ 43,312.13	\$ 2,731.77	0.62092	\$ 28,589.64	\$ 26,893.43
TOTAL	\$ 235,891.49	\$ 215,147.57	\$ 20,743.92		\$ 179,592.77	\$ 166,150.77

VAN	\$ 13,442.01
TIR	42.85%
B/C	1.08

En el cuadro 13, el proyecto evidencia un valor actual neto negativo, un porcentaje de rentabilidad y relación beneficio-costo extremadamente bajos.

A partir de lo anterior y de manera global, destaca la baja rentabilidad del sistema de reutilización en los tres indicadores mencionados, ya que se ha reportado (Cervantes, 2011) el VAN que oscila entre 35, 060 y 195, 319; aunque la relación beneficio-costo no es muy diferente (entre 1.08 y 1.5). Estos valores corresponden a una inversión de mucho mayor infraestructura, mientras que el sistema de reutilización en Iztapalapa es domestico y de un espacio mucho menor. Destaca el efecto de los costos de construcción y la mano de obra que se tiene que pagar en el sistema de tratamiento que hacen al proyecto financieramente no rentable. En este sentido es pertinente señalar la clasificación de los sistemas de producción hortícola señalados por Cervantes (2011) destacando la mayor rentabilidad en los sistemas de alta tecnología (con superficies a nivel de hectáreas, calefacción y riego) en contraste con los sistemas artesanales como es el caso del presente proyecto.

El valor actual neto negativo implica una pérdida de la inversión debido a la baja productividad del sistema y a los costos de mano de obra. En este sentido destaca el carácter social y ambiental de este tipo de proyectos, por lo que si se requiere una mayor rentabilidad se tiene que ampliar la escala y hacer inversiones en el sistema para mejorar significativamente la productividad. Desde el punto de vista económico no se justifica la inversión y en todo caso se requiere un apoyo financiero externo para sostener este tipo de proyectos.

Con respecto a la tasa de rentabilidad interna destaca su bajo valor con respecto a la oportunidad de inversión de capital en el mercado. Incluso por debajo de la

inflación. Al igual que en el anterior caso, desde el punto de vista financiero, no es recomendable la inversión.

Sí bien la relación beneficio-costos obtenida no es mayor a 1, se acerca a un valor de igualdad evidenciando el criterio financiero menos negativo, cercano al valor de 1.08 reportado por Cervantes (2011), para una producción poco tecnificada.

## 10. Conclusión y recomendación

El sistema descrito en este trabajo realiza el tratamiento de aguas grises que si bien se reporta con mejoramiento en la calidad del agua, no es rentable desde el punto de vista financiero.

Las ganancias generadas en la producción de hortalizas no compensan la inversión inicial ni los costos de mantenimiento.

Lo anterior se explica porque el proyecto enfatiza una escala familiar que no alcanza los niveles de producción tecnificada para obtener mejores rendimientos y mayores ingresos, por ello para lograr la rentabilidad financiera, es necesario aumentar la superficie de producción y concentrarse en el producto de mayor precio de venta (jitomate).

Sí bien el tratamiento y reutilización de aguas residuales representa una alternativa ecológica con beneficios al ambiente y a la salud humana, la producción de hortalizas (jitomate, lechuga, calabaza y alcatraz) en una pequeña escala familiar, no es rentable desde el punto de vista financiero.

## 11. Bibliografía

1. Alcocer, M. Aguas Residuales Urbanas: Tratamientos Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento, Mundi-Prensa, Madrid. 1995; 1-16.
2. Alcocer, M., Coria I. y Vera M. Las aguas jabonosas, manual de buenas prácticas, Instituto Carlos Slim de la Salud, Malinalco Estado de México. 2012; 67-77.
3. Altuve, J. El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión. *Actualidad contable* FACES Año 7 No. 9, Julio-Diciembre. Mérida. Venezuela. 2004; (7-17).
4. Andía, W. Indicador de rentabilidad de proyectos: El Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). *Industrial Data*. 2011; 14:15-18.
5. Aquarec. Reclamation and repuse of municipal wastewater in europe-current status and future perspectives analysed by the AQUAREC research project. 2006; 128-240pp.
6. Arias C. y Brix H. Humedales Artificiales para el tratamiento de Aguas Residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 2003; 13:17-24.
7. Barker-Reid, F., Grant A., Harper and Andrew J. Hamilto. Affluent effluent: growing vegetables with wastewater in Melbourne, Australia-a wealthy but bone-dry city. *Springer Science + Business Media* B. V. 2009
8. Bécares E. Conty A., Funcionamiento de los lagos someros mediterráneos. *AEET*. 2004; Ecosistemas 13 (2): 2-12. 2004
9. Bernant CJ. Invernaderos: construcción, manejo y rentabilidad. Editorial dedos, España, 1990; 143.
10. Carabinas, J. AGUA, Medio ambiente y sociedad, hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. UNAM-COLMEX-Fundación Gonzalo Río Arronte, México. 2005; p 6
11. Centro Regional Patagonia Norte. Producción de hortalizas bajo cubierta, estructura y manejo de cultivo para la Patagonia norte. [actualizado Julio 2016] Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta\\_2006.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta_2006.pdf) jitomate y lechuga
12. Cervantes A. Análisis técnico-financiero de los sistemas de producción de jitomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis de maestría. Colegio de posgrados. Texcoco, Estado de México. 2011

13. Henoweth J. & Pedley S. Drawer compactes sand filter: a new and innovative method for on-site grey water treatment. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, Surrey GU27XH, UK. 2014
14. CONAGUA, Indicadores de la calidad en México, 2010; p 113-127
15. Cruz Castillo, J. G., P. A. Torres-Lima, M. Alfaro-Chilmagua, M. A. Albores-Gonzales y J. Murguía-Gonzales. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del Alcatraz Green Goddess (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) en condiciones tropicales". *Chapingo Serie de Horticultura*. 2008; 14 (2): 207-212.
16. Cruz Castillo, J. G.: R. J. Mendoza and P. A. Torres L. Sade, fertilizers and natural bioregulator to improve *Zantedeschia* growth in Mexican tropical upland area. *J. Arg. UPR*. 2001; 85 (3-4): 132-142.
17. Cruz Castillo. J. G. y Alfaro-Chimalhua. M. El alcatraz blanco en la Región Central de Veracruz, Centros Regionales (publicación periódica de la Dirección de Centros Regionales Universitarios de la Universidad Autónoma Chapingo, México). 2005; 42: 6-7.
18. Eriksson E, Auffarth K, Hanze M. and Ledin A. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*. 2002; 85-104
19. Escalante E., y Moeller C., Panorama del reúso de agua residual tratada en México. 2014. [actualizado 5 Junio 2016] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/documentosdigitales/bvsde/texcom/cd051488/escalapa.pdf>
20. Esponda A. Arranque de un sistema experimental de flujo vertical a escala piloto tipo humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. 2001
21. Fernández G, Beascochea, Muñoz y Curt. Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas. 2014; Disponible en: [http://ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/outros/Manual%20de%20defitodepuracion/Capitulos%201%20a%202.pdf](http://ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20defitodepuracion/Capitulos%201%20a%202.pdf)
22. Figueroa, J. Clasificación de aguas residuales industriales. *Ambientum*. Edición Junio 2002; p.1. Disponible en: [http://ambientum.com/revista/2002/\\_22/CLS FCCNG1.asp](http://ambientum.com/revista/2002/_22/CLS FCCNG1.asp).
23. Funell, K. A. "*Zantedeschia*". The Physiology of flore bulbs. Elsevier. Amsterdam-London-New York-Tokyo. 1993; p. 683-704.

24. Gabarro J, Bacchelli L, Balager MD, Puig S, Colprim J. Greywater treatment at sport centre for reuse in irrigation: a case study. *Environ Technol.* 2013; 1358-1392.
25. Gantait, S. Mandal S. Bhattacharyya. Sustained accelerated mass multiplication in vitro with pure genetic identity in anthurium. *Plant Tissue Cult. Biotechnol.* 2010; 18: 113-122
26. Gobierno Federal. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Sustentabilidad Ambiental. 2014 [actualizado 5 Junio 2016] Disponible en: [http://www.cenidet.edu.mx/docs/pnd\\_2007\\_2012.pdf](http://www.cenidet.edu.mx/docs/pnd_2007_2012.pdf)
27. Guadalupe L. Antonio R. El cultivo moderno del anturio. Disponible en: [http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/64\\_3/PDF/Anturio.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/64_3/PDF/Anturio.pdf)  
anturio
28. Guerra, G. El agronegocio y la empresa agropecuaria frente al siglo XXI. San José, Costa Rica. Agroamérica. 2002
29. Instituto de Acceso a la información pública y potencia de datos personales del Distrito Federal. 2012; expediente RR.SIP.1948/2012.
30. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Disponibilidad de agua en México, estadística y comparación mundial. 2012; 14-16
31. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Estadística. (INEGI). A propósito del día mundial del agua. Ciudad de México. 2013
32. Jiménez-C B, Mazari-H M, Domínguez-M R y Cifuentes-G E. Revista *El agua en el valle de México*. 2008. p. 2-18.
33. Kuobo, T., K. Inaba y G. Mori. Compatibility of inespecific hybridization in *Zantedeschia*. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 2006; 75 (3): 273-275.
34. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Reformas DOF 28-01-2011.
35. Lira y Montes-Hernández. Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas. InfoAgro: Calabacín; Pumpkin and Squash Production; *AgroNet: Calabacita*. 1994.
36. Llagas W. y Gómez E. Diseño de Humedales Artificiales para el tratamiento de Aguas Residuales en la UNMSM. *Instituto de Investigaciones Facultad de Ingeniería Geologica, Mineral, Metalurgica y Geografica*. 2006; 17. 85-96.
37. Ludevid, M. Como crear su propia empresa, factores clave de gestión. Barcelona, España. *Marcombo*. 1994

38. Mantillona A. y Montero C. JI. Invernaderos: Diseño, construcción y ambientación. *Mundi-Prensa*. Madrid, España. 1995
39. Metcalf E. Gestión del agua del Distrito Federal, retos y propuestas. Solart, S.A. de C.V. 2004; p 157-162
40. Ministerio del Ambiente. Manual para Municipios Coeficientes.: Enotria S. A. 2009
41. Morató J., Subirana A., Gris A., Carneiro A., Pastor R. Tecnologías Sostenibles para la Potabilización y el Tratamiento de Aguas Residuales. *Lasallista de Investigación*. 2006; 01. 19-29.
42. Mortal J., Subirana A., Gris A., Carneiro A., Pastor R. Tecnologías Sostenibles para la Potabilización y el Tratamiento de Aguas Residuales. *Lasallista de Investigación*. 2006; 01. 19-29.
43. Ngamau, K. Development of an in vitro culture using sedes from *Zantedeschia aethiopica*, Green Goddess as explants. *Gartenbauwissenschaft*. 2001; 66 (3): 133-139.
44. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SEMARNAT-1996, Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. *Diario Oficial de la Federación*, México.
45. Ozalde, M. Tratamiento y reutilización de aguas grises en humedad artificial dentro del invernadero en Iztapalapa, México, DF. Tesina Licenciatura. México:UNAM- FES Zaragoza. 2016
46. Palacios-Blanco JL. La casa ecológica, como construirla. México, D.F. 2011; 101-170
47. Paulo, P. L. Boncz, M. A., Asmus, A., Jonsson, H. and Ide, C. N. Greywater treatment in constructor wetland at household level. *Gewasserschutz Wasser Abwasser*. 2007; 206 (34), 1-7.
48. Romero, G. P., Sáenz, S. E., Martínez M. y González, J. Calidad del Agua, 2da Edición, Escuela Colombiana de Ingeniería, Editorial Alfa Omega. 2009; 69, 124-127, 146 pp.
49. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaria de desarrollo rural (SAGARPA). Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. *Invernaderos rústicos*. 2014; 2-12.
50. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados. Cucurbita pepo pepo [actualizado Julio 2016] Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/biosecuridad/pdf/20870_sg7.pdf) calabaza

51. Soria, O. El agua en el Medio Ambiente, Muestreo y Análisis. Mexicali, Baja California. Plaza y Valdez Editores. 2006
52. Torres J. Eficiencia de Remoción de Materia Orgánica, Nutrientes y Bacterias en un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales por Medio de Humedales Artificiales. Tesis de Licenciatura. México: UNAM-FES Iztacala. 2005
53. Winpenny J., Heinz I., Koo S., Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficio para todos? *Informe sobre temas hídricos FAO*. 2013

"The meaning of life is just to be alive. It is so plain and so obvious and so simple. And yet, everybody rushes around in great panic as if it were necessary to achieve something beyond themselves."

"El significado de la vida es simplemente estar vivo. Es tan claro, tan obvio y tan simple. Aún así, todo el mundo se acelera con panico como si fuera necesario conseguir algo más allá de ellos mismos."