



## **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

### **Programa de Maestría en Diseño Industrial**

Facultad de Arquitectura

**“Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera. Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco”**

#### **QUE PARA OPTAR EL GRADO DE**

Maestra en Diseño Industrial

#### **PRESENTA LA ALUMNA**

Gabriela Sandoval Andrade

#### **DIRECTOR DE TESIS:**

MDI. Ángel Groso Sandoval  
Facultad de Arquitectura, UNAM

#### **MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**

MDI. Brenda García Parra  
Escuela de Diseño, UAM Cuajimalpa

MDI. Sandra Molina Mata  
Escuela de Diseño, UAM Azcapotzalco

Mtra. Elsa Valiente Ríos  
Restauración Ecológica y Desarrollo A.C.

FM. Ma. Guadalupe Doris Vélez Márquez  
Facultad de Arquitectura, UNAM

México D.F. enero 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



A Rebeca Sandoval Zárate  
y a la memoria de Mauricio Andrade González

## **Agradecimientos**

A mis padres Rosa María y Rogelio. A mis hermanos María José, Gabriel, Rodrigo y Arturo.

A mis tutores Sandra, Doris, Brenda, Elsa y Ángel por su interés, orientación y motivación.

A mi nueva familia, llena de hermanas entrañables: Teresa, Brenda, Martha, Fiorella, Daniela, Frida, Yearim, Luisa, Mariela, Itzia, Pasitos y Andrea.

Y a todas las diferentes caras del amor que han sido claves en mi vida, les agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía, algunas permanecen hasta hoy, otras están en mis recuerdos y en mi corazón. Donde quiera que estén forman parte de quién soy.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a este maravilloso país, por su gente valiente y por darnos esta universidad.

# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>11</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Pensamiento Ecológico y el concepto Sustentabilidad Ambiental. Evolución del surgimiento de la Sociología Ambiental	
2.2. Planteamiento y evolución del concepto Desarrollo Sustentable. Contradicción capital contra naturaleza	
2.3. Sustentabilidad en la construcción de sociedades humanas, un “metaconcepto”	
2.4. Racionalidad Ambiental de Enrique Leff	
2.5. El pensamiento de Diseño	
2.5.1. Diseño y Sustentabilidad	
2.6. Innovación tecnológica para la Sustentabilidad	
2.6.1. Tecnología e innovación	
2.6.2. Innovación Tecnológica en la construcción de sistemas humanos sustentables	
<b>3. Antecedentes</b>	<b>36</b>
3.1. Chinampas. Un modelo de agricultura sustentable	
3.1.1. Características de la región comprendida como Xochimilco	
3.1.2. Definición de chinampa	
3.1.3. Origen de las chinampas	
3.2. Manejo histórico de los recursos de la región de Xochimilco	
3.2.1. La lógica Centro-Periferia. Preponderancia del entorno urbano sobre el rural como detonante de la crisis ecológica en Xochimilco	
3.3. Consecuencias de las políticas de desarrollo de la ciudad de México para la sustentabilidad de las chinampas	
3.3.1. Cambio de uso de suelo agrícola y urbanización	
3.3.2. Cambio de los métodos tradicionales de agricultura	
3.3.3. Desequilibrio en el ecosistema causado por especies introducidas	
3.3.4. Tabla cronológica del análisis de la evolución del recurso hídrico y su repercusión en el ecosistema	
<b>4. Caso de estudio</b>	<b>49</b>
4.1. Proyectos de Agricultura Sustentables necesarios en regiones como América Latina	
4.1.1. Agricultura y sustentabilidad	
4.1.2. Agroecología	
4.1.3. Diseño de Agroecosistemas	
4.1.4. Potencial de los proyectos Agroecológicos en el contexto local	
4.2. Concepto de Restauración Ecológica	
4.3. Importancia de las Áreas Naturales protegidas y Servicios ambientales para la Ciudad de México	
4.4. Restauración Ecológica y Desarrollo REDES A.C. Caso de Estudio. Proyecto de Agroecología para la Innovación Tecnológica	

4.5.	La agricultura en chinampa, ejemplo de Agroecología	
4.6.	Innovación Tecnológica en la Agroecología	
4.7.	Ubicación y características de la Chinampa Apantle REDES	
4.8.	Modelo productivo. Prácticas agroecológicas en la Chinampa Apantle REDES	
4.9.	Análisis de la calidad del agua de riego de la Chinampa Apantle REDES	
4.9.1.	Parámetros y metodología de medición	
4.9.2.	Resultados de la calidad del agua en la Chinampa Apantle REDES	
4.9.3.	Análisis del cuadro comparativo. Parámetros críticos de los resultados para la calidad del agua con uso de riego agrícola	
4.9.4.	Conclusiones del cuadro comparativo	
<b>5.</b>	<b>Problemática</b> _____	<b>86</b>
5.1.	Definición del problema	
5.2.	Hipótesis	
5.3.	Objetivo general	
5.4.	Objetivos particulares	
5.5.	Justificación del problema	
<b>6.</b>	<b>Requisitos para la Innovación Tecnológica para el tratamiento del agua en la Chinampa Apantle REDES</b> _____	<b>89</b>
<b>7.</b>	<b>La filtración de agua</b> _____	<b>92</b>
7.1.	Tratamientos de agua residual	
7.2.	Remoción de Sólidos Totales	
7.3.	Filtros de agua sustentables para entornos rurales. Filtración burda y Biofiltración	
7.4.	Parámetros para el diseño de filtros sustentables	
<b>8.</b>	<b>Diseño del Tratamiento preliminar y primario</b> _____	<b>102</b>
8.1.	Algoritmo de Wegelin y Diseño de la secuencia de filtración	
8.2.	Tratamiento preliminar. Diseño de compuerta de filtro	
8.3.	Tratamiento primario. Modelo esquemático del funcionamiento de tanques de Sedimentación y Biofiltro	
8.4.	Tecnología de Bicimáquina para bombear agua	
<b>9.</b>	<b>Evaluar sistemas humanos sustentables. Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad MESMIS</b> _____	<b>111</b>
9.1.	Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad. Metodología.	
9.2.	MESMIS. Comparación entre los Sistemas de Biofiltración y Filtración Rápida de Arena. Desarrollo de metodología	
9.2.1.	Conclusiones de los resultados del modelo de evaluación MESMIS	
9.3.	Modelo de filtración de acuerdo a los resultados de la evaluación MESMIS	
9.3.1.	Secuencia general	
9.3.2.	Pre-tratamiento: Diseño de compuerta.	

- 9.3.3. Sistema de Tanque de Sedimentación y Filtración Rápida de Arena
- 9.3.4. Construcción, operación y mantenimiento
- 9.3.5. Conclusiones del sistema de filtración de Pre-tratamiento y Primario

<b>10. Conclusiones</b>	<b>146</b>
<b>11. Bibliografía</b>	<b>151</b>
<b>12. Lista de tablas</b>	<b>161</b>
<b>13. Lista de figuras</b>	<b>164</b>
<b>14. Anexos</b>	<b>168</b>
<b>14.1.</b> Descripción de los parámetros físico químicos de la calidad del agua.	
<b>14.2.</b> Descripción de las características contempladas en la Normatividad mexicana y estándares internacionales para el agua de uso agrícola.	
<b>14.3.</b> Presupuesto Primera propuesta de Diseño de Filtración. Pre-tratamiento y Filtro Primario de Biofiltración.	
<b>14.4.</b> Análisis Tecnología Filtración Rápida de Arena y Filtración Lenta de Arena	
<b>14.5.</b> Presupuesto Segunda propuesta de Diseño de Filtración. Pre-tratamiento y Filtro Primario de Arena Rápida.	

# 1. Introducción

La evidencia de los límites de la racionalidad moderna se manifiesta en una serie de crisis sociales y ecológicas que experimentan la mayor parte de la población en su calidad de vida. Estos fenómenos críticos, como el agotamiento y contaminación de los recursos naturales, la pobreza y desigualdad social, han hecho reconsiderar este proceso civilizador dando lugar a la posibilidad de replantear otras vías de desarrollo.

La articulación de un posible balance que se mantenga a largo plazo, entre las necesidades humanas y las acciones derivadas de estos procesos dentro del medio ambiente se debe orquestar desde un nivel sociopolítico y ético para concretarse en sistemas productivos, tecnológicos y culturales determinados por las condiciones ecológicas en el que se insertan. Fundamentalmente lo que continúa en discusión, es el cuestionamiento de nuestras necesidades, comprometer el concepto de lo que entendemos por bienestar y lo que es deseable perpetuar hacia el futuro.

Una inquietud personal que surge como eje para esta investigación, es cómo el Diseño es capaz de interferir bajo estas premisas ante las problemáticas contemporáneas, teniendo como motor la conciencia de un mundo complejo y limitado de recursos. De acuerdo con Ezio Manzini, el Diseño, a partir de una elección de valores, elabora discursos, que son útiles en la participación de la re-definición de las dinámicas socio-culturales, sobre la forma de producción y consumo, y la creación del ambiente artificial.

El diseñador que considere el marco conceptual de la Sustentabilidad, con la meta de orientar el comportamiento entre los miembros que interactúan en un sistema de una manera programada, a través de la planeación de escenarios donde ocurren estas sinergias hacia dinámicas que consideren la perpetuación de la vida, debe revisar y cuestionar porqué es pertinente este enfoque como eje conductor de la práctica de Diseño dentro de una temporalidad y espacio específico.

Dentro de este marco de consideración se eligió el estudio de la agricultura tradicional en Xochimilco. La preponderancia del crecimiento urbano sobre el rural, hicieron objeto a los ecosistemas originales del sitio de un deterioro que afectó su funcionamiento original a favor de la insostenible expansión de la metrópoli.

La explotación de los, alguna vez abundantes, recursos hídricos de Xochimilco, así como la modificación gradual del uso de suelo rural a urbano, se plantea como la fuente de la crisis ecológica y humana que experimentó el sitio y ha sido el acelerador de varios fenómenos en detrimento de la original riqueza biológica y cultural del lugar.

Para tales efectos, cualquier plan tentativo o intervención hacia la recuperación, defensa, cuidado, mantenimiento y aprovechamiento de los recursos naturales de un territorio que ha sido alterado respecto a sus condiciones originales, que simultáneamente, tenga el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus habitantes de forma duradera en equilibrio con su medio, conforme a la lógica del pensamiento ecológico, tendrá que estar apoyado por el análisis de los subsistemas que lo conforman: a) biofísicos, b) históricos y discursivos, c) socioeconómicos, d) institucionales del sistema, en estrecha relación con la forma en que la comunidad percibe sus necesidades y problemáticas.

Para elaborar posibles estrategias de Diseño que participen en la gestión de los recursos en relación a las actividades productivas que tengan como finalidad la continuidad del sustrato natural, es necesario el análisis de las estructuras culturales y sociales del medio en un

periodo de tiempo determinado. Para trazar un plan es necesario comprender los significados de las prácticas que condicionan las acciones e interacciones del grupo social que transforma el ecosistema; adicionalmente se debe documentar el estado del entorno y los recursos, para complementar la comprensión de los fenómenos sociales sobre cómo inciden y modifican su entorno.

La evidencia de las alteraciones que hace una comunidad en su medio ambiente, sirve a manera de radiografía sobre cómo ésta entiende y vive su entorno, como un diagnóstico de las repercusiones a nivel biofísico de las prácticas sociales de la comunidad. Un estudio integral del contexto, en torno a un fenómeno concreto, nos permite considerar cada elemento del sistema y su comportamiento, de tal manera que éste no se observa de manera aislada sino como una unidad de interacción.

Durante la exploración del caso de estudio, se identificó que la provisión de un recurso hídrico con calidad y constancia suficiente para la perpetuación de la actividad agrícola representa un punto crítico. La conservación del agua de los canales de Xochimilco es además parte importante de la composición geográfica en canales y apantles, fundamental para el hábitat de la biodiversidad y el paisaje característico del sitio, de hecho, su configuración original fue la que permitió el desarrollo de actividades humanas sustentables como lo es la chinampería.

Las chinampas de Xochimilco son un caso excepcional de agricultura periurbana, su potencial ecológico, antropológico y cultural únicos lo hacen un tema recurrente en iniciativas que se construyen bajo discursos que pretenden dinámicas alternativas de rescate y desarrollo. En búsqueda de la recuperación de esta zona de valor invaluable, han surgido múltiples iniciativas que tienen como objetivo fomentar las actividades productivas tradicionales dentro del contexto actual, que ha sido alterado sustancialmente respecto a sus características esenciales.

La valoración de nuestra dependencia a los recursos hídrico, como fuente de fertilidad y de abundancia, que propiciaron el desarrollo de agroecosistemas sustentables dentro de los cuales las comunidades humanas prosperaron, le da cabida al Diseño como un medio oportuno de intervención para redefinir estrategias sobre las interacciones humanas en su contexto.

La intervención del Diseño desde el marco de oportunidad sobre la alteración respecto a sus condiciones originales, de las características y el estado original de los recursos de un ecosistema, se encuentra en el análisis e integración de un discurso que justifique una innovación tecnológica para replantear un escenario donde sea factible coordinar el desarrollo de la comunidad y del ser humano en concordancia con la continuidad de los elementos del sustrato natural por medio de prácticas productivas más sustentables.

Conforme a esta premisa, surgen varias interrogantes que posicionan a este proyecto: ¿La innovación tecnológica y el diseño tienen cabida dentro de las prácticas tradicionales?, ¿Cómo el pensamiento de diseño puede auxiliar a construir parámetros y marcos conceptuales que hagan pertinentes la implementación e innovación tecnológica?, ¿Qué características y parámetros debe tener cualquier intervención dentro de un sitio con características tan específicas como las chinampas?, ¿Qué herramientas de diseño pueden asistir en la construcción de soluciones de tales dimensiones?

Para resolver estos cuestionamientos, la investigación se estructuró de la siguiente manera:

En el primer capítulo se enuncian y desarrollan los conceptos operativos que enmarcan la forma bajo la cual se descifró la realidad: el *pensamiento ecológico* como *primicia para dirigir la acción* del ser humano en el mundo, el posterior surgimiento y evolución de la Sociología Ambiental que culmina con la emersión del concepto de Sustentabilidad, el análisis del “desarrollo sustentable” y sus contradicciones. Con base a lo anterior, se construye una perspectiva que nace a partir de la crítica al “desarrollo sustentable”, en donde se considera el doble dilema que supone la interpretación e implementación de la Sustentabilidad. Finalmente se hace una referencia directa sobre las ideas de Enrique Leff acerca de la Racionalidad Ambiental, como una vía para pensar en autonomía y soberanía desde una óptica endógena a la problemática de comunidades excluidas del desarrollo hegemónico.

Consecutivamente se erige el pensamiento de Diseño como la guía epistemológica de esta tesis, pues la problemática es construida y abordada desde esta forma particular de aprehender la realidad. Se vincula la capacidad de incidencia que el diseño pudiera tener ante la complejidad de los retos que supone los problemas contemporáneos para la construcción de un futuro más sustentable.

Una parte importante de las decisiones de Diseño dentro del marco de oportunidad que supone la Sustentabilidad es la elección de los recursos tecnológicos, por ello fue considerado pertinente dedicar una parte a este análisis, ya que la tecnología es producto del diálogo entre las condiciones socioculturales y ecológicas vigentes. En lo relativo a esta materia, la ética se impone como parte decisiva que selecciona los medios para llegar a un fin: la acción sobre el medio social y ecológico debe ser controlada congruentemente para apoyar la transición hacia prácticas más sustentables.

Una vez completo el marco teórico, durante la fase de antecedentes, se relata el devenir histórico de Xochimilco y sus chinampas. Esto por un lado, permite desentrañar la lógica y evolución de las estructuras mentales que ha adoptado la sociedad y que determinaron su presente, y por otro, se conocen las posibles fuentes y fenómenos que ocasionan la contaminación del agua de los canales.

Para introducir el caso de estudio, primero se describe y expone los lineamientos de la agroecología, una forma sustentable de agricultura conveniente para el empoderamiento de comunidades marginadas. La agroecología enuncia una serie de principios para el diseño de agroecosistemas que asocian el conocimiento ecológico del medio con el conocimiento tradicional de las actividades humanas productivas, con el propósito de asegurar la diversidad, el uso continuo y el mantenimiento de los recursos, en correlación con la eficiencia de los procesos humanos. Asimismo hay un subtema: “Innovación Tecnológica para la Agroecología” donde se expone una serie de planteamientos acerca de los principios y especificidades de cualquier intervención tecnológica en cualquier proyecto agroecológico.

Posteriormente se caracteriza el caso de estudio: la agroecología en el caso de la Chinampa Apantle REDES, una iniciativa de Restauración y Desarrollo Ecológico A.C., donde actualmente se retoma la vocación agrícola de las chinampas como medios de sustentabilidad ecológica, social y cultural.

Consecutivamente se procedió a consultar fuentes académicas que revelan la evidencia de la contaminación del agua en los canales de Xochimilco, comparativamente con estudios de campo sobre la calidad del agua que se llevaron a cabo en la Chinampa Apantle REDES. Quedó demostrada la pertinencia de la innovación tecnológica para tratar la calidad del agua de acuerdo a los resultados obtenidos en el sitio respecto a los parámetros físico, químico y

biológicos con fines de riego agrícola en correspondencia a lo que decreta la normatividad mexicana para tales propósitos.

Una vez determinados los niveles críticos del agua se conformó la serie de prerequisites que dictaron los lineamientos de la Innovación Tecnológica. Correlativamente se procedió a investigar sobre sistemas de filtración de agua ya existentes que cumplieran con las especificaciones. Para la actividad proyectual de Diseño, se seleccionaron una serie de tecnologías complementarias y adecuadas para las dinámicas de la Chinampa Apantle REDES, que integraron un sistema completo para la filtración del recurso disponible en los canales.

La solución fue evaluada bajo el “Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad” que pretende medir la sustentabilidad de los sistemas humanos, para lo cual se sirve de un método comparativo. Concretamente, la tecnología de Biofiltración de agua, fue contrastada respecto a sus atributos de productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autosuficiencia y equidad con la Filtración Rápida de Arena, de tal manera que se rediseñó una versión final que seleccionó las cualidades más apropiadas de cada sistema para operar dentro de las dinámicas agroecológicas de la Chinampa Apantle REDES.

## 2. Marco Teórico

### 2.1.

### **Pensamiento Ecológico y el concepto Sustentabilidad Ambiental. Evolución del surgimiento de la Sociología Ambiental.**

Por definición, “ecología es la rama de la Biología que estudia las relaciones e interacciones entre organismos y el medio ambiente” (Lomelí, 2009). Mebratu (1998) menciona que el estudio y la comprensión de los principios sobre cómo operan los sistemas naturales desde la Biología, relacionados con las ciencias sociales da origen a una serie de filosofías, que aunque sostienen posturas diversas, tienen en común que surgen a partir del mismo punto de vista: la comprensión del orden de los ecosistemas deben ser el punto de partida que sistematice la acción del hombre sobre el entorno.

El surgimiento de las diferentes tendencias de Sociología Ambiental<sup>1</sup> o “ambientalismos”<sup>2</sup>, se remiten a la comprensión y conciencia de un “todo”, dentro del cual se interrelacionan todos los organismos existentes que se desarrollan con su medio ambiente, dentro del cual inciden correlativamente en el resto de los demás organismos; de tal manera que a mayor o menor distancia, “todo” está vinculado entre sí.

Leff (2011) nos dice que este pensamiento parte del reconocimiento consciente del carácter holístico de la naturaleza, suscita una nueva conceptualización del mundo y por lo tanto, trasciende en la forma en la que el ser humano se relaciona con la naturaleza. Un pensamiento ecológico-ambientalista es por tanto consciente de las estructuras y conductas de las partes que están determinadas por patrones que se relacionan a un todo, dentro de las cuales la esfera social forma parte. Se plantea una conciencia sobre la existencia de un sistema único, que es determinado y alterado constantemente por la interacción de un elemento con todos los organismos con los que se involucra, mediante procesos de flujo de energía y recursos. Todas las especies son interdependientes, por lo tanto simultáneamente confluyen e influyen en todas las cadenas de sistemas.

Para ampliar estos preceptos, en el libro “*La Trama de la Vida*” se profundiza sobre esta comprensión del mundo basado en el estudio de las ciencias naturales, que sostiene que todos los miembros de una comunidad están interconectados en una vasta e intrincada red de relaciones. La interdependencia<sup>3</sup> describe la naturaleza de todas las relaciones ecológicas y contempla la mutua cooperación de todos los procesos de vida entre unos y otros. El comportamiento de cada miembro de un ecosistema provee sus propiedades esenciales, y depende del comportamiento de otros que lo preceden y anteceden. El éxito de sobrevivencia está subordinado al éxito de cada uno de sus miembros individuales, mientras que viceversa, el éxito de cada miembro depende del éxito de cada comunidad. Capra (1997) menciona que el entendimiento de co-relatividad se amplifica cuando se entienden

---

<sup>1</sup> Véase Sociología Ambiental (Leff, Sustentabilidad y racionalidad ambiental:hacia "otro" programa de sociología ambiental, 2011).

<sup>2</sup> Ambientalismos (Lomelí, 2009).

<sup>3</sup> Interdependencia: fenómeno donde todos los elementos que coexisten en la naturaleza se afectan unos a otros, ya que nada está totalmente aislado y todo es parte de un sistema interconectado (Capra, 1997).

procesos de retroalimentación interdependientes, que se manifiestan como ciclos de reciclaje de recursos o nutrientes.

Capra (1997) dice que los principios de la ecología son: interdependencia, flujo cíclico de recursos, cooperación y compañerismo (tendencia a asociar, establecer vínculos, vivir uno dentro del otro y participar), estos aspectos se pueden fomentar dentro de cualquier organización para maximizar su sustentabilidad. Entre más variables fluyan, más dinámico es el sistema, mayor es su flexibilidad y mayor su habilidad de adaptarse a condiciones de cambio.

Mebratu (1998) muestra que una vez claro el concepto de sistemas, que es básicamente una serie de reciprocidades entre los elementos del contexto, es que podemos aludir al concepto de Sustentabilidad desde la Ecología, como la existencia de sistemas auto-organizativos que cambian, responden y evolucionan en el tiempo a través de un conjunto altamente variable de condiciones semi estables, esto es que cada ecosistema es auto controlable dentro de una mayor escala de límites. Es decir, dentro de los ecosistemas hay patrones de ciclicidad que tienen la capacidad de mantenerse en un continuo flujo con el propósito de subsistir.

Ser ecológico es el entendimiento de estos principios de organización (ecosistemas), que sirven de base para crear comunidades humanas que se ordenan de acuerdo a la conciencia de interdependencia y complementariedad para coordinar aspectos culturales, sociales y políticos en relación con su medio ambiente. La teoría sobre la conducta de organización de los sistemas vivos manifiesta que los ecosistemas naturales poseen principios de unidad y correspondencia, las comunidades humanas de la misma manera, quedan contenidas a esta misma unidad. Los grupos de seres humanos, como toda organización viva, se transforman en el tiempo, son organizaciones estructuradas de forma inminentemente abiertas a flujos de energía y recursos. Sin embargo, existe una autonomía relativa, determinada por procesos cognitivos propios de la especie humana, que ocurren e inciden en el medio natural.

Manzini (1996) dice que un criterio de demarcación dentro de la unidad, del *"todo"*, es aquel que distingue entre lo natural y lo artificial. En un orden jerárquico superior está la esfera de *"lo natural"*, ya que *"lo artificial"*, al ser producto del ser humano está supeditado a las leyes de la naturaleza, que son el conjunto de fenómenos que constituyen la base de todo lo existente.

Es decir, la distinción primordial entre ambos universos, es que las cosas naturales tienen su origen en *"causas"* mientras que las cosas artificiales tienen su origen en *"intenciones"* hechas por seres inteligentes, que son aquellos que tienen la capacidad de representar mentalmente lo que quieren realizar.

De tal manera que, *"lo artificial"* es el cúmulo de modificaciones parciales de los elementos naturales hechas por voluntad de *"seres inteligentes"*. Los seres humanos actuamos e interactuamos con el mundo a través de artefactos culturales, creadas por nuestras capacidades mentales (dentro *"lo artificial"*, se consideran tanto los artefactos materiales como los inmateriales)

Mientras que la naturaleza procede sin un proyecto fijo, donde las cosas simplemente suceden; los individuos tienen la habilidad de formular intenciones, fijan objetivos y tratan de alcanzarlos. De acuerdo con Ezio Manzini (1996) esta actitud finalista influye en la evolución de los organismos artificiales, *"creando condiciones de competición y colaboración entre entes dentro de un cuadro de leyes sistemáticas supra-subjetivas"* (Manzini, Artefactos, 1996, pág. 92). Esto es, los objetos son considerados entidades socioculturales, cuyo destino dependerá de las condiciones culturales prevalecientes.

Los ecosistemas y algunas comunidades humanas se desarrollan sin ningún propósito más que el de perpetuar la vida; en contraste, el proceso civilizatorio occidental tienen como propósito la acumulación de capital<sup>4</sup>, pues como menciona Bordieu (2010) esto le permite al hombre posicionarse y crecer socialmente.

De tal manera que, Serrano (2008) dice que esta relación simbiótica entre lo natural-artificial, en nuestro contexto contemporáneo<sup>5</sup>, ocurre bajo el modelo predominante de desarrollo capitalista<sup>6</sup>, cuyo rasgo principal es una racionalidad productiva y de consumo, su fuente de riqueza y crecimiento está basado en la explotación de recursos naturales y la fuerza laboral. El objetivo de esta lógica es la acumulación, la reproducción del capital a corto plazo y con rendimientos inmediatos. Desde este imperativo queda explícito “tener más que el otro”, pero también tener más de lo que realmente necesito. Los derivados de esta lógica de desigualdad son perturbaciones y desequilibrios sociales, culturales y ecológicos.

Es decir, el modelo de acumulación y reproducción del capital moderno<sup>7</sup> ha agotado de forma progresiva los recursos naturales, afectando las condiciones de regeneración de los ecosistemas y contaminándolos, fenómenos que derivan también crisis sociales y culturales. Esto es que, además de las inequidades sociales, predomina una política dilapidadora de los recursos naturales, ignorando los ciclos regenerativos bióticos<sup>8</sup> y abióticos<sup>9</sup> de la naturaleza. Ramírez (2011) dice que el ciclo del capital es más rápido que los ciclos de renovación de la naturaleza, por lo tanto el capital paradójicamente destruye las bases de su regeneración y de su riqueza.

Adicionalmente Manzini (1996) dice que la saturación de mercancía y producto estimula la acumulación de basura de todos los tipos, semiótica<sup>10</sup> y física. Se favorece la proliferación de formas (tangibles e intangibles) que aparecen de manera acelerada y desencadenan desequilibrios en el ambiente natural y social al exceder las posibilidades de asimilación física y cognitiva. Una vez que han sido producidos, los bienes tangibles adquieren autonomía, porque evolucionan conforme a leyes ajenas a la voluntad del hombre: toda la materia que el hombre altera, continúa dentro de un sistema dinámico más amplio y complejo que es el mundo natural, de cuyas leyes causales (físicas, químicas, etc.) no pueden escapar. Una vez que los bienes tangibles han perdido toda posibilidad de significado de valor para el ser humano, su estatus se reduce a una condición meramente material cuya condición original ha sido alterada y es desechada para continuar su evolución en alguna parte del planeta como desperdicio. La consecuencia ambiental del despojo y apropiación de los recursos es la degradación de los sistemas naturales, donde esta materia es extraída o depositada.

Los orígenes de la Sociología Ambiental según Lomelí (2009), pueden remontarse desde el s. XIX<sup>11</sup>; sin embargo, es hasta la década de los 70's del siglo XX que tienen notoriedad como una respuesta crítica al desfase respecto al orden natural, de las estructuras sociales y económicas prevalecientes en el sistema de desarrollo occidental, como estructuras desestabilizantes que aceleran la destrucción del medio ambiente en el que existen;

---

<sup>4</sup> Capital: es el motor de la economía de mercado, no es el stock de activos acumulados sino su *potencial* para dar lugar a una nueva producción (Soto, 2001).

<sup>5</sup> Contemporáneo véase Calinescu (1998).

<sup>6</sup> Capitalista: referido al modelo económico del Capitalismo, donde se obtiene acumulación de capital a partir de la fuerza laboral y el monopolio de la propiedad (Soto, 2001).

<sup>7</sup> Moderno véase Calinescu (1998).

<sup>8</sup> Biótico: *Biol.* Característico de los seres vivos o que se refiere a ellos (RAE, 2014).

<sup>9</sup> Abiótico: *Biol.* Se dice del medio en que no es posible la vida (RAE, 2014).

<sup>10</sup> Semiótica: f. semiología estudio de los signos en la vida social (RAE, 2014).

<sup>11</sup> Véase historia del ambientalismo (Lomelí, 2009).

emergen reaccionariamente ante los síntomas de ruina que condujo la modernidad y su modelo económico.

Al respecto, la Ecología Profunda, Naess (1973) sostiene que la fuente de la crisis humana es la dominación del hombre sobre la naturaleza, por lo que una de sus aportaciones es el cuestionamiento de los fundamentos epistemológicos<sup>12</sup> de la cultura occidental para reemplazar las jerarquías antropocéntricas<sup>13</sup> por biocéntricas<sup>14</sup>, esto significa según Mebratu (1998) la reconsideración de las prioridades de la acción del hombre, que más allá de la satisfacción de sus necesidades, establezca como prioritaria la perpetuación del medio ambiente<sup>15</sup>, sus recursos y todas las demás especies por igual. Entender al ser humano como una especie más de la naturaleza y de la cual depende, no como un ente independiente supremo.

Por otra parte, la Ecología Social<sup>16</sup>, no comparte esta idea bucólica sobre preservar la naturaleza lo más intacta posible, sino que la naturaleza es percibida socialmente. Identifica que la explotación y degradación del medio ambiente es generada gracias a la presión del crecimiento económico y la desigualdad social. Señala que el ser humano posee una necesidad de ejercer dominio, no sólo respecto a otro ser humano, sino también sobre la naturaleza. *“La explotación ambiental tiene su origen en las jerarquías sociales que emergieron por primera vez con el desarrollo de la familia patriarcal, alcanzando su máxima expresión en la sociedad capitalista”* (Varengo, 2008). Partiendo de esta premisa, plantea que la vía para alcanzar un equilibrio entre naturaleza y la acción humana es posible a través de fomentar una nueva conciencia desprovista de cualquier tipo de relaciones jerárquicas, facilitadas por la emersión de una nueva sensibilidad. Para lograrlo, según Rudy & Light (1995) habría que insertar en nuestra mentalidad el término de dualismo entre humanidad y naturaleza (dialéctica<sup>17</sup>), de tal modo instaurar una nueva racionalidad del mundo y una nueva ética.

Bookchin (1964), figura representativa de este pensamiento, expone ideas sobre traducir los principios ecológicos a valores éticos para el surgimiento de *“sociedades ecológicas”*, es decir, la propuesta está basada en ideas sobre la co-evolución entre el hombre y la naturaleza, donde el saber sobre la naturaleza conduce la formación de sociedades ecológicas. De acuerdo con Leff (2004), esta construcción es utópica, pues para que hubiera tal ruptura con el paradigma, sería necesario desestructurar las relaciones de dominación que han determinado a los grupos sociales a lo largo de la historia. Una labor de esa magnitud supondría frenar los discursos y las políticas de la globalización económico-ecológica, ignorar la dialéctica del poder y el deseo que constituyen la naturaleza humana. En suma afirma que esta postura no consigue plantear una teoría estratégica y una práctica capaz de echar por tierra al sistema dominante y de proponer un orden social alternativo. Es decir, es una versión *alienada a los hechos de la realidad existente*, pues frustrar un sistema que es conveniente y rentable para los poderosos resulta vano.

Las diferentes posturas que adoptan las diversas versiones de los ambientalismos, se empoderan y multiplican a partir de la evidencia global sobre los cuantiosos fenómenos de crisis que se dan dentro de las comunidades humanas (en los ámbitos económicos, sociales y

---

<sup>12</sup> Epistemológico: rama de la filosofía que se ocupa del estudio de las circunstancias *históricas, psicológicas y sociológicas* que determinan la forma en la que se aprehende el conocimiento (Alonso, 2006).

<sup>13</sup> Antropocéntrica: m. *Fil.* Teoría filosófica que sitúa al hombre como centro del universo (RAE, 2014).

<sup>14</sup> Biocéntrica: punto de vista que establece que todos los seres vivos están en el mismo nivel.

<sup>15</sup> Por definición, ambiente es todo aquello que circunda a las cosas, las condiciones, influencias y los factores externos que afectan a un organismo determinado (Lelé, 1991).

<sup>16</sup> Véase *“Ecology and Revolutionary Thought”* (Bookchin, 1964).

<sup>17</sup> Dialéctica: puede referirse a la complementariedad que existe en el diálogo, esa confrontación con *“el otro”* puede derivar en argumentos tesis, antítesis sería lo contrario (Pardo Tovar, 1970).

políticos), como en las condiciones irrefutables del deterioro medioambiental. Coinciden en señalar que la degradación ambiental afecta directamente la esfera social, incrementando los índices de pobreza y marginación, en detrimento de la calidad de vida de las masas.

Sin embargo, son más los argumentos en los que difieren, especialmente acerca de los posibles instrumentos y estrategias de cambio. Si bien ambas cuestionan los patrones de pensamiento y acción prevalecientes, en la Ecología Profunda el cambio se concibe desde la sustitución de una racionalidad con principios antropocéntricos por biocéntricos, mientras que la Ecología Social propone una dialéctica entre naturaleza y humanidad. En la primera el epicentro de la solución es la reverencia y respeto a la naturaleza, donde la prioridad debe ser la conservación de las condiciones de la naturaleza como el *estado ideal*; mientras que en la segunda instituye principios de equilibrio resultado del proceso de co-evolución entre naturaleza y humanidad, de tal manera que se concreten condiciones idóneas para la construcción de sociedades ecológicas.

Asimismo discrepan acerca de cómo abordar la relación del ser humano con la naturaleza, la pauta en la Ecología Profunda es la igualdad de condiciones entre el ser humano y naturaleza; mientras que en la Ecología Social la ética sobre la acción del ser humano hacia la naturaleza está fundamentada desde un orden socio-cultural, por lo tanto el mundo se transforma a la par de las sociedades humanas.

## 2.2.

### **Planteamiento y evolución del concepto Desarrollo Sustentable. Contradicción capital contra naturaleza**

Si bien la probabilidad de los *límites del desarrollo*<sup>18</sup> se plantea por primera vez desde el siglo XIX, desde la década de los 60's una serie de eventos son determinantes respecto a la alerta sobre la inviabilidad ecológica del paradigma de desarrollo occidental sobre un crecimiento infinito y las posibilidades catastróficas de seguir bajo el mismo régimen de desarrollo.

A partir de la conciencia y la reflexión, ante la evidencia del deterioro ambiental y la crisis económica y social se inaugura la idea de establecer *límites*, como una necesidad condicionada por nuestra experiencia contemporánea. Nada es más legítimo que nuestra dependencia de los recursos naturales, y es esta conciencia la que nos debe guiar para actuar en congruencia y asegurar el mantenimiento de la vida de todos los seres vivos.

La concepción de un *mundo limitado* se afirma en varios sentidos. Dimensionar por un lado que el terreno de “lo artificial” tiene límites de saturación física y semiótica, de cantidad, de usabilidad, de sus posibilidades de adquisición, de su comprensibilidad, es decir, existen límites endógenos del sistema debido a la competición de artefactos en un ambiente hasta el punto de saturación de las necesidades más inmediatas, y que solo un porcentaje de la población mundial tiene. Del mismo modo menciona Manzini (1996), los límites aparecen también al exterior del sistema, debido a la escasez de recursos, y la creciente emisión de desechos al medio ambiente, límites entre la interacción del sistema de artefactos y el sustrato natural, donde las especies artificiales que han sido desestimadas, subsisten a partir de una serie de mutaciones en presencia de condiciones externas e internas del propio sistema (naturaleza).

---

<sup>18</sup> Véase (Mebratu, 1998, pág. 6).

Esta conciencia de un *mundo limitado* que se confirma ante la realidad cotidiana, es el que da origen a una serie de discusiones de interés global que evolucionan y se concretan en el concepto de “desarrollo sustentable”.

El concepto de “*desarrollo sustentable*” puede ser identificado a partir de los 60’s, cuando el concepto de “*tecnología apropiada*”<sup>19</sup> era promovida para ser implementada en países en desarrollo.

Posteriormente, en 1972 la Conferencia de Estocolmo de la UN “*Conferencia del Ambiente Humano*” reconocía la importancia de modificar el desarrollo económico debido a las consecuencias en el medio ambiente, divulgó la importancia de la gestión de los recursos naturales sobre el tiempo, y denunció la ruina ecológica ocasionada por las actividades humanas en el medio ambiente demuestra la insostenibilidad de las mismas.

Casi simultáneamente dice Mebratu (1998), un grupo de científicos eminentes fundaron el Club de Roma, quienes redactaron un informe del estado del ambiente natural, y en el que se enfatizaba que existía evidencia que la sociedad industrial excedería los límites ecológicos posibles para su propia subsistencia.

Resultado de la divulgación de esta información que oficialmente alertó sobre las consecuencias fatales del aparato económico vigente, iniciativas como el “*eco desarrollo*” aparecen en el Programa Ambiental de la UN en 1978, impulsada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Si bien el cambio de perspectiva no es radical, pues no cuestiona la continuidad del desarrollo productivo, considera que el aspecto medioambiental debe ser considerado en los procesos productivos de aprovechamiento de los recursos a través de la planeación de estrategias que tienen una perspectiva sistémica del ciclo de vida, introduciendo procesos metabólicos cerrados (ciclo desecho-recurso) (Capuz Rizo & Gómez Navarro, 2011).

El tema fue retomado por la WCED en su reporte de la Comisión de Brundtland (1987) “*Nuestro Futuro en Común*”<sup>20</sup>, sostiene el concepto clave “*desarrollo sustentable*”, que por definición es: “*el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias*”. De tal manera que se entiende que la incuestionable devastación de los recursos base y los desequilibrios ecosistémicos han fundamentado la necesidad de introducir fundamentos de sustentabilidad a las labores económicas, con el fin de dominar las consecuencias ecológicas de los patrones productivos y adquisitivos, y las posibles secuelas en el medio ambiente y en las comunidades humanas.

La UNCED procedió desde entonces a la elaboración de más documentos que ahondaran en el tema como la Declaración de Río (1992), Agenda 21 y otras convenciones sobre desertificación, biodiversidad cambio climático con el fin de disolver las contradicciones entre medio ambiente y desarrollo (Mebratu, 1998).

Esta serie de iniciativas son sintomáticas de un claro límite de la racionalidad moderna, pues son discursos que se elaboran desde el mismo sistema, y pretenden retomar ideas de sustentabilidad ecológica para aplicarla a los esquemas de desarrollo económico, y en todas

---

<sup>19</sup> Tecnología apropiada. Término acuñado por Schumacher (1973) que propone el desarrollo económico y social de las áreas rurales, creando una industria “a escala”: poco intensiva en capital, que priorizase las oportunidades de empleo antes que la productividad, que no despreciase la capacidad productiva de los sectores tradicionales, y que no generase dependencias externas debido a su complejidad (Baldor, Boni, & Hueso, 2012).

<sup>20</sup> The World Commission on Environment and Development (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press.

las áreas del proceso civilizatorio. Sin embargo, las debilidades del concepto tan extendido como "*desarrollo sustentable*" se encuentran en más de un sentido.

1. No cuestiona el patrón de desarrollo vigente que ha conducido a la catástrofe ecológica y social. El hecho de que dentro del concepto se encuentra el planteamiento de *desarrollo*, es paradójico, por las implicaciones que suscita el término. El concepto de desarrollo se gesta desde la modernidad<sup>21</sup>, a partir del concepto de progreso, que es referido a los procesos de industrialización y urbanización, al predominio de la técnica y la expansión tecnológica. Se asume una conciencia radical y absoluta de que la modernidad es la vía para el desarrollo humano.

*Desarrollo es el nombre que resume la idea de dominio de la naturaleza. Después de todo, ser desarrollado y ser urbano es ser industrializado, es decir, es ser todo aquello que nos aparta de la naturaleza y que nos coloca frente a las construcciones humanas como las ciudades y la industria" (Gallegos Ramirez, 2011 , pág. 7).*

Por lo tanto bajo este marco de consideración, *desarrollo* se interpreta como crecimiento económico y la vía para aliviar la pobreza, lograr la conservación ambiental y la justicia social.

2. La conciencia de un mundo con recursos limitados no es posible y se contradice con los objetivos de acumulación y reproducción del capital, cuyo funcionamiento es posible gracias al crecimiento económico ilimitado. El *desarrollo sustentable* alberga ideas sobre crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras, sin embargo queda implícito que el medio es el crecimiento económico, a la vez que se mantienen los recursos naturales.
3. Rivera (2009) propone armonizar elementos antagónicos de la dialéctica de desarrollo: el medio ambiente y el crecimiento económico. Si sustentabilidad significa conservar el equilibrio para perdurar, el sistema operativo del capitalismo ha dejado de manifiesto que es un paradigma que para desarrollarse incidentalmente provoca desequilibrios en el marco ecológico y social. Es decir, los objetivos de sustentabilidad (ecológica y socio-cultural) no son viables dentro de los esquemas de desarrollo y progreso que provienen del capitalismo, cuya fuente de capital es la industrialización y urbanización.
4. Ramírez (2011) dice que el capitalismo con sus métodos y sistema operativo que les son inherentes, hace inviable la sustentabilidad, ya que tienen lógicas contrapuestas, pues el proyecto occidental de "desarrollo" es excluyente, mientras que la "sustentabilidad" y lo que plantea es incluyente.
5. Por un lado la definición oficial de "desarrollo sustentable" plantea la probabilidad de orientar el crecimiento económico de tal manera que los costos medioambientales sean calculados dentro de la ecuación, no incluye la posibilidad de que el aparato económico adopte condiciones de sustentabilidad ecológicas y sociales durante el proceso de capitalización de la naturaleza. Leff (2011) menciona que el concepto de desarrollo sustentable, o como ha sido interpretado, plantea el avance de una

---

<sup>21</sup> Modernidad. De acuerdo con Calinescu (1998) la era Moderna se origina desde la etapa neoclásica positivista. Este pensamiento acumulativo y ascendente se justifica desde la evidencia científica sobre el avance y acumulación del conocimiento, de tal manera que surge un concepto racionalista de progreso. Lo "moderno" es superior a lo antiguo porque el conocimiento es acumulativo y evolucionado, gracias a esta visión se confirman el desarrollo de la civilización.

racionalización económica, dentro de las dinámicas de capitalización de la naturaleza y la cultura, buscando la ecologización de las formas de reproducción y expansión del capital.

De ser la Sustentabilidad, desde sus principios ecológicos, trasladada a la escala de organización social del ser humano supondría el replanteamiento completo del sistema social y cultural, o como plantea Segrelles Serrano: *“La consecución de un equilibrio duradero entre las necesidades de la población, los recursos consumidos y las consecuencias ambientales de todo ello no es sólo un problema científico-técnico, sino fundamentalmente sociopolítico y ético”* (Segrelles Serrano, 2008, pág. 17).

La construcción de la sustentabilidad es un proceso más complejo que va más allá de la imposición de normas ecológicas sobre la acción del proceso económico. De acuerdo con Leff (2004), para que se cumplan las premisas que la sustentabilidad promete, es necesaria contar con otra racionalidad productiva, que dé lugar a otros procesos de orden natural, tecnológica y social para generar otras maneras de concebir la realidad del ser humano.

El discurso que ha sido difundido sobre el desarrollo humano sustentable es inconsistente, y se presenta como una salida paliativa a la crisis ambiental, para continuar con las actividades económicas bajo la misma *“racionalidad economicista, productivista y cosificadora que ha tenido en el capitalismo una de sus máximas expresiones”* (Gallegos Ramirez, 2011 ). Se ha manipulado el discurso de tal forma que se justifica el proceso de apropiación de la naturaleza, mientras pretende lograr la ilusión de un cambio de paradigma, el cual no es posible si se continúa bajo las mismas premisas de desarrollo. En otras palabras, *“el aparato capitalista no está realmente comprometido con la sustentabilidad que propone”* (Rivera, 2009).

### **2.3. Sustentabilidad en la construcción de sociedades humanas, un “metaconcepto”**

Una definición de Sustentabilidad, fundamentada desde un marco social es: *“la garantía de que la base natural y cultural persistirá indefinidamente y se establecerá una distribución equitativa de los recursos y el acceso a éstos entre los individuos, los grupos sociales, las generaciones humanas y el resto de los seres vivos”* (Astier, Masera, & Miyashi, 2008, pág. 176).

La Sustentabilidad, señala Mebratu (1998), de ser posible dentro de las sociedades humanas, articularía la productividad ecológica, tecnológica y cultural constreñida siempre a las condiciones ecológicas del medio. Necesariamente debe contemplar todas las esferas de las prácticas culturales del hombre, que comprenden desde los procesos productivos (el aprovechamiento de los recursos para las actividades humanas) y a las condiciones culturales, que son la base para las prácticas de gestión de procesos productivos sustentables.

De igual manera presupone que serán sociedades equitativas, que viven en sistemas cuya organización permitirá la igualdad de oportunidades entre los miembros que interactúan en el presente, pero también se preservarán las mismas oportunidades deberán ser reproducidas para los seres humanos del futuro y hacia todos los organismos vivos en general.

Una postura de esta índole adquiere dimensiones éticas sobre el respeto a la vida y la justicia, que fundamentada por la evidencia sobre la degradación de los ecosistemas debido a la acción del hombre, propone adoptar puntos de vista sobre cómo debiéramos actuar para asegurar la supervivencia de los seres vivos. Por medio de principios precisos, se aseguraría la sobrevivencia de todos los seres que coexisten en la naturaleza, de modo que, a través de procurar una relación armoniosa con el medio ambiente y entre los seres vivos es posible la diversidad cultural y biológica.

Sin embargo, estos razonamientos sobre la asunción del derecho a la vida como universal, parecería un asunto incuestionable desde la perspectiva de aquellas culturas que ostentan valores sobre vivir en armonía con la naturaleza y entre los individuos. Sin embargo, es importante reparar que estos preceptos no son absolutos, existe la relatividad ética y cultural, que considera que las creencias de todas las culturas son iguales y válidas en su contexto, y no pueden ser evaluadas, aunque sí comparadas. Este panorama apela a nuestro entendimiento de que nuestro punto de vista está sesgado por nuestras circunstancias particulares, y que ningún punto de vista es más válido que otro sino que corresponde a realidades culturales distintas. Cabe mencionar que incluso esta relatividad no sólo es lícita entre diferentes grupos humanos, sino que incluso la subjetividad de los individuos interviene entre miembros de una misma sociedad.

De asumirse como valor universal legítimo, el derecho a la vida de todos los seres vivos, surge una segunda controversia, cómo concretar esta racionalidad en las prácticas culturales, que es donde la sustentabilidad se volvería tangible. Las prácticas culturales se construyen localmente, pues las variables que las precisan están sujetas a las especificidades del tiempo y el espacio, por lo tanto, aunque cuando tuvieran las mismas metas, las prácticas que son aceptables en un grupo humano en otras serían inconcebibles.

Por lo tanto, aunque diferentes sociedades coincidan acerca del derecho a la vida por igual de todos los seres vivos, como un principio de antemano acordado que asegurará su propia existencia, el punto de partida sobre lo que se considera correcto, positivo, digno de ser perdurable, será diferente de acuerdo al sistema de valores que es único de cada colectividad.

Entonces, la forma que adopten las prácticas culturales, consecuentes de la organización entre la productividad tecnológica y cultural en relación con su medio ecológico, que tengan en común el objetivo de la sustentabilidad, serán irrepetibles, pues la racionalidad que les da forma está limitada por la perspectiva de una serie de individuos y las condiciones circunstanciales del contexto.

La reproducción de la racionalidad sustentable en prácticas culturales concretas, funcionará porque está diseñada expresamente a las particularidades del medio, los principios generales se interpretan y se construyen localmente.

En el documento “Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico y multidimensional” se abrevia que la conversión o construcción de los sistemas humanos hacia la Sustentabilidad, es un proceso socio-ambiental que debe ser congruentemente programado y controlado según Astier, Masera & Miyashi (2008), por medio de dos resumidos pasos: a) el establecimiento de un propósito superior que subordine a otros subprocesos, b) la formación de estructuras para controlar variables de acuerdo al propósito. Para complementar esta idea, se asienta que los sistemas humanos de cualquier índole que aspiren a ser sostenibles a través del tiempo deben poseer una serie de atributos que asegurarán su permanencia como organizaciones abiertas al cambio, como son la

productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autosuficiencia y equidad.

Comprender que existen sutiles pero irreductibles diferencias entre las múltiples interpretaciones surgidas del pensamiento ecológico hacia la construcción de sociedades humanas, es una reflexión sobre las diferentes formas en las que se pueden concebir las relaciones entre ser humano y naturaleza, aún con metas en común y bajo los mismos principios, la discrepancia es natural pues surgen de diferentes perspectivas.

Indagar en estas interpretaciones nos sirve para comprender que cualquier conceptualización sobre un desarrollo humano alternativo, está circunscrito por una racionalidad que revela una visión específica del mundo que se concretan en los valores y la ética a la que la acción del ser humano responde.

La interpretación según Astier, et al. (2008) sobre la Sustentabilidad es específica temporal y espacialmente, es decir, se define localmente en estrecha relación con el sistema sociocultural y ambiental que lo concibe. Por esto se afirma que es un "meta concepto", su definición varía de acuerdo a lo que el sistema de valores del ser humano de ese momento considere que "debe ser perdurable" en el tiempo.

Para sintetizar, la ética es importante porque determina los medios para llegar a un fin, por ello es necesario referir cuál es el discurso y el punto de partida de lo que se entiende por Sustentabilidad, pues éste es un concepto dinámico que transmuta y se interpreta a partir de las diversas circunstancias de los grupos humanos.

No es posible la concepción de un discurso totalitario que lleve a la humanidad hacia una transición sustentable, el compromiso sobre el establecimiento de una racionalidad que dirija valores éticos acerca de una relación ideal del ser humano con la naturaleza y con otros seres humanos es un proceso que cada sociedad debe resolver para asegurar su bienestar.

## **2.4. Racionalidad Ambiental de Enrique Leff**

La racionalidad es la habilidad humana de pensar, comprender y valorar, se manifiesta en la acción del ser humano en el mundo. De acuerdo con la categoría de racionalidad ambiental, el sustantivo es el ambiente como el eje que determina el pensamiento y acción del hombre. En torno a los principios ecológicos se forja la subjetividad que determinará la relación socio cultural con la naturaleza. La racionalidad ambiental es la comprensión de la capacidad de generar acciones transformadoras hacia la construcción de un futuro sustentable, como un nuevo paradigma del entendimiento del mundo, ésta reinterpretación del mundo plantea una iniciativa compleja que "disloca los órdenes ontológicos<sup>22</sup> y epistemológicos tradicionales" (Leff, 2004).

*La sustentabilidad ecológica aparece así como un criterio normativo para la reconstrucción del orden económico, como una condición para la supervivencia humana y para un desarrollo durable; problematiza las formas de conocimiento, los valores sociales y las bases mismas de la producción, abriendo una nueva visión del proceso civilizatorio de la humanidad. (Leff, 2004, pág. 121).*

---

<sup>22</sup> Ontológicos: Parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades trascendentales (RAE, 2014).

La simpleza del concepto, expone su complejidad cuando se pretende traducir al contexto social, pues los procesos de desarrollo de una sociedad, congruentes para mantener valores sociales deseables, tradiciones, instituciones, y otras infraestructuras culturales, deberán estar coordinadas con las actividades humanas que tienen injerencia en la transformación del medio ambiente de acuerdo con el conocimiento de las leyes biofísicas que condicionan las respuestas ambientales.

Un emprendimiento de esta naturaleza urge a una correspondencia entre teoría y práctica, desde la atención de las condiciones del contexto en su dimensión natural, económica, política y cultural regida por una racionalidad ética que surge de la consciencia de nuestra relación simbiótica con la naturaleza.

*La diferencia entre la racionalidad ambiental y la racionalidad capitalista se expresa en la confrontación de intereses sociales arraigados en estructuras institucionales, paradigmas de conocimiento, formas de comprensión del mundo y procesos de legitimación, que enfrentan a diferentes agentes, clases y grupos sociales. (Leff, 2004)*

La única vía que vislumbra el capitalismo para el desarrollo y bienestar de los seres humanos es a través del crecimiento económico, el cual funciona bajo una racionalidad excluyente. Sin embargo, el paradigma se cuestiona a partir del contraste del discurso ecológico con la lógica materialista de la modernidad. La *Racionalidad Ambiental* según Leff (2011) difiere porque apela a una conciencia de las acciones humanas sobre su entorno, se empodera ante la conciencia de que no hay nada más legítimo que nuestra dependencia de la naturaleza para nuestra supervivencia, lo cual supone una ruptura con la forma de aprehender la realidad de la modernidad.

Esta ruptura con la racionalidad capitalista hace factible otras formas de enfrentar la pobreza, por medio de la autogestión del sistema ecológico y sociocultural las comunidades pueden fortalecer su *potencial productivo*.

*Surge de allí una fuente de productividad sostenible, proveniente de la articulación de los procesos ecológicos que dan soporte y alimentan la producción y regeneración de los recursos naturales; de la innovación de tecnologías productivas y sustentables que amalgaman las prácticas y saberes tradicionales con la ciencia moderna; de la energía social contenida en la organización productiva de las comunidades; de los estilos culturales que definen la percepción de los recursos y las necesidades de cada comunidad” (Leff, 2004, pág. 429).*

Una posibilidad que ofrece la Racionalidad Ambiental con los principios de igualdad sobre el derecho de la vida entre los seres vivos que ostenta, es que las comunidades apropiándose de esta idea, puedan hacerla válida y efectiva para ellos mismos.

De tal manera que, los miembros que pertenecen a un grupo social pueden participar en las determinaciones de sus procesos productivos y el destino de sus recursos, con esto también es posible un proceso de redefinición social, la comunidad implícitamente decreta cómo será su relación con la naturaleza y a su vez, tienen el poder de diseñar sus estilo de vida. Por lo tanto, para la cimentación de su bienestar, las comunidades deben tomar acción sobre sus circunstancias, para redimir, dignificar, apoderarse y dotar la base natural y cultural con características de sustentabilidad.

Ante la emergencia de un hecho inédito en la historia: el límite que impone la naturaleza al orden económico y social, una respuesta es el surgimiento de una conciencia sobre la

complejidad ambiental como pauta para la intervención en el orden natural. La contribución de Enrique Leff al debate de la Sustentabilidad me parece relevante desde el contexto de países rezagados respecto al desarrollo hegemónico, como México. Especialmente la formulación de alternativas a las crisis de los grupos más marginados por medio de tácticas de descentralización a favor de la autogestión de estas comunidades sobre sus procesos de vida. El auto reconocimiento y la reflexión crítica son clave para que sea una vía factible y operativa.

## 2.5.

### El pensamiento de Diseño

Buchanan (2006) menciona que a partir de una revisión ampliada sobre la labor del diseño, entendida como el proceso de pre configuración, dirección y práctica directiva que materializa, gracias a su capacidad constructiva, el mundo tangible, y no tangible, es que la disciplina adquiere la posibilidad de ser un medio que articule una serie de variables que intervienen en un sistema con el propósito de cambiar una situación prevaleciente hacia otra más deseable de acuerdo a un planteamiento teórico. De esta comprensión se pueden reconocer dos momentos en la práctica del Diseño: una primera parte conceptual y analítica, que da soporte y cabida a la segunda, la actividad proyectual.

De la primera etapa se demuestra que la actividad de Diseño es una empresa cuyo principio es rigurosamente humanista, pues sus efectos, perceptibles en el ambiente artificial, proceden de una elaboración retórica persuasiva, la cual se justifica del análisis de las variables del problema con argumentos que parten de la racionalidad del orden social y los valores éticos vigentes. La voluntad de cambiar una situación prevaleciente hacia otra mejor es lo que incita al Diseño, o en otras palabras, un problema es una circunstancia en la que hay un vacío ente lo que queremos que suceda y lo que está sucediendo.

Buchanan (2006), respecto a la definición de los "problemas de diseño", reconoce que tienen una naturaleza indeterminada, porque el diseño no tiene un tema en especial, este se delimita cuando la problemática se acota, por lo tanto, el pensamiento de Diseño puede ser aplicado a cualquier área de la experiencia humana. Un problema de diseño comprende una serie de circunstancias o dilemas, que requieren de la percepción de un sujeto que las interpreta como indeseables, de tal manera que se inicia un proceso que organiza el conocimiento acordemente. Los problemas de diseño no pueden ser enunciados comprensivamente desde el inicio porque es imposible estar seguros que todos los aspectos de un problema han emergido, este se revela conforme se investiga y en buena medida es sesgado de acuerdo a quien lo plantea. Los problemas no existen objetivamente, sino son planteamientos que se estructuran a través de los ojos de quiénes interpretan una serie de situaciones; al respecto Dorst (2006) plantea que el punto de partida es la formulación de una pregunta que requiere ser contrastada constantemente para darle forma a la problemática, de tal manera que el problema de Diseño *es un diseño en sí mismo*.

Para complementar la idea sobre la voluntad de cambiar una situación prevaleciente hacia otra "mejor", cabe mencionar que este panorama es visto desde la postura del investigador-diseñador, quien es un agente activo que determina, por medio de la asimilación del contexto de acuerdo a su sistema de valores, las decisiones del rumbo del proyecto.

A partir de este análisis se identifican algunas debilidades del paradigma problema-solución que son inherentes a su formato. En primer lugar la propuesta del modelo es reduccionista pues el proceso creativo es más complejo de lo que ello supone, consta más bien de un

proceso iterativo de análisis, síntesis y evaluación. Asimismo el planteamiento es una visión objetiva y racional, no contempla la dimensión subjetiva que sostiene la investigación, en relación a una lógica determinada por el contexto cultural y otra serie de condicionantes. Dorst (2006) propone re conceptualizar el enfoque del término problemática por el de "situación paradójica de diseño", esta apreciación implica aproximarse a una serie de situaciones conflictivas que necesitan una delimitación creativa para encaminarlas hacia un sentido coherente, y por medio de una interlocución de discursos vislumbrar una posible nueva situación (solución). El aporte de esta perspectiva por un lado es dimensionar la complejidad que implica abordar las múltiples circunstancias que intervienen en una situación que se concibe como problemática, y por otro, abre la posibilidad de visualizar cualquier proyecto de Diseño como incompleto, ya que la realidad siempre está en constante evolución y es inabarcable, cualquier alternativa responde a un espacio y tiempo que está sujeto a una inminente transformación.

*Tomar decisiones*, es un acto implícito y categórico desde el comienzo, y parte de la reflexión necesaria para elegir entre distintas posibilidades. Esta serie de resoluciones son consecuentes con el posicionamiento del diseñador, que es la dinámica de ideas o ideologías particulares formadas a partir de sus referencias sociales, culturales, y personales surgidas de su experiencia. En otras palabras, las condiciones personales derivadas de nuestro "*contexto político, epistemológico y posturas ontológicas*" (Ghasarian, 2008), determinan la subjetividad del investigador, predispone la experiencia y las resoluciones que se hacen dentro del campo. La subjetividad es rotunda durante toda la investigación, el entendimiento e interpretación de la vida es única y ocurre bajo circunstancias particulares. Lo que se identifica como situación problemática está influenciado por estos marcos personales de referencia, que son los lentes con los que se interpreta y conoce la realidad. De igual manera, hasta las decisiones metodológicas están circunscritas por nuestro género, antecedentes culturales e identidades profesionales.

Esta conciencia según Crouch (2012) procura una postura crítica y reflexiva que nos hace comprender que nuestra percepción de un fenómeno es parcial e incompleta, es una pequeña visión de la realidad que puede perder sentido si se contrasta con la experiencia ajena. Es importante que el diseñador reflexione sobre su postura y cómo ésta influencia el proceso de recolección e interpretación de datos, ya que los puntos de vista que son capturados en la investigación están limitados por las preguntas, los temas y el lenguaje usado.

Para complementar estas ideas sobre la reflexividad, el diseñador no sólo debe meditar su postura propia sino situarla en relación al contexto y momento histórico, de ahí que "la práctica del diseño debe estar informada por la teoría y debe haber una teorización cotidiana como práctica" (Whiteley, 1993). Esto es, que el diseñador debe conocer los procesos histórico-políticos de la humanidad, y en específico sobre capitalismo, consumismo y postmodernidad, ya que los valores determinantes en la práctica del diseño, son relativos a las prácticas sociales y culturales de un contexto concreto. Las actividades teóricas (información, investigación, y redacción de trabajos) y el estudio de los aspectos de la vida material y cultural, con sus subsistemas, discursos, ideas y objetos, sitúan un proyecto y le dan un marco referencial que lo valida, indispensable para abordar la resolución integral de una problemática, que además induce a reflexionar sobre la naturaleza del problema en términos de principios, valores, y sobre el papel del diseñador en la sociedad.

Al igual que en el ejercicio de cualquier ciencia social, en el Diseño es pertinente esta reflexión y reconocer las limitaciones de nuestra perspectiva para iniciar un proceso iterativo

de evaluación, respecto a si mismo, al contexto histórico y al actual. Sin embargo a diferencia de otras ciencias sociales, el diseño se concreta en sistemas tangibles o intangibles, motivo por el cual, desde el planteamiento hasta los resultados, deben ser contrastados con la diversidad del sujeto de estudio dentro de la realidad dinámica desde donde pretende operar.

En la medida en que el Pensamiento de Diseño sea reconocido en su aportación para las organizaciones, como conductor de discursos capaces de modificar el comportamiento humano, será reconocido como una disciplina formadora de estrategias, que concentran su atención hacia la gestión y diseño de sistemas.

El *“Diseño de Cuarto Orden” Buchanan (1999)* trata de demostrar la interconexión existente entre las diferentes escalas que integran al ambiente, desde los objetos hasta la conformación del espacio para integrar una sola unidad con un discurso congruente que encauce la experiencia humana, es decir, el diseño de las interacciones y organizaciones que se desenvuelven en los escenarios y ambientes. Desde este punto de vista, la ampliación del panorama sobre el ejercicio del diseño, más allá de la actividad proyectual, reside en su aportación para coordinar, integrar y articular situaciones complejas. El desafío que permitirá a los diseñadores intervenir a un nivel más trascendental, está en la profundización de la escala de comprensión e intervención del Diseño, desde signos y objetos, hacia el Diseño de interacciones y sistemas, con el fin de que la disciplina sea oportuna en la resolución de las problemáticas complejas que se presentan actualmente.

### 2.5.1. Diseño y Sustentabilidad

A partir del establecimiento de una racionalidad que legitima nuestra dependencia al equilibrio del medio ambiente, los criterios de acción derivados de la comprensión ecológica de los sistemas establecen una conciencia integradora y holística que nos lleva a proponer una reorientación de la actividad humana coherente con esta elección de valores. La práctica ecológica está respaldada por una postura ética que nos induce a tomar decisiones en consecuencia: se reconoce la complejidad de los sistemas y la incidencia de las fuerzas socioculturales.

La vinculación del término Sustentabilidad con el ejercicio del diseño introduce no solo las ideas sobre la responsabilidad ética, la complejidad aumenta cuando esta noción implica una visión a largo alcance. Consecuentemente con estas ideas, hay un cambio de pensamiento del diseñador de proyectar un objeto, hacia un acercamiento del funcionamiento del diseño en forma sistémica.

Los antecedentes de tendencias de diseño que incorporaron consideraciones sobre el medio ambiente, como el Eco Diseño con las estrategias que le son propias, como el diseño para el reciclaje y el análisis de ciclo de vida, son conceptos que refuerzan una visión de cultura de consumo que no contribuyen a una nueva visión de la práctica del diseño. Margolin (1998) apunta a dos modelos de desarrollo en conflicto: modelo expansionista y el modelo en equilibrio, sugiere que para reconceptualizar el Diseño, éste debe alejarse de la cultura de consumo y darle forma a una nueva identidad que replantee su rol en la construcción de un mundo que adquiere una nueva conciencia.

Esto es que el Diseño no es un medio para consumir intereses políticos o económicos, se desvincula de las dinámicas regidas por la lógica del capital impuesta por el modelo hegemónico, cuya central preocupación es la generación de riqueza por encima de la producción de calidad de vida. El Diseño que considera la Sustentabilidad ostenta valores

alternativos que marcan una ruptura con la racionalidad que ha predominado en su historia tradicional de ser un mecanismo que articula lo social y lo económico, pero que prioriza la productividad y el rendimiento.

Por lo tanto, más allá de la optimización y mantenimiento de los recursos, una iniciativa de esta magnitud cuestiona de fondo los patrones de desarrollo vigentes, llevada a cabo por un conjunto de actores sociales que concuerdan con la idea de salir de una cultura que se creía dentro de una dinámica de desarrollo ilimitado, para constituir una cultura que sea capaz de pensar en su posible cambio.

Margolin (1998) menciona que nuevo paradigma es la integración y balance del medio social y ecológico por medio de estrategias diversas como la proyección de modelos que promueven la equidad social, fortalecer la participación, la justicia institucional entre la sociedad, la repartición y el aprovechamiento justo de los recursos que cosecha impactos positivos en red. Diseñar entonces adquiere la posibilidad de ser un medio para ordenar el mundo, una labor mucho más ambiciosa que sólo darle forma a los productos. El diseño demostrará su capacidad cuando, más allá de la actividad meramente proyectual, sus alcances sobre la concepción y planeación de estrategias, conciben ideas y discursos que encarnen intervenciones tangibles (objetos, servicios, sistemas) que funcionen sistémicamente.

Con referencia a lo anterior, Madge (1997) menciona que Tony Fry advierte que la urgencia de cambiar el cultivo de necesidades a diseñar para una cultura de permanencia podrá ser logrado, en la medida que el diseño mismo sea rediseñado.

La evidencia de los límites de nuestro mundo tiene que replantear que hay otras posibilidades de desarrollo, el diseñador a partir de esta conciencia hace una elección de valores, tiene la aptitud de ver en ese agotamiento, oportunidades para replantear otro tipo de organizaciones prácticas para el desarrollo y planeación de escenarios<sup>23</sup>, que generan organizaciones novedosas de los ambientes que redefinen los comportamientos. Un escenario según Manzini (1998) es la visión de un futuro hipotético a macro-escala del sistema socio-cultural dentro del cual se condensa la complejidad de factores que se interrelacionan. Es decir, la pertinencia del pensamiento de Diseño, de acuerdo con Margolin (1998), para programar el futuro es su habilidad de concepción y planeación, sobre la configuración del espacio y las interacciones.

Por lo tanto, desde tal perspectiva, el Diseño puede intervenir en los problemas humanos dentro de una escala más amplia, pues hipotéticamente tiene la capacidad de cooperar en la re-definición de las dinámicas socio-culturales y la creación del ambiente artificial con metas de estructurar de sistemas humanos sustentables que promueven la equidad social, fortalecer la participación, justicia institucional entre la sociedad, repartición y aprovechamiento justo de los recursos. Margolin (1998) entrevistó seis temas concretos de oportunidad: mejorar la calidad de vida, el uso eficiente de los recursos naturales, proteger los bienes globales, conducir los asentamientos humanos, el manejo de los residuos humanos y fomentar estilos de vida sustentables. Asimismo los diseñadores deben repensar su práctica, no sólo hacia los problemas de una población futura, sino la operación de rectificar los errores del pasado.

---

<sup>23</sup> Escenarios. El término escenario es considerado como un sinónimo para la visión integral de un sistema complejo y articulado. El diseño de escenarios reúnen una serie de condiciones posibles, transformaciones del contexto y los estilos de vida deseables y posibles en el camino a la Sustentabilidad (Manzini, Meroni, & Jegou, Design oriented scenarios: generating new shared visions of sustainable product service systems, 2009).

Consecuentemente, un diseñador tiene el potencial de profundizar sobre el cambio social, su motivación se fundamenta a partir de una realidad social dentro de la que aspira a operar, y su oportunidad debe corresponder a objetivos supeditados por el contexto histórico, de ahí que Fry (2009) reconoce que el Diseño para el futuro es una práctica re directiva. El proyecto de diseño inicia desde el reconocimiento de la posibilidad de mejores prácticas, de acuerdo a un marco de referencia teórico se elabora un discurso que parte también del análisis de las condiciones prevalecientes. De aquí se puede alegar la dimensión estratégica de un proyecto: se definen objetivos a largo plazo empezando por una interpretación del presente hacia “escenarios deseables”.

La pauta del *Diseño Sustentable* surge de la ambición de introducir innovaciones capaces de generar realidades duraderas y compartidas que sean susceptibles para incentivar la autosuficiencia, y que sean organizaciones flexibles para adaptarse a los cambios manteniendo su operatividad.

Ante esta responsabilidad, queda implícito que el diseñador debe mantener siempre una postura crítica ante sí mismo y la problemática, debe ser capaz de asociar el conocimiento de la técnica con las intervenciones de las referencias culturales, de donde legitima sus elecciones de diseño.

El Diseño se apoya del análisis de la configuración del mundo artificial, lleno de significados que revelan los múltiples discursos racionales de una sociedad particular, cómo ordena y controla su mundo, esta configuración impone sentido, transforma y decreta la interacción de una sociedad con su medio ambiente y con los eventos que ahí suceden. De ahí que, la combinación de argumentos que se derivan de la proyectualidad, intencionalidad, y las relaciones sistémicas existentes, tiene el potencial de superar la idea de “proyecto unitario” (Manzini, Artefactos, 1996), esto es, que el diseñador busca sus fuentes creativas más allá de su racionalidad, pues está obligado a participar activamente en la construcción del proceso social desde donde emergen las ideas que son prometedoras e imprescindibles.

Correlativamente, la sociedad como una trama de redes en evolución, se vale del diseño para elaborar respuestas temporales a la solución de sus problemas o la satisfacción de sus deseos, y en la medida que estos se transforman en el tiempo, estas respuestas necesitan adaptarse; por esta razón se considera que las acciones de diseño cambian una situación por otra y evolucionan en el tiempo.

El Diseño con estas características según Margolin (1998) es una actividad que crea puentes entre las ideas de una sociedad y la realidad material, es una disciplina competente en materializar conceptos, así como se vuelve imprescindible la capacidad de relacionar e integrar las aportaciones de diversas disciplinas que incurren en una problemática: interdisciplinariedad<sup>24</sup> y transdisciplina<sup>25</sup>. Las necesidades de Diseño en el mundo son evidentes pero el plan para lograr los alcances a los que aspira desde la Sustentabilidad, hacen que deba valerse de la interdisciplinar y colaborar con expertos de otras áreas.

---

<sup>24</sup> Interdisciplinariedad. La interdisciplina consiste en la relación recíproca entre disciplinas en torno a un mismo problema, situación o fenómeno concreto. Pero sobre todo implica la transferencia de métodos de una disciplina a otra, así como el intercambio y colaboración entre los conocimientos teóricos y prácticos de distintas disciplinas. Asume la crítica y la autocrítica en todas direcciones (González, 2012).

<sup>25</sup> Transdisciplina. Proceso de construcción del conocimiento a través de constantes, numerosos y fecundos trabajos teórico-empíricos, abiertos a las tendencias heterogeneizantes consustanciales a toda realidad. La transdisciplina está relacionada con el cruce de fronteras disciplinares y de otro tipo de saberes en la construcción del conocimiento (González, 2012).

Para puntualizar lo que se ha expuesto hasta el momento, se puede referir a los tres principios que componen la estructuración de escenarios propuesta por Manzini (2008): visión, propuestas y motivación. La visión nos lleva a imaginar los cambios de comportamientos que pudieran surgir de las propuestas, las cuales deben contemplar todo lo necesario para la implementación (sistemas factibles). La motivación, surge de las razones que le da significado a la existencia del escenario y nace de la naturaleza específica del contexto de las motivaciones intrínsecas de las personas involucradas (sus redes de las relaciones sociales existentes, la mezcla intercultural), supeditado a las dimensiones de la solución (territorio, tecnología, recursos y número de actores involucrados). Este conjunto de factores no son fácilmente replicables y generan propuestas únicas debido a sus características de emersión que responden a exigencias locales.

Para sintetizar, según Buchanan (1999), los aspectos “*diseñables*” de un sistema son todos aquellos asociados con las conductas y los valores, los cuales precisan la identidad de una solución dentro del contexto socio-cultural. La complejidad está en articular la multiplicidad de factores que inciden en el sistema completo, para que éstas en conjunto, encaucen el comportamiento de las personas involucradas, por lo cual es viable recurrir a la perspectiva del *Diseño de Cuarto Orden*. Esta visión se ajusta al diseño de escenarios sobre cultivar un pensamiento sistémico, pues tiene la capacidad de planear el orden y la configuración de las interacciones en un medio de tal manera que se mantenga su existencia, esto es, cómo los seres humanos se relacionan con otros seres humanos mediante la influencia intermediaria de los objetos y ambientes en una perspectiva hacia el futuro.

Dentro de estos argumentos se puede entrever un potencial de empoderar a los sujetos que intervienen en esos sistemas para lograr transformaciones de origen y forma que hagan que la complejidad y lo contradictorio de los diferentes posiciones subjetivas, converjan hacia la producción de “*ambientes artificiales dotados de calidades más profundas y estables*” (Manzini, Artefactos, 1996).

Fry (2009) menciona que nuestra habilidad para sustentarnos en el tiempo depende de un cambio ético hacia las acciones humanas que tienen lugar en el mundo, sean representadas materialmente o no, se debe estimar las cualidades del desempeño humano, pues el diseño del ambiente artificial se crea a partir de la materialización de la racionalidad de quienes lo han concebido, y consecuentemente se debe ser responsable y consecuente con cada acción y sus efectos que intervendrán dentro de un sistema dinámico más amplio y complejo, que es el sustrato natural. En esta misma dirección se ha discutido la necesidad de establecer códigos, normativas y conceptos que permitan tomar con mayor seriedad las operaciones que tienen efectos sobre el medio ambiente. Una posibilidad es generar un imaginario social para la definición de las dinámicas socio-culturales, de la forma de producción y consumo, sobre la creación del ambiente artificial.

El orden social en el que vivimos determina los patrones de conducta de los individuos, sin embargo, no se puede eludir la responsabilidad de los actores sociales en sus prácticas cotidianas, que para llevarlas a cabo requieren de la sociedad y del ambiente artificial, de la misma manera, que requieren de relaciones humanas y de la naturaleza para tener calidad de vida.

Actualmente se promueven valores como el máximo confort y mínimo esfuerzo como estados *deseables*, el riesgo de adoptar estos valores es que inhabilitan las capacidades del usuario, no fomentan sus aptitudes para sobrevivir en su medio y lidiar con los aspectos más cotidianos de la vida, por lo cual se generan seres pasivos y dependientes.

Al referir sobre el derecho a la vida y justicia social, se entiende que a los individuos se les permitan desarrollar su potencial y usar sus capacidades de la mejor manera posible, de tal manera que ellos mismos son parte activa de la solución.

Según Manzini (2007) queda supuesto el cambio de percepción sobre que la gente es un problema, sino que se reconoce a los actores sociales como agentes inteligentes, activos y valiosos, a los que hay que empoderar permitiendo el desarrollo de sus aptitudes.

Esto es equivalente a *“diseñar plataformas que permitan situaciones productivas vinculadas en red, de una manera subsidiaria y complementaria, estructuradas por la combinación creativa de gente y tecnología, voluntarios y recursos, pasión y necesidad”* (Meroni & Sangiorgi, Design for services, 2011).

Recapitulando, el diseño sustentable cultiva un pensamiento estratégico para el desarrollo y planeación de escenarios, con el propósito de inventar organizaciones novedosas de los ambientes que redefinan las interacciones y los comportamientos. El diseñador es un productor de ideas en todos los niveles, desde la construcción de la problemática a la implementación, ordena una serie de soluciones específicas y significativas para transformar situaciones por otras más deseables. En la búsqueda hacia soluciones pertinentes debe actuar responsablemente a favor de provocar el diálogo en una misma dirección, es decir, la congruencia es una de sus metas.

## **2.6.**

### **Innovación tecnológica para la Sustentabilidad**

#### **2.6.1. Tecnología e innovación**

Técnica es cualquier método o procedimiento necesario en un proceso determinado, que requiere de cierto grado de habilidad y conocimiento, *“la técnica misma es dominio sobre la naturaleza y sobre los hombres: un dominio metódico, científico, calculado y calculante”* (Habermas, 1968, pág. 5). El saber sobre estas habilidades es la tecnología, que es el cuerpo de conocimiento sobre de las técnicas. Claver (1998) dice que la Tecnología, aplicada de forma lógica y ordenada, permite al ser humano modificar su entorno material o virtual para satisfacer sus necesidades, por medio de un proceso combinado de pensamiento y acción con la finalidad de crear soluciones útiles.

*La palabra que ha nombrado y designado las cosas para forjar mundos de vida, se ha tornado en un conocimiento. Y el conocimiento ya no sólo nombra, describe, explica y comprende la realidad. La ciencia y la tecnología trastocan y trastornan lo real que buscan conocer, controlar y transformar”* (Leff, 2004, pág 16).

La tecnología puede ser usada gracias a la interfaz, es decir, los artefactos que la contienen. Estas son creaciones parciales del ser humano, quien se sirve de sus capacidades mentales para proyectarlas y de los recursos para materializarlas. Lo significativo de estos artefactos es su utilidad o función, que pueden asistir a las tareas más sencillas a otras más complejas, e incluso pueden combinarse desde las más básicas a otras más sofisticadas, es decir, es acumulativa.

Cualquier proyecto de diseño, en su labor de identificar oportunidades en las condiciones prevalecientes hacia mejores prácticas, la parte tecnológica integra parte de la solución

sobre la voluntad de transformar el entorno. Los recursos tecnológicos están subordinados a las exigencias del contexto cultural (instituciones sociales, políticas, históricas, económicas, éticas y las necesidades personales de los individuos) y los recursos disponibles (clima, biodiversidad y ecología).

En estrecha relación con lo anterior está lo que se conoce como tecnología apropiada, que según Beder (1994) es planeada y producida de acuerdo al contexto sociocultural y biofísico en un tiempo y espacio determinados. Adicionalmente uno de sus principios es no dominar la naturaleza sino trabajar equilibradamente con ella.

Para complementar esta idea, Norman (1994), desde un punto de vista social de la tecnología afirma que la *“tecnología no es neutral”*, que las características y propiedades de cada tecnología facilita o dificulta ciertas actividades. Esto es que en buena medida la tecnología de nuestros artefactos cotidianos, influye en el desarrollo de nuestras habilidades, toda tecnología tiene requisitos, limitaciones y efectos derivados de la forma que imponen de *“hacer las cosas”*. Cualquier manifestación tecnológica impone una actitud y una mentalidad que permea cualquier cosa hecha por ésta. De ahí que Norman (1994) reconoce que una tecnología es apropiada o no, dependiendo del uso al que se le destina.

La velocidad de la innovación tecnológica es determinada por los cambios sociales que la aprueban y la adoptan. La creación de un paradigma tecnológico según Kemp (2001), se da gracias a las condiciones sociales que lo precisan como modelo, de tal manera que éste dicta una serie de principios, un punto de partida sobre hacia dónde dirigirnos, y qué tipo de conocimiento debemos generar para el mejoramiento de la eficiencia de esos procesos. El proceso de ruptura de un sistema social frente a las innovaciones requiere un período de transición e inversión para reemplazar las viejas infraestructuras e instituciones. En este contexto, se producen enormes cambios en la organización del sistema, que impactan en la aparición de nuevas empresas, su organización y patrones de localización de las plantas productivas, fuentes de abastecimiento de insumos y mano de obra.

La sociedad y la tecnología se transforman mutuamente. Los cambios tecnológicos son graduales, requiere algún tiempo romper sus propios esquemas y procesar la información novedosa que le da la ciencia. Cuando aparecen estas innovaciones, especialmente las que alteran estructuras sociales, toma algún tiempo en que la sociedad se adapte y las adopte.

Las innovaciones pueden ser de tipo incremental, que según Ekins (2011) son las hechas a productos o técnicas de producción para mejorar aspectos particulares, o pueden ser radicales, que representan una brecha en la evolución de los procesos y los productos.

La innovación, entonces no se limita al surgimiento de lo novedoso, también puede reconfigurar y adaptar los esquemas existentes para alcanzar mayores niveles de productividad aplicables y pertinentes a los contextos locales. Cecile Patris (2001) menciona que algunos de los objetivos de las innovaciones tecnológicas son de este tipo son sobre la prevención, *“fin de ciclo”* (medidas que se implementan normalmente como última fase de un proceso para contrarrestar algún efecto no deseable derivado de un primera fase), rehabilitación, monitoreo, sustitución o ahorro de recursos.

## 2.6.2. Innovación Tecnológica en la construcción de sistemas humanos sustentables

La importancia de la selección y la aplicación tecnológica es que éstas pueden complementar los medios que apoyen la transición de ciertas prácticas por otras más sustentables.

Cualquier innovación tecnológica dentro de los estándares de la sustentabilidad, debe ser capaz de generar realidades duraderas y compartidas que sean susceptibles a brindar continuidad de manera autónoma, y que sean organizaciones flexibles a adaptarse a los cambios para la continuación de su labor. Esto es posible a través de la combinación creativa de gente, tecnología, y recursos, de una manera subsidiaria y complementaria según Meroni & Sangiorgi (2011). La composición de estas interacciones debe incentivar el pensamiento sistémico e introducir nuevas maneras de actuar.

Acerca del papel de la tecnología en el desarrollo sustentable, Leff (2004) dentro de los cuatro horizontes contrapuestos que propone a la *"racionalidad hegemónica"* considera la articulación de: a) racionalidad sustantiva que comprende un sistema de valores que orientan al pensamiento social fundamentado en los principios teóricos, materiales y éticos; b) racionalidad teórica que construye los conceptos que articulan los valores de la racionalidad sustantiva con los procesos materiales que la sustentan; c) racionalidad técnica o instrumental que produce los vínculos funcionales y operacionales entre los objetivos sociales y las bases materiales del desarrollo sustentable; d) racionalidad cultural, entendida como un sistema de significaciones que conforma las identidades diferenciadas de formaciones culturales diversas, que da coherencia e integridad a sus prácticas simbólicas, sociales y productivas.

Al respecto de la importancia sobre la *"racionalidad técnica o instrumental"*, Leff (2004) añade lo siguiente:

*...en un paradigma alternativo de producción, la innovación tecnológica y la productividad ecológica están entrelazadas con las formas culturales de simbolización y significación de la naturaleza que definen la productividad ambiental de un territorio y articulan la organización productiva de diferentes formaciones socioeconómicas en procesos de productividad cultural. (Leff, 2004, pág. 377).*

Esto es que la innovación tecnológica y la productividad están determinadas por una cultura cuya visión sobre su entorno permite la reproducción y conservación a través del tiempo de la naturaleza, a la que está condicionada y sujeta a sus leyes. El concepto de apropiación de los recursos que poseen las sociedades humanas se proyecta en las prácticas culturales (dentro de las que queda contemplada la tecnología) de acuerdo con la Racionalidad Ambiental éstas permitirán la continuidad de las bases que permiten su subsistencia: el medio ambiente y la infraestructura cultural.

El paradigma de la Sustentabilidad dicta una serie de patrones de pensamiento como punto de partida sobre hacia dónde dirigirnos, una forma de actuar en el mundo con principios éticos para la aplicación de la tecnología. La tecnología debe orientarse al mejoramiento de la eficiencia de los procesos, el rendimiento de los recursos y a favor de las capacidades humanas bajo un marco de referencia ético, dentro de estructuras de interacción humana que son coherentes con los principios de conservación y mantenimiento de los sistemas completos.

La tecnología debe aspirar a diseñar a favor de la gente, para enaltecer y estimar las capacidades humanas, sirviéndose de la tecnología como una aliada para aumentar nuestras habilidades como artefactos cognitivos que nos ayudan a tomar mejores decisiones, auxiliando en tareas que se nos para permitirnros dedicarnos a actividades propias de la creatividad humana según Norman (1994). Desde esta perspectiva, la tecnología al servicio

de los procesos productivos de subsistencia del ser humano, debe usarse y estar diseñada desde un nuevo paradigma basado en principios éticos cuyo eje será el bienestar ecológico y cultural. El reto es complejo, ya que se deben congeniar elementos sociales, políticos y económicos con el objetivo de favorecer la permanencia de los ecosistemas.

La ética de la sustentabilidad aclara Manzini (1996) insta a reorientar nuestra visión y misión como sociedad, en la que será necesario concebir nuevas relaciones entre cultura y naturaleza, a través del potencial de la ciencia y la tecnología para concretar el conocimiento, los valores y creencias.

Las soluciones tecnológicas determinan en gran parte la forma en la que interactuamos con los eventos del mundo. La tecnología influye y transforma la práctica humana, es decir, los medios facilitan ciertas formas de interacciones, habilitan o dificultan ciertas actividades que repercuten en la experiencia. Cada forma de tecnología tiene implicaciones, que a largo y mediano plazo afecta como un objeto es usado y esto a su vez, determina su impacto en la sociedad. Si un sistema se acomoda a las necesidades humanas, éste tiene que estar diseñado por gente que sea sensible y las entienda.

Los medios tecnológicos deben ser elegidos acorde, congruentes con las estrategias que proyectan a largo plazo, dentro de sistemas que tengan la habilidad de adaptarse y prosperar en su contexto futuro. La innovación tecnológica sustentable detecta oportunidades en un contexto concreto para aplicar su conocimiento donde es necesario, con el fin de movilizar consecuencias favorecedoras. El propósito de cualquier *innovación tecnológica* es la creación de nuevas fuentes de bienestar y nuevas formas de acción.

Consecuentemente, los alcances del término *innovación tecnológica* según Claver (1998) no se limitan a la novedad de la técnica, sino que ésta va de la mano con factores sociales y económicos. La referencia directa son los cambios en la atmósfera cultural, donde la innovación crea un cambio de comportamiento en los individuos como productores o consumidores.

La innovación tecnológica para la sustentabilidad es una labor que urge a un cambio de intereses entre la comunidad, incrementando la conciencia en la población general y el desarrollo de alianzas con la academia y las organizaciones gubernamentales dice Beder (1994), donde la ética y la responsabilidad social son prioritarias.

## 3. Antecedentes

### 3.1. Chinampas. Una historia de agricultura sustentable

#### 3.1.1. Características de la región comprendida como Xochimilco

a) Localización

La delegación Xochimilco se encuentra situada al sureste del Distrito Federal. Colinda al Norte con las delegaciones Tlalpan, Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac; al Sur con Milpa Alta y Tlalpan; al Oeste con Tlalpan; y al Este con las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta.

El sistema lacustre “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” se ubica fisiográficamente en la provincia del Eje Neo volcánico, Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, en el extremo Sur de la Cuenca de México. Se depositan de materiales de origen volcánico, aluvial<sup>26</sup> y orgánico, éstos últimos predominan en el área, y son origen de la planicie de la cuenca y la llanura lacustre. El terreno plano de origen lacustre correspondiente al antiguo vaso del lago de Xochimilco, cuya pendiente varía entre 0-5%; al sur, se localiza el área montañosa formada por los cerros Xochitepec y Cantil, así como los volcanes Teoca, Zompoley Teutli (INAFED, 2006).

b) Pueblos:

Delegación Xochimilco: Santiago Tepalcatlalpan, Santa María Nativitas, Santa Cruz Acalpixca, Santa María Tepepan, Ampliación Tepepan, Huichapan, Santa Cruz Xochitepec, San Lucas Xochimanca, San Mateo Xalpa, San Francisco Tlalnepantla, Santa Cecilia Tepetlapa, San Andrés Ahuayucan, San Lorenzo Atemoaya, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, Santiago Tulyehualco. (INAFED, 2006).

c) Uso de suelo

La conformación de los usos de suelo en la delegación indican que un 20% corresponde a Suelo Urbano, el 21.3% corresponde al Área Natural Protegida “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” y el 58.3% está representado por el Suelo de Conservación incluyendo los poblados rurales (Uribe, 2009).

d) Hidrología

Originalmente la cuenca del Valle de México estaba compuesto por un sistema lacustre de casi dos mil kilómetros cuadrados, conformado por cinco grandes lagos, cada uno en su respectiva subcuenca: Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Chalco y Xochimilco” (CONAGUA, 2009). Xochimilco pertenece a la región del Pánuco, en la cuenca hidrológica del Río Moctezuma y la subcuenca lago Texcoco-Zumpango. En Xochimilco hay sistemas hídricos superficiales y subterráneos. “El sistema lacustre se encuentra reducido a canales, apantles, lagunas permanentes y de temporal, cuya profundidad varía considerablemente, desde 60 cm en algunos canales y zonas inundadas, hasta profundidades de 3 a 6 metros, como en el caso de algunas lagunas. Se estima una longitud aproximada de 203 km de canales interconectados, entre los más importantes

---

<sup>26</sup> Aluvial: referente a la lluvia y corrientes de agua

se encuentran los de Cuemanco, Nacional, Chalco, Del Bordo, Apatlaco, San Sebastián, Apampilco, Tezhuilo y Japón. Las lagunas principales son Tlilac, del Toro, Huetzalin, Apampilco, Tezhuilo y el Lago de Conservación de Flora, Fauna y Acuacultura de San Gregorio Atlapulco. (Gaceta Oficial DF, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, 11 de enero 2006).

Los canales de Xochimilco ocupan una gran área que tiene contacto con áreas urbanas y otras áreas de conservación ecológica, desde los canales principales, los canales chicos o apantles se bifurcan a lo largo de los canales más grandes, algunos de estos han sido abiertos o secados artificialmente (Zúñiga, Cuevas, Castro Moctezuma, Vidal, & Reyes, 2004).

e) Zonas representativas

En el territorio de Xochimilco se cuenta con tres zonas representativas:

1. Zona Chinampera: Este tipo de agricultura aún sobrevive en algunas partes de Xochimilco y Tláhuac. Se dice que tiene una extensión de 2,404 has. y está designada como zona sujeta a Preservación Ecológica.
2. Zona CentroTurística: Es una zona de alta susceptibilidad a la conversión del suelo de usos agrícola a urbano ya casi en su totalidad. Con asentamientos urbanos formales e irregulares

Zona de Montaña: En el área cerril se encuentra la presencia de producción de granos básicos: maíz, frijol, amaranto, girasol, sorgo. (UNESCO, 2006)

### 3.1.2. Definición de chinampa

Las chinampas, franjas de tierra creadas por el hombre, eran alimentadas por el agua de los manantiales de Xochimilco que irrigaban los campos de cultivo en sus riveras de agua dulce. Se describe a una chinampa como: *“una porción de tierra fértil hecha con troncos, raíces, rodeada de agua, construida por la mano del hombre en lagunas, canales y pantanos, de forma rectangular y rodeadas por hileras de árboles llamados ahuejotes<sup>27</sup>, mismos que sirven para mantener a las chinampas fijas”* (SMA, 2011).

Fueron una forma de producción desarrollada sobre un humedal; se construyeron en las zonas bajas del lago, formando cercos de cañas, troncos, varas o carrizos. Se formaba una cerca donde se depositaba materia orgánica, que al secarse almacenaba suficientes elementos propios de toda esa vegetación. Los ahuejotes como estructuras daban soporte a la tierra en las orillas (Alcances, 2014).

Uribe (2009) menciona que la acumulación ininterrumpida de materia orgánica fue lo que formó las chinampas, que aún podemos observar en las inmediaciones de Xochimilco, San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxiátemalco, San Pedro Tláhuac y San Andrés Mixquic, quienes conservan los métodos y técnicas chinamperos que proveían un manejo básico pero indispensable, al mantener los canales desazolvados<sup>28</sup> y utilizar la materia orgánica de su alrededor, creando un círculo virtuoso productivo y sustentable.

Originalmente menciona Cristiani (1989), se sembró maíz, frijol, uauhtli, chía, tomate, jitomate, chiles, calabaza, chilacayote, quelites y amaranto. La llegada de semillas traídas por

---

<sup>27</sup>Ahuejote: especie arbórea nativa de la familia Salicaceae que habita la zona lacustre de Xochimilco (Aguilar, 2011).

<sup>28</sup>Desazolve: De desazolver *Méx.* Quitar lo que azolve o ciega un conducto (RAE, 2014).

los españoles fueron adaptadas al suelo chinampero: la espinaca, cilantro, acelga, apio, coliflor, betabel, brócoli, rábano, pepino, col, alcachofa, colinabo, lechuga e incluso el trigo, la cebada, avena y hasta los árboles de olivo, fueron sembrados.

Los productos que actualmente podemos encontrar son apio, acelga, brócoli, calabacita, col, coliflor, espinaca, cebollín, jitomate, lechuga (orejona, italiana, sangría, francesa, escarola, romana), rábano, zanahoria, betabel, berros, chilacayote, colinabo, arúgula; además plantas medicinales como manzanilla, hierbabuena, toronjil, alcachofas, col de bruselas, flor de calabaza, tomate, chayote, mostaza, poro, cebolla; hierbas aromáticas como la menta, el romero de olor, el epazote, eneldo y otras comestibles como el cilantro, hinojo, perejil, huazontle, albahaca, el quintonil, quelite, la verdolaga y el romerito, otras que son silvestres y que siempre han formado parte del entorno chinampero. En algunas chinamas hay milpa de maíz que nunca se ha dejado de sembrar por diversas circunstancias, así como en menos proporción el frijol, el haba y el amaranto.

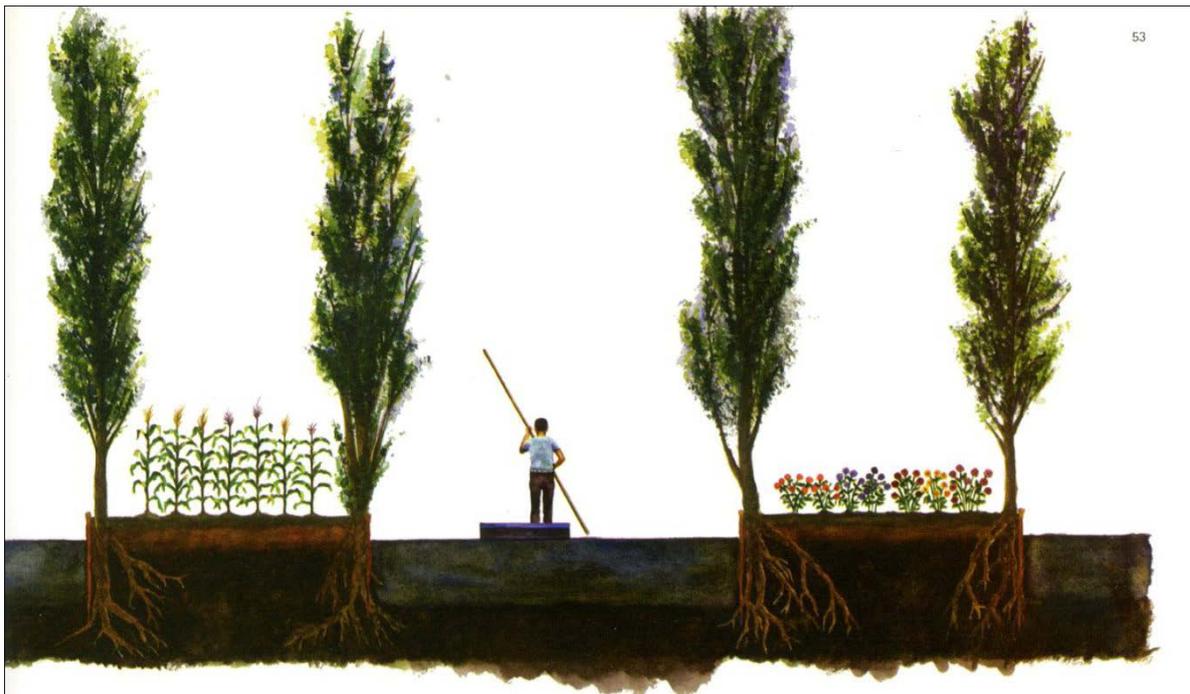


Figura 1. Corte Esquemático de chinampa. Fuente: Ramírez Eduardo (2011)

### 3.1.3. Origen de las chinampas.

Las condiciones geográficas donde se dieron las condiciones para el surgimiento de las chinampas eran ricas en pantanos y humedales<sup>29</sup>, lo que propició su construcción como una forma habilitar el terreno a las actividades de sobrevivencia humana.

*El paisaje de la Cuenca de México estuvo dominado por un cuerpo de agua extenso de aproximadamente 800 a 1,000 km<sup>2</sup> y profundidad máxima de unos 5 metros, constituido en realidad por pantanos y por cinco lagos interconectados conocidos por los nombres de las poblaciones más importantes respectivamente: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Chalco y Xochimilco. Algunos autores denominan “Lago de la Luna” al conjunto de los cinco. El agua de estos lagos procedía de ríos torrenciales, ríos verdaderos y manantiales. El nivel de los lagos del centro y del norte fluctuaba considerablemente entre la época de lluvias y el estiaje. El nivel de los lagos del sur era más constante. El agua del lago central, el mayor y más bajo, el de Texcoco, era salina y la de los otros cuatro era dulce” (Otto, 1997, pág. 12).*

Según la UNESCO (2006) el ecosistema lacustre experimentó transformaciones de origen humano al manifestarse una forma de manejo de recursos naturales que consistió en el diseño y construcción de islas artificiales sobre el lago, constituidos de sedimento lacustre y plantas acuáticas, llamados Chinampas (del náhuatl *chinamitl* que significa seto o cerca de cañas).



Figura 2. Pintura de una chinampa prehispánica.

*“La chinampa es un agroecosistema cuyo principio funcional es la interrelación agua-suelo-hombre y el trabajo continuo es el factor principal para su mantenimiento a largo plazo” (Zambrano, 2011, pág. 41). Uribe (2009) menciona que este sistema agrícola propia de los humedales se estima que tienen 900 años de antigüedad, cuando la sociedad Náhuatl florecía en la cuenca de México y que a pesar de su importancia productiva y su fragilidad ecológica, es en años recientes que se ha valorado la relevancia que representan como unidades de producción agrícola. Debido a los servicios ecosistémicos que brinda, la congruencia de sus medios productivos respecto al entorno, así*

como las formas de organización social que representan, las chinampas son de un valor incalculable, patrimonio tangible por su valor arqueológico, antropológico, ambiental y ecológico (UNESCO, 2006).

<sup>29</sup> Humedal: Terreno húmedo (RAE, 2014).

## 3.2.

### **Manejo histórico de los recursos de la región de Xochimilco**

#### 3.2.1. La lógica Centro-Periferia. Preponderancia del entorno urbano sobre el rural como detonante de la crisis ecológica en Xochimilco

En este capítulo se analiza el uso histórico del complejo natural del agua de Xochimilco y la sobreexplotación de los acuíferos<sup>30</sup> para el consumo humano, como el detonante que interrumpió el cauce natural del ecosistema. La sustentabilidad del sistema de chinampas se encuentra amenazada debido al incremento de los perjuicios a los recursos naturales base. El deterioro ecológico producto de la explotación de los recursos, la expansión urbana y asentamientos humanos en áreas protegidas, agrícolas y forestales, según Torres-Lima, Canabal-Cristiani, & Burela-Rueda (1994), ha causado en la región problemas en todo el ecosistema como inundaciones, hundimiento diferenciales de la tierra por sobre-explotación de los mantos freáticos, la contaminación de los recursos base y privación al recurso hídrico de calidad para el desempeño de sus funciones (Gaceta Oficial DF, Órgano del Gobierno del Distrito Federal, 11 de enero 2006).

El crecimiento de la Ciudad de México y el avance de la urbanización rompieron este círculo virtuoso al suprimirle uno de sus componentes principales, el agua. La carencia de este elemento, tanto en cantidad como en calidad, originó el paulatino abandono de las chinampas, perdiéndose la estructura física original y los canales que las circundaban que presentan problemas de falta de desazolve, rectificación, reapertura y reforzamiento de bordes en canales y zanjas (Uribe, 2009).

*“El agua en la región ha sido alterada en cantidad y calidad: en 1962 el área de canales conformaba in total de 199 hectáreas y su volumen de regulación incluía 2,687 millones de m<sup>3</sup>, mientras que en 1986 el área de canales se había reducido a 120 hectáreas y un 1800 millones de m<sup>3</sup> de volumen de agua”* (Torres-Lima, Canabal-Cristiani, & Burela-Rueda, 1994, pág. 4). El sistema hídrico, sostén de las chinampas, no sólo adolece de agua de mala calidad, sino que el nivel también disminuye constantemente. En estudios recientes se ha estimado que en diecisiete años el área de los humedales ha disminuido de 1,325.11 ha a 662.16 ha y las chinampas disminuyeron a una tasa de 3.5% anual asegura Merlín (2009).

El sistema de agua superficial se compone de humedales, canales y chinampas, cuyo delicado balance ha sido perturbado por la insaciable demanda de agua y la proximidad de las zonas urbanas (UNESCO, 2006). *El cuerpo de agua del área de Xochimilco cumple diversas funciones: “es un recurso para la agricultura, forma parte de los mantos freáticos, procura la ciclicidad y regulación del clima, es hogar de flora y fauna, es un medio de comunicación y transporte por donde transitan las canoas y trajineras”* (Torres-Lima, Canabal-Cristiani, & Burela-Rueda, 1994, pág. 4).

---

<sup>30</sup> Acuífero: *Geol.* Dicho de una capa o vena subterránea que contiene agua (RAE, 2014).

La explotación de los recursos hídricos de Xochimilco siguió la lógica “centro-periferia”<sup>31</sup>, donde las metrópolis toman todo aquello que requieren para la continuación de su desarrollo a costa de la sobreexplotación o los desequilibrios sociales y ambientales y territoriales. Claramente los procesos regionales de urbanización y desarrollo de la ciudad han sido incompatibles con los sistemas agrícolas de manejo de los recursos, conservación y sistemas agroecológicos, sin que las infraestructuras y decretos institucionales hayan podido frenar efectivamente la desaparición de las zonas rurales.

Se tienen registros que a partir de las primeras décadas del siglo XX, el agua de los manantiales de Xochimilco, en cuyo territorio se encontraban los más abundantes y limpios del valle, fue conducida a la Ciudad de México para su abastecimiento, dejando a varios pueblos sin acceso.

Ya para los años 50’s el Xochimilco chinampero estaba ya en desastre ecológico, pues el nivel de sus canales decreció considerablemente. Fue hasta la década de los 70’s que se le devolvió agua tratada del Cerro de la Estrella. La Memoria del Congreso Científico Mexicano según la UNAM (1951) ya relataba que para entonces el lago de Xochimilco, que se alimentaba de sus veneros y de las aguas provenientes de Chalco, en ese entonces según Hope, Esperón, & Granados (1951) ya sólo recibía agua de lluvia de la cerranía del Ajusco, ya que sus manantiales estaban agotados, y los de Nativitas y San Luis se usan exclusivamente para el abastecimiento a la Ciudad de México.

Las plantas de tratamiento del Cerro de la Estrella, San Luis Tlaxialtemalco y San Lorenzo, son las principales fuentes de agua tratada que rellenaron los canales, pero esto provoca que la mezcla de agua, con la lluvia, y la corriente de los hogares que no cuentan con drenaje, hacen que el contenido sea de mala calidad, rebasando el límite de bacterias aceptables, mencionan Solís, Sandoval, Pérez-Vega, & Mazari-Hiriart (2006).

López (2004) dice que desde los años cincuenta, la región subsiste en un estado de desastre ecológico ya que se restringió la disponibilidad de agua limpia en los canales, iniciándose el envío de aguas tratadas de dudosa calidad. Muchos de los canales se secaron y la actividad agrícola entró en crisis, iniciándose el proceso cambio del uso de suelo.

En los registros de la Gaceta Oficial 1912 ya se encontraban en explotación pozos en Xochimilco, Nativitas, Santa Cruz y en la Noria. De 1936 a 1944 según Legorreta, Contreras, Flores, & Jiménez (2007) se perforaron 93 pozos lo que marcó el inicio de la explotación intensiva del acuífero.

En menos de 100 años, esa relación de explotación agotó los manantiales de Xochimilco y dio inicio al aprovechamiento de las aguas del subsuelo mediante excavación de pozos profundos, lo que ha dado como resultado del desnivel del suelo de Xochimilco. Actualmente los cuerpos de agua localizados en Xochimilco siguen abasteciendo a la Ciudad de México. López (2004) y Moreno (2013) mencionan que en el Distrito Federal existen 315 pozos profundos en operación, un tercio de los cuales se encuentra dentro de límites de la Delegación Xochimilco y Tláhuac.

Si bien ha habido regulaciones que pretenden ordenar territorialmente, estos esfuerzos han sido infructuosos y no han tenido el seguimiento oportuno por parte de las autoridades.

---

<sup>31</sup>Centro-periferia: de acuerdo con Furtado (1967) la característica más importante de la economía contemporánea es la coexistencia de un centro, que sería el núcleo del progreso y el desarrollo, lo cual produce una vasta periferia que serían los excluidos del modelo avanzado.

*Aunque las jurisdicciones del sur del Distrito Federal quedaron relativamente apartadas de la dinámica industrial, no escaparon al proceso de expansión urbana que desde los años cuarenta fue ampliando sus redes hasta integrar en la gran urbe a diversos espacios de los pueblos y comunidades indígenas de Coyoacán, Tlalpan, Tláhuac y Xochimilco, principalmente. Para frenar y limitar el crecimiento de la mancha urbana hacia el sur de la Ciudad de México se estableció, el 17 de diciembre de 1970, una "zona de veda" que abarcaba alrededor de la mitad del territorio del D.F. Las razones esgrimidas para crear esta zona de veda fueron fundamentalmente ecológicas, aunque también se alegaron motivos administrativos (Sánchez & Díaz-Polanco, 2011, pág. 4).*

De acuerdo a esta revisión del proceso histórico de Xochimilco, como un territorio y una comunidad que es periferia dentro de la periferia misma, se narra una historia de despojo sobre sus recursos base y su territorio. Las políticas de desarrollo que la Ciudad de México adoptó fueron esquemas que imitaron el proyecto moderno del centro, acerca del fomento a la industria como motor de las dinámicas económicas de consumo y venta. Bajo la lógica de que el entorno urbano es más rentable, la ciudad se expandió, transformando su entorno inmediato y absorbiendo en su vorágine a las zonas aledañas. Esta circunstancia tangible en la transformación del paisaje ha degenerado en una crisis ecológica, ambiental y social a las que el medio y su población se ha adaptado en detrimento del medioambiente y las dinámicas particulares características del sitio. *Se puede percibir visualmente la presión de las actividades humanas productivas, sobre el medio ambiente y la incongruencia del manejo de la región con las políticas institucionales que designan al sitio como "una porción del territorio nacional terrestre como acuático, representativa de los diferentes ecosistemas y su biodiversidad, y que por su importancia está sujeta a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo" como Área Natural Protegida" (SEMARNAT, Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, 2006, pág. 4).*

### **3.3.**

## **Consecuencias de las políticas de desarrollo de la ciudad de México para la sustentabilidad de las chinampas**

### **3.3.1. Cambio de uso de suelo agrícola y urbanización**

La designación de zonas de conservación ecológica que tienen como objetivo frenarla marcha de la mancha urbana al sur de la ciudad, ha sido una medida insuficiente para detener la especulación inmobiliaria y la consecuente ocupación de particulares, fraccionadores y desarrollistas, quienes se vinculan con los grupos políticos a cargo para acceder a terrenos y permisos que les permiten hacer negocios inmobiliarios y comerciales. Adicionalmente, los asentamientos irregulares se asocian a varios factores que evidencian un desorden político, económico, social y ambiental, han sido identificados como los fenómenos de mayor influencia para la transformación de Xochimilco. El término irregular manifiesta la ilegalidad de su apropiación, pues se trata de espacios de uso de suelo agrícola o de conservación, que son tierras de propiedad comunal y ejidal. La paulatina regularización de estos asentamientos implica la modificación e intervención sobre el territorio ecológico o agrícola, *"la expropiación o venta de tierras ejidales y/o comunales y el otorgamiento de los títulos de propiedad privada correspondientes. Es decir, a fin de cuentas se*

*suprime la propiedad social en favor de la propiedad individual, y se trastoca el uso ecológico o agrícola del suelo en favor de su uso urbano” (Sánchez & Polanco, 2011, pág. 8).*

La falta de vivienda y de una política gubernamental que ordene adecuadamente el espacio público suficiente para administrar el territorio destinado a vivienda ha sido uno de los factores que ha derivado en el advenimiento de estas poblaciones irregulares, por medio de la apropiación, la adquisición ilegal de tierras y la autoconstrucción. Alcances (2014) menciona Esta invasión al territorio es ejecutada por personas ajenas al lugar, quienes tienen poco interés y conocimiento de la importancia del sitio, se asientan en tierras poco aptas para la vivienda, alterando el medio ambiente en su totalidad. Paulatinamente las autoridades acceden a las demandas de estas poblaciones, y comienzan la introducción de servicios públicos.

Las consecuencias de estos procesos de urbanización y la falta de planeación que conllevan, han favorecido la descarga directa a los canales de desechos domésticos; que junto con los contaminantes químicos vertidos por las actividades agropecuarias, hacen que la calidad del agua de los canales sea un compuesto heterogéneo, que puede cambiar en pocos metros y cuya variabilidad comprende diversas concentraciones de sustancias, contaminantes químicos y biológicos, dependiendo del uso de suelo más cercano. La introducción de otras actividades agropecuarias es solo uno de los factores que contribuyen a la ruina del lugar, proliferaron ante el desabasto de agua de los canales y el consecuente abandono de la chinampería, ya que los niveles de agua del lugar fueron disminuyendo, la mala calidad del agua recibida para el cultivo de alimentos y ante la necesidad de seguir cultivando.

*Mediante la contrarreforma salinista al 27 constitucional, y la aprobación de nuevas reglas que permiten cambios en las formas de propiedad, uso, ocupación y destino del suelo (de residencial a comercial, de agrícola a urbana, de público y social a privado, y, en fin de ecológica a urbana). El Estado ha propiciado, directa o indirectamente, la colonización del suelo de conservación ecológica, cuyas tierras son en su mayoría propiedad colectiva de los pueblos originarios de la Ciudad de México, con lo que, por añadidura, ataca su composición multicultural y la riqueza de su diversidad histórica. (Sánchez & Polanco, 2011, pág. 9).*

Schendube (2006) menciona que la documentación histórica demuestra la irrupción de tranvías, avenidas, anillo periférico, ejes viales y tren ligero, la invasión extensiva e intensiva de viviendas, escuelas, comercios, industrias y establecimientos turísticos y recreativos sobre manantiales, canales y tierras de labor, así como la cambiante tenencia de la tierra para dar paso al crecimiento de las cifras de población y el cambio de su distribución por sectores y el avance de los aparejados servicios urbanos.

Los productores y la población originaria de Xochimilco tuvo que hacer frente a estas prácticas de especulación inmobiliaria del territorio, que fue comprado como zona rural y vendido como urbana, alterando las características del suelo, contaminando más los recursos naturales y convirtiéndose en un gran negocio para propios y extraños, y que al final favorecen al capital urbano. Respecto al valor del suelo de conservación los precios del suelo se han disparado porque se le da prioridad al valor de la tierra de acuerdo a sus posibilidades de uso urbano en vez de su capacidad agrícola.

Posteriormente a la Revolución Mexicana, menciona López (2004), Xochimilco experimentó la desintegración de las haciendas y hubo una repartición de tierras para la formación de ejidos<sup>32</sup> lo que significó un impulso a la actividad agrícola. Sin embargo, este reparto no

---

<sup>32</sup>Ejidos: Campo común de un pueblo, lindante con él, que no se labra, y donde suelen reunirse los ganados o establecerse las eras (RAE, 2014).

contó con una infraestructura que apuntalara su fortalecimiento, como la creación de créditos agrícolas, programas de capacitación u otros apoyos que permitieran a los agricultores sustentar la producción.

La expropiación de suelo de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco en 1989 según Uribe (2009), tenía como propósito ser sometidos a un plan de rescate ecológico. El decreto de Área natural protegida (ANP), Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, Zona de Chinampas y humedales en 1992 y la designación de los humedales de Xochimilco como sitio Ramsar en 2004.

Con esta reconfiguración supuestamente se protegió legalmente la mayor parte del área de la delegación contra la descontrolada mancha urbana sin embargo estos procesos siguen en evolución silenciosamente; mientras que la agricultura y con ello las chinampas, subsisten pero continúan en un silencioso proceso de extinción.

Sin duda alguna el aspecto político y la ética de quienes ocupan estos puestos son decisivos, ya que distintos grupos usan el territorio como un comodín para intercambiar favores, promoviendo los asentamientos irregulares y su consecuente regularización con el paso del tiempo.

Existe también la tendencia a drenar y rellenar los últimos cuerpos de agua casi vacíos, para extender la superficie con fines agrícolas o urbanos, ya que su configuración original no representa rentabilidad alguna para la población urbana.

En la zona norte de San Luis Tlaxiátemalco, han empezado a rellenar sus canales y chinampas con cascajo traído de las construcciones para la construcción de invernaderos, significando cambios radicales en la forma de cultivo tradicional apunta Uribe (2009).

*La acción del hombre ha desajustado la dinámica y función de valiosos mecanismos naturales, que actualmente se hace evidente en el notorio decremento y alteración de la cubierta vegetal, la pérdida de biodiversidad florística y faunística, en la reducción de la humedad ambiental, en cambios climáticos extremos, en la intensificación de procesos erosivos y desgaste de suelos, en el abatimiento y contaminación de la recarga de los mantos acuíferos, entre otros signos de este problema. Se requiere de medidas de ordenamiento territorial que restaure el equilibrio ecológico, es decir la conservación de los recursos naturales en armonía con el interés socioeconómico" (Otto, 1998, pág. 24).*

### 3.3.2. Cambio de los métodos tradicionales de agricultura

*"La técnica chinampera se encuentra en un proceso de transición hacia una agricultura dominada por la lógica del capital después de haber sido considerada como tradicional por mucho tiempo. Este proceso está caracterizado por el aumento de la agricultura de Invernaderos y el abandono de la agricultura de chinampas" (Uribe, 2009, pág. 26).*

Las actividades relacionadas al suelo de conservación en Xochimilco son la chinampería, la agricultura, la horticultura, la ganadería, el turismo, sin embargo no todas estas actividades son llevadas a cabo sustentablemente. Ante el impedimento del empleo de agua limpia para sus chinampas y canales, el cultivo de alimentos decayó, fenómeno que favoreció la emersión de otras actividades alternas que reemplazaron a la chinampería por otras prácticas agrícolas que poco o nada tenían que ver con las características del lugar. La población que experimentó esa crisis, abandonó sus antiguas y tradicionales actividades

productivas, o bien transformó sus prácticas agrícolas por otras que lo permitieran subsistir y enfrentar el cambio.

La población que aún conserva las chinampas son gente de edad avanzada, con poca capacitación, cansados de la marginación productiva y cultural y subordinados a las reglas del mercado señala Uribe (2009). Al romperse la cohesión del círculo productivo, y siendo Xochimilco parte de la Ciudad de México, muchos de los descendientes de los chinamperos han decidido optar por abandonar la profesión. A pesar de que existen quienes persisten en su labor chinampera, las experiencias de crisis y el deterioro ambiental que experimentan como dificultades para llevar a cabo su labor dado el cambio biofísico del ecosistema, ha degenerado en que otras prácticas agrícolas sean recurrentes. La irrupción de estas nuevas actividades que no parten de las cualidades originales del ecosistema, contribuyen a la conversión de las áreas naturales.

Se pueden identificar cuatro zonas principales de producción agrícola cercanas dentro de la demarcación.

1. San Luis Tlaxialtemalco y Caltongo se especializan en el cultivo de flores, en invernaderos. El uso de agroquímicos se ha vuelto prácticamente insustituible, los efectos negativos de esta práctica agrícola son exposición de los agricultores a insumos de alta toxicidad y suponen un problema de salud pública.

2. La zona de Chinampas en el suelo de conservación se encuentra principalmente ubicado en el área agrícola de tres poblados: Cuemanco, San Gregorio Atlapulco y de forma escasa en San Luis Tlaxialtemalco, lugar donde la agricultura de Invernaderos la ha sustituido. Continúa la siembra de hortalizas, se mantiene el uso tradicional de siembra pero con la introducción de agroquímicos.

3. Xochimilco-Centro se identifica con grandes áreas donde la actividad agrícola ha decrecido y espacios dedicados al turismo se han multiplicado, con cambios de uso de suelo, casas-habitación y comercial. Es el área más urbanizada. La actividad agrícola es reducida con siembra de flores, hortalizas y maíz.

4. Otra microrregión es la de los pueblos establecidos en la zona cerril donde se pueden ubicar los vestigios de los pobladores prehispánicos. Mencionan Concepción, Heydrich, & Gaonai (2006) que aquí se cultiva principalmente maíz, frijol, haba y forrajes con técnica de arado y periodos de temporal.

Ante las transformaciones del medio que propiciaron serios problemas ambientales que supusieron un dilema sobre la necesidad de subsistencia de la población que se dedicaba a la chinampería, han cambiado los cultivos de productos comestibles a ornato, pero especialmente los métodos agrícolas: el uso de macetas para las plantas, el empleo de viveros, invernaderos y los consecuentes entradas de insumos externos al sistema para intensificar la producción. Todo ello en contraste con la agricultura en chinampa que se basaba en el empleo de elementos propios del sistema, la cual sin embargo, también actualmente en algunos casos recurre al uso de insumos externos y de combustibles fósiles.

Los invernaderos son sistemas de agricultura que presentan como principal característica altos rendimientos en la producción, mediados por un control de las variables biofísicas, el uso de agroquímicos, maquinaria e infraestructura agrícola, insumos externos y capital externo. Adecuar el terreno para su funcionamiento requiere del cierre de canales y zanjas. Hace falta promover alternativas ecológicas de composta y el correcto manejo de los

desechos orgánicos para maximizar la producción de este producto que simultáneamente alivia la necesidad de agroquímicos, y que además resuelve el problema de disposición de los desechos orgánicos, asegurándose que ésta llegue a manos de los agricultores.

*Si bien es cierto que el sistema de invernaderos constituye parte de la diversificación de los sistemas productivos de Xochimilco, y que se ha propuesto como un sistema altamente rentable, es necesario analizar el papel que este sistema juega en las características ambientales de la zona, y la influencia que ejerce en la extinción de la práctica tradicional de chinampas (Uribe, 2009, pág. 89).*

Las condiciones del mercado y el entorno natural son determinadas por la relación y cercanía con la ciudad. Actualmente predominan los viveros<sup>33</sup>, que representan mejores rendimientos económicos y no precisan de suelos ni aguas salubres, en contraposición con la producción de alimentos, que ha sido dificultada por el estado de los recursos, la demanda ha disminuido porque la ciudad se abastece de alimentos de otras regiones más lejanas.

El problema general del sector agrícola a nivel nacional según Lage (2012) se ocasiona también desde las políticas de desarrollo actuales que residen en el desinterés del estado por incentivar la producción agrícola tradicional, sin acoger la labor de mejorarla operatividad de sus sistemas, mediante políticas de apoyo, ya sea de capacitación, apoyos económicos o incentivos fiscales.

Los fenómenos de alteración de las técnicas agrícolas tradicionales en Xochimilco ha derivado concretamente en mayor contaminación de los recursos, merma de la biodiversidad, escasez de agua y la pérdida de la cultura chinampera y los servicios que este ecosistema provee a la sociedad. *“Destruir el espacio productivo de Xochimilco implica destruir la historia y la cultura de un pueblo sustentado en su paisaje, su tecnología, su producción, y también en sus costumbres alimenticias”* (Cristiani, 1989).

### 3.3.3. Desequilibrio en el ecosistema causado por especies introducidas

En cuanto a la presencia e interacción de especies introducidas que agravan el ya mancillado equilibrio del ecosistema, menciona Stephan Otto (1998), están como los más perturbadores las especies de peces carpa y tilapia. Estas contribuyen a afectar aún más la calidad del agua ya que, además de que defecan y contaminan el interior del lago, con su movimiento enturbian y remueven sedimento, lo cual impide que la luz entre y crezcan plantas que son filtros que ayudan a oxigenar el agua.

Además son especies depredadoras de la biota acuática nativa, como a los ajolotes y acociles, que son parte muy importante para equilibrio natural. El comportamiento de la carpa según Uribe (2009) tiende a depositar sus huevecillos en las paredes de las chinampas, por lo que con sus aletas remueven el sedimento y debilitan las orillas de las chinampas, esa es la razón por la cual se observa que los ahuejotes que mantienen con sus raíces las orillas de las chinampas se han venido abajo, favoreciendo la erosión del suelo, el azolvamiento de los canales y el deterioro del paisaje.

---

<sup>33</sup>Viveros: Terreno adonde se trasplantan desde la almáciga los árboles pequeños, para transponerlos, después de criados, a su lugar definitivo (RAE, 2014).

Los canales están invadidos de plagas, desde la introducción de especies ajenas al lugar (carpas y tilapia), hasta diferentes tipos de lirio acuático que impiden la circulación de las canoas. Consecuencia del desequilibrio ambiental se da un aumento en la incidencia de plagas, llegando a perder por completo una cosecha, y de enfermedades, producidas en su mayoría por hongos y bacterias.

En cuanto al lirio, según Stephan Otto (2006), ha proliferado de tal manera que obstruye los canales y son los pobladores y la delegación quienes retiran toneladas de estos vegetales para garantizar la navegación a través del canal. Esta planta no puede ser utilizada como forraje o abono, pues en su mayor parte es agua y al menos, cumple la función de absorber muchos metales y sustancias tóxicas.

### 3.3.4. Tabla cronológica del análisis de la evolución del recurso hídrico y su repercusión en el ecosistema.

Los canales de Xochimilco ocupan una gran área que tiene contacto con áreas urbanas y otras áreas de conservación ecológica, los principales son conocidos como: Nativitas, Nacional, Cuemanco, Apatlaco, Texhuilo, Paso del Águila, Japón, del Bordo; mientras que los canales chicos o apantles, se bifurcan a lo largo de los canales más grandes, algunos de estos han sido abiertos o secados artificialmente (Zúñiga, Cuevas, Castro Moctezuma, Vidal, & Reyes, 2004).

Actualmente estos canales son recargados por la combinación de aguas de orígenes diversos, así como por la precipitación en la temporada de lluvias, recibiendo por tanto diferentes tasas de carga de contaminantes de tipo físico, químico y biológicos.

Todos estos fenómenos tuvieron un impacto a menor o mayor grado, sobre el ecosistema pero especialmente se identifica que las maniobras dirigidas sobre el recurso hídrico fueron determinantes al ser el elemento predominante en la morfología del sitio. Ya sea que hayan afectado directa o indirectamente la calidad del agua, los efectos tuvieron injerencia en la alteración de los parámetros biológicos, químicos y físicos que definen su naturaleza.

Tabla 1. Cronología del análisis de la evolución del recurso hídrico y su repercusión en el ecosistema	
750-1350	Incipientes inicios de chinampas, registrados en Xochimilco y Chalco (Poza, 2010).
1426-1467	Propagación extendida de chinampas en la cuenca del Valle de México, principalmente en los lagos del sur Xochimilco-Chalco (Poza, 2010).
1521	Posterior a la llegada de los españoles comienza en la región de la Cuenca del Valle de México un proceso para controlar las zonas lacustres. Se funda la Nueva España, y se emprende la modificación del entorno para la instauración de un modelo de ciudad europea (Moreno, 2013).
1521	Introducción de nuevas especies de cultivo durante la época colonial. Mantenimiento de las actividades agrícolas gracias a su aptitud y eficiencia de acuerdo al contexto (Poza, 2010).
1850	Se inauguró la primera línea de tren a vapor que conectaba Xochimilco con la Ciudad de México.
1883	Se agotan los recursos hídricos próximos a la Ciudad de México. Se considera según estudio realizado por el Dr. Antonio Peñafiel, la utilización del agua de los manantiales de la región austral de Xochimilco. En dicho estudio se especulaba que el recurso en la zona era inagotable, debido a las características del sitio (Poza, 2010).
1904-1914	Se construye el Gran Acueducto (Av. División del Norte) para llevar las aguas de los manantiales de Xochimilco al centro de la ciudad (Poza, 2010).
1912	Para 1912 ya se encontraban en explotación pozos en Xochimilco, Nativitas, Santa Cruz y en la Noria. (Gaceta Oficial DF, 11 de enero 2006).
1914-1986	La sobre explotación de los recursos hídricos de Xochimilco (superficiales y profundos) modificó el paisaje lacustre a campos de cultivo (Uribe, 2009).
1936-1944	Se perforaron 93 pozos lo que marcó el inicio de la explotación intensiva del acuífero (Gaceta Oficial DF, 11 de enero 2006), los cuales promovieron el surgimiento de hundimientos diferenciales en la zona.
1950	Los canales y ríos que conectaban la zona chinampera con la Ciudad de México han sido sustituidos por avenidas (Poza, 2010).
1954-1958	Canales se ven afectados por el azolve y la desecación. (Moreno, 2013)
1959	Departamento del DF debido a la escasez de agua en la región, vierte aguas negras con tratamiento primario para rellenar el complejo de canales para reemplazar el agua que una vez fue de manantial.
1950-1960	Delegaciones del DF y municipios del estado de México e Hidalgo incorporados (CONAGUA, 2009).
1960-1970	Entra en operación la planta de tratamiento de aguas residuales de origen industrial, doméstico y agropecuario "Cerro de la Estrella". El agua es conducida a los canales de Xochimilco y aunque es agua de mala calidad permite la agricultura (Uribe, 2009). El suministro al área de Xochimilco-Tlahuac desde 1970 de agua de la planta de tratamiento Cerro de la Estrella, que limpia agua de tipo pluvial, industrial, agropecuario y doméstico (Hernández, Espinosa, Torres, Macías, & Lind, 2010). Se ocupa principalmente de filtrar elementos químicos de productos industriales mediante procesos como la ozonización, reversión osmótica y desinfección. De acuerdo a estudios previos muestra altas concentraciones de sólidos totales (488 mg/L), fósforo total (3.9 mg/L), así como grasas y aceites (3.9 mg/L) (PAOT, 2013).
1950-1970	Se registran ocupaciones irregulares en zonas ecológicas y de cultivo por asentamientos urbanos. Poblamiento caótico de áreas en conservación Xochimilco, Tláhuac e Iztapalapa (Moreno, 2013)
1960-1980	Continúa la explotación del sistema de pozos de Xochimilco como principales fuentes de abastecimiento de agua para la Ciudad de México. El agua extraída no permitió el flujo al sistema de canales, lagos y chinampas (Moreno, 2013).
1960-2014	El abandono de la producción agrícola en las chinampas por procesos sociales y económicos, degeneró con el paso de los años en el azolvamiento de los canales y alteraciones en el flujo hídrico además de la contaminación biológica y química del agua por la introducción de especies ajenas al sistema y métodos intensivos de producción (Zambrano, 2011). Derivado de las diversas actividades agrícolas de la región, se documenta el abuso de insumos químicos para el desarrollo de estas actividades (Uribe, 2009).
2014	En los canales próximos a las zonas urbanas se deposita basura de productos diversos. Existe un programa por la Dirección General de Medio Ambiente y Desarrollo Rural en la que recolectan estos sólidos para evitar que se formen los tiraderos clandestinos. Sin embargo se observa que estos desechos de consumo siguen presentes en los canales (Zúñiga, Cuevas, Castro Moctezuma, Vidal, & Reyes, 2004).
2014	Aun cuando la mayor parte de las viviendas están adheridas a la red de drenaje local, lo cual evita que las descargas de aguas residuales fluyan dentro del canal, persisten viviendas en condiciones irregulares y que no están incorporadas a la red de drenaje (Zúñiga, Cuevas, Castro Moctezuma, Vidal, & Reyes, 2004). De acuerdo al documento "Informe Final Xochimilco" de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del DF (PAOT) del total de un 22.4 km de recorridos de los canales, se registraron 652 descargas (229 de aguas negras, 266 de aguas grises, 156 de aguas pluviales y 1 de aguas tratadas).
2014	La proximidad de los canales a las zonas urbanas permiten entradas de aguas negras al sistema, especialmente en épocas de escorrentía abundante se espera la presencia de otros compuestos orgánicos (hidrocarburos aromáticos policíclicos, hormonas y antibióticos, dioxinas y furanos) (PAOT, 2013).

## **4.**

# **CASO DE ESTUDIO**

## **Proyectos e iniciativas de rescate**

### **4.1.**

### **Proyectos de Agricultura Sustentables necesarios en regiones como América Latina**

El modelo de desarrollo capitalista determina el uso de la tierra y los métodos productivos priorizando el rendimiento económico a favor de quienes monopolizan el capital. Ante la ampliación de la demanda y la urgencia de mantener la rentabilidad económica, la agricultura industrial ha recurrido a apostar la salud del medio ambiente fomentando métodos intensivos y extensivos en la agricultura. Según Friedrich (2014) la implementación de prácticas poco sustentables, que implican un consumo mayor de agua, utilización de agroquímicos, altos gastos en tecnologías y en energía, representa mayor presión sobre los recursos naturales, además de que han tenido efecto sobre la fertilidad los suelos, la contaminación del agua y la reducción de la biodiversidad.

En América Latina, menciona Grammont (1991), las prácticas de agricultura industrial han agudizado los índices de pobreza, inseguridad alimentaria, deterioro de la salud y el de los ecosistemas. En el modelo de libre mercado, implementado a finales del siglo pasado, quienes han progresado son unas pocas empresas nacionales agroindustriales, pues son las que cuentan con una infraestructura que les permite ser competitivos. Mientras que los pequeños y medianos productores han quedado relegados y excluidos frente a las masivas importaciones.

La problemática de los tratados de libre comercio<sup>34</sup> en el sector agrícola (y en el sector productivo nacional en general) es en primer lugar la brecha tecnológica que hay frente a los países pactados alude Calva (1982). Específicamente en nuestro país, existe un panorama de profunda desigualdad, donde buena parte de los campesinos son de origen indígena y conservan sus prácticas tradicionales produciendo sólo para autoconsumo sin las herramientas que les permitan desarrollar su producción y vivir de ella. Estas poblaciones no están contempladas dentro de las dinámicas de progreso y desarrollo, así pues han quedado rezagadas respecto a los avances científicos y tecnológicos.

Por otra parte estos tratados obligan a países latinoamericanos a reducir los apoyos y subsidios agrícolas, mientras que en la parte inversa, la agricultura se subsidia cada vez más y se canalizan apoyos al sector primario apunta Calva (1982). De igual manera asienta Grammont

(1991), es frecuente la imposición de obstáculos a los productos que se pretenden importar, mientras que simultáneamente se eliminan las barreras para la importación de alimentos extranjeros.

En México no sólo se ha desmantelado la red estatal de apoyos a la producción y comercialización agrícola, sino también las instituciones públicas dedicadas a la investigación y desempeño agrícola. García (2014) asienta que el vacío que dejó el estado

---

<sup>34</sup>Tratado de Libre Comercio véase Calva (1982).

para la provisión de alimentos fue sido invadido por las transnacionales, el estado mexicano apostó a las fuerzas del mercado global, sin brindarles el respaldo de políticas agrarias con visión social y haciendo creer que la apertura comercial y la liberación arancelaria permitiría entrar a un mercado exterior. En países como el nuestro se evidencia que las decisiones en materia de actividad económica están sujetas a intereses extranjeros, lo cual pone de manifiesto las prioridades e intereses de la clase política en cargo.

En contraposición a este panorama, la FAO define "*Seguridad alimenticia*" como una situación en la que los residentes de una comunidad obtienen una dieta segura, culturalmente aceptable, nutricionalmente adecuada a través un sistema sustentable de alimentación que maximiza la autosuficiencia dentro de la comunidad y justicia equidad social apunta Hamm (2003). Esto es, que todas las personas tienen acceso a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para responder a sus necesidades dietéticas y preferidas para una vida activa y saludable. Se puede deducir que para que esto ocurra, ciertas condiciones son necesarias, como un ambiente donde los alimentos son producidos sustentablemente.

Según Friedrich (2014) la creciente demanda y el derecho de la población a alimentos de calidad, la degradación de los recursos naturales utilizados para la producción agrícola y el cambio climático, suponen una serie de retos sobre la necesidad de reconsiderar el sistema de producción de alimentos actual y concentrar esfuerzos para incorporar elementos de sostenibilidad ecológica en la intensificación de la producción agrícola.

#### 4.1.1. Agricultura y sustentabilidad

La aplicación del término "*sustentable*" en la agricultura surge en respuesta al declive de la calidad natural de los recursos asociados con la agricultura industrial. Board (1995) menciona que la agricultura sustentable es la dirección de sistemas ecológicos de producción que promueve y enaltece la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica de la tierra. Está basada en el uso mínimo de productos y en las prácticas de gestión que restauran, mantienen y engrandecen la armonía ecológica, en estrecha consideración de las dimensiones sociales, culturales, políticas y económicas.

Una agricultura sustentable es capaz de proveer los bienes y servicios necesarios, tanto en el ámbito social como en el ecológico asegura Frierich (2014). La agricultura sustentable proveerá suficiente comida a precio justo para las comunidades locales, de una calidad tal que promueva la salud, sin dañar el medio ambiente o sin ser una amenaza a la biodiversidad.

Por lo tanto, un entendimiento amplio del contexto agrícola requiere del estudio entre agricultura, el ambiente global, y el sistema social, dado que el desarrollo agrícola resulta de esta compleja interacción de factores. Es a través del profundo entendimiento de la ecología que se pueden ordenar los sistemas agrícolas sustentablemente, mediante la correlación de los flujos de materia y energía.

Para el diseño de escenarios de agricultura sustentable, su desarrollo, gestión, planeación y monitoreo un acercamiento multidisciplinario es necesario para integrar las relaciones entre seres vivos que ocurren en el medioambiente. Una agricultura sustentable supera los fines de una coordinación de factores eficiente de la tierra, del agua, la energía y los recursos para la conservación de los suelos, la protección de la fauna y flora, sino que se extiende hacia la congruencia con los valores socio-culturales y refleja el estado idóneo de su relación con la naturaleza. Este enfoque integrador se preocupa para que la producción sea lógicamente sustentable a largo plazo, y que contribuya a un desarrollo que eleve la calidad de vida de los agricultores y sus comunidades.

## 4.1.2. Agroecología

De acuerdo a García (2014) la agroecología es una versión de lo que se entiende por “*agricultura sustentable*”, su fundamento central es la recuperación de las prácticas agrícolas tradicionales en relación a las circunstancias locales actuales y las oportunidades específicas para la conservación del medio ambiente.

O en palabras de Altieri(1995) la agroecología es la aplicación de conceptos ecológicos, principios de diseño y manejo de agro ecosistemas sustentables. Las prácticas son delimitadas por el análisis de los complejos sistemas agrícolas en donde las interacciones y sinergias entre los componentes biológicos proveen los mecanismos para que los sistemas se auto regulen a través de la fertilidad de la tierra, la productividad y la protección de las cosechas.

De acuerdo con lo anterior implica que un factor importante que hace de la agricultura un método sustentable, es que los agroecosistemas son tan productivos, como conservadores de los recursos naturales.

Otro rasgo de sustentabilidad es que el diseño agroecológico se basa en el estudio sistémico de la cadena alimenticia, pues contempla la producción y el consumo con sus variantes sociales, ecológicas y económicas.

Por lo tanto, la visión sobre lo que es un agroecosistema no es unidimensional, sino que considera el entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de co-evolución, estructura y función, es decir, condensa las interrelaciones de los componentes que lo integran y la compleja dinámica entre ellos.

Los agroecosistemas, apunta Altieri (2002), son comunidades de elementos (plantas y animales) que interactúan en el entorno que ha sido modificado por el ser humano para producir comida, fibras u otros productos para su consumo. La agroecología se concentra en las dinámicas y funciones de los procesos bajo condiciones naturales que ocurren en diversos eventos: ciclo de nutrientes, interacciones de la cadena alimenticia, eventos de temporada, etc. La labor de la agroecología es manipular estos elementos para mejorar la producción y producir de manera más sustentable, con menos impactos negativos sociales y ambientales, prescindiendo en lo posible de agentes externos.

## 4.1.3. Diseño de Agroecosistemas

La meta del Diseño Agroecológico es integrar los componentes de tal manera que toda la eficiencia biológica es mejorada, la biodiversidad es preservada, y la productividad del agroecosistema y su capacidad de auto regulación son mantenidas. La meta según Nicholls & Altieri (2005), es diseñar un agroecosistema que imita la estructura y función de los ecosistemas locales naturales, con alta diversidad de especies y tierra biológicamente activa, con un control natural de plagas, reciclaje de nutrientes y poca pérdida de recursos.

Los principios ecológicos para el diseño de los agroecosistemas son integrar los componentes de tal manera que se logre una eficiencia ecológica, se preserve la biodiversidad, y el sistema productivo mejora. “*En esencia, el comportamiento óptimo para los agroecosistemas depende de los niveles de interacción entre los varios componentes bióticos y abióticos*” (Nicholls & Altieri, 2005, pág. 24).

Algunas prácticas que materializan los principios agroecológicos son:

1. Manejo del suelo. Mínima o nula perturbación mecánica del suelo, para mantener el contenido de materia orgánica en él, así como su estructura y la sanidad del mismo según Friedrich (2014). La cobertura continua de su superficie con material orgánico, conserva el agua y nutrientes, promueve la actividad biológica y el manejo integrado de maleza y plagas. Asegurar las condiciones favorables de la tierra para el crecimiento de plantas, particularmente mediante el manejo de la materia orgánica y la actividad biótica de la tierra. Protección y conservación de la superficie del suelo, a través de prácticas de manejo que minimicen la erosión y que conserven el agua y la capacidad productiva del suelo según Nicholls & Altieri (2005).
2. Diversificación de las especies e interacciones entre los diferentes niveles de elementos vivos por medio de asociaciones, secuencias y rotaciones de cultivos, para la promoción de sinergias que generen resistencia contra los impactos negativos de acuerdo a Friedrich (2014) y Altieri (1999). La preservación y conservación de la biodiversidad, mencionan Nicholls & Altieri (2005), pueden ser logradas con la diversificación de la composición de especies y con el aumento de la complejidad del arreglo estructural y temporal en el sistema.
3. Balancear los flujos de nutrientes fomentando el reciclaje de la biomasa<sup>35</sup> y optimizando las propiedades de los nutrientes disponibles. Mantener el suministro continuo de materia orgánica, de tal manera que la disponibilidad y el equilibrio del flujo de nutrientes aumenten la actividad biológica según Nicholls & Altieri (2005). Minimizar las pérdidas debido a los flujos de radiación solar, aire y agua por medio del manejo del microclima, gestión del agua, y de la tierra.
4. Adaptabilidad y complementariedad en el uso de los recursos, lo cual es posible mediante el diseño de las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes a favor de los procesos y servicios ecológicos, esto repercute en el uso de variedades adaptadas a las condiciones locales y que respondan a un manejo bajo en insumos externos mencionan Nicholls & Altieri (2005).
5. Las tasas de explotación de los recursos renovables tienen que ser iguales a las tasas de regeneración. Las tasas de emisión de residuos deben ser iguales a la capacidad natural de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos (lo cual implica emisión cero de residuos no biodegradables) apunta Altieri (2002).
6. Se deben de impulsar las tecnologías que minimicen el uso de insumos no renovables y aumenten la productividad de los recursos frente a las tecnologías que incrementan la cantidad extraída de los mismos registra Altieri (1999).

Se puede observar que las estrategias recurren a la complementariedad y sinergias resultantes de las varias combinaciones de elementos en arreglos espacio-temporales. Un principio básico de la agroecología es la agro diversidad, por este medio se mantiene la riqueza de la tierra y el equilibrio de todo el agroecosistema, se evita la degradación de los recursos naturales porque incrementa las posibilidades de coexistencia e interacciones benéficas entre las especies que permiten la sustentabilidad de todo el complejo. Los controles culturales, físicos y biológicos son válidos para prevenir y disminuir la proliferación de efectos negativos y mantener la productividad.

A mayor diversidad de plantas y animales, hay una menor presencia de plagas, lo que explica porqué los monocultivos son más susceptibles al ataque de estas.

Algunas estrategias para promover estas correspondencias, explican Nicholls & Altieri (2005), son las rotaciones de cultivo, los cultivos de cubierta, las combinaciones de cultivos, la

---

<sup>35</sup>Biomasa: *Biol.* Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen RAE 2014.

asociación de cultivos, los policultivos, los sistemas agroforestales, el uso de variedades resistentes y de plantas insecticidas, entre otras. Los sistemas de cultivo más diversificados ejercen cambios en la diversidad del hábitat que favorecen la abundancia de los enemigos naturales y su efectividad comenta García (2014).

A través de la aplicación de principios agroecológicos el desafío básico para la agricultura sustentable es el mejor uso de los recursos internos, reduciendo al mínimo las entradas de cualquier agente externo, preferentemente regenerando los recursos internos a través de estrategias de diversificación de las sinergias entre los componentes clave del agroecosistema.

Concretamente, la agroecología ofrece la base del concepto de “seguridad alimenticia”, que tienen como meta la sustentabilidad ecológica de los sistemas de comida y el logro de un balance entre los recursos naturales disponibles, las demandas de la sociedad y la producción agrícola.

A través de la valoración de los recursos locales y las características del territorio, el objetivo es formular y manejar los sistemas bio-regionales de tal manera que no solo se reducen los impactos negativos de la agricultura en la sociedad y el medio ambiente, sino que incluso es una actividad benéfica desde la concepción de nuevas relaciones complementarias entre producción, localización, comida, sistemas de infraestructura y recreativos. La implementación agroecológica significa la creación de sistemas que organizan y describen las relaciones entre producción, consumo, conservación, reciclaje-recuperación y la cooperación.

El estudio de la agro ecología apunta Bocchi (2014) complementa al conocimiento tradicional original y permite el perfeccionamiento de técnicas adecuadas para la emergente y creciente demanda de alimentos de calidad, la recuperación de especies locales, tradiciones y conservación de la tierra, la reducción de ineficiencias y desperdicios, y el acercamiento entre todos los actores involucrados.

*“La agroecología emerge como la disciplina que provee los principios ecológicos bajo los cuales estudiar, diseñar y manejar los agro ecosistemas que son productivos y a la vez conservadores de los recursos. De la misma manera son culturalmente sensibles y socialmente”* (Altieri M. A., 1995, pág. 23).

#### 4.1.4. Potencial de los proyectos Agroecológicos en el contexto local

*“El principio máximo de la agroecología consiste en optimizar la sustentabilidad ecológica y económica del agroecosistema, con un manejo y diseño de sistemas específicamente apropiados con los recursos locales base y el marco operativo de las condiciones ambientales y socioeconómicas”* (Nicholls & Altieri, 2005, pág. 37).

De tal manera que al considerar la sustentabilidad *ecológica y social*, se deduce que para darle continuidad a la congruencia de los conceptos, el consumo de los alimentos cosechados debe ser local. Ya sea para autoconsumo o de valor comercial, la producción agroecológica está subordinada a las características contextuales del lugar, y debe aspirar a satisfacer estándares nutricionales, sensoriales, ideológicos y éticos de la comunidad a la que alimenta.

McEntee (2010) menciona que el consumo de alimentos obtenidos localmente es una forma de activismo, respecto a la cadena de producción y consumo de alimentos masiva e industrializada, así como una acción que promueve la sustentabilidad: incentiva y empodera a los productores locales que practican valores en concordancia.

Para Allen (2000) el incremento en la producción y consumo de la comida local supone que ayudará a la preservación del medio ambiente inmediato, mejorará la salud de las personas y creará mejores condiciones para los trabajadores de los cultivos.

La valoración del concepto de "localidad" menciona Meroni (2007), proviene de la evaluación y estima de la herencia cultural, del conocimiento y aprovechamiento del entorno para su perpetuación. También se considera que los alcances de la definición de un contexto cotidiano para construir una calidad de vida sustentable, puede darse en el contexto cercano, porque las variables inmediatas son aptas para su diseño y control.

El apoyo al desarrollo de actividades productivas que benefician a su entorno inmediato, trascienden en interacciones benéficas entre los actores del ecosistema: se mantienen la herencia rural, la perpetuación de los recursos y se consume comida más sana. Razones por las cuales comer y comprar local:

1. Se disfruta de alimentos de temporada, frescos y más nutritivos. No es necesaria el procesamiento intensivo ya que la comida no viaja por largo tiempo ni distancias.
2. Transportar alimentos desde largas distancias requiere un gasto extra de recursos energéticos.
3. Comprar local genera redes entre actores de la cadena productiva, esta interacción social puede derivar en un sentido de comunidad y se ayuda a la economía de quienes producen menciona McEntee (2010).
4. En el contexto urbano y periurbano<sup>36</sup> consumir comida local contribuye a la preservación de áreas verdes dentro de las zonas urbanas.
5. Se utilizan menos recursos en empaques.

El consumo local es una actitud explícitamente enfocada a apoyar el discurso completo que hay detrás de las mercancías como justificación a lo que compramos. La autonomía sobre el consumo es un mecanismo poderoso para el cambio positivo porque promueve la conciencia y responsabilidad entre productores y consumidores.

Dados los beneficios ambientales y la habilidad de usar y alterar los mercados convencionales, la elección sobre dónde y porqué compramos alimentos, es una fuerza positiva para el ambientalismo según Allen (2000).

Altieri (1995) propone rescatar la agricultura industrial y reorientarla hacia la agroecología en la que es posible privilegiar la producción local para consumo local ya que hay patrones negativos dentro del mercado orgánico donde la mayor parte de la oferta es destinada para la exportación.

Respecto a la categoría de los alimentos orgánicos, García (2014) aclara que no toda los productos orgánicos son producto de agricultura sustentable, ni toda la agricultura

---

<sup>36</sup>Periurbano: El concepto de *periurbano* se refiere a la extensión continua de la ciudad y la absorción paulatina de los espacios rurales que le rodean (Sánchez H. Á., 2009).

sustentable cumple con los estándares que exigen las certificaciones orgánicas. Si bien la agricultura destinada al mercado orgánico maneja métodos de cultivo centrados en el nulo uso de agroquímicos y un manejo integral de las cosechas (donde se observa que la plagas y la baja productividad se debe a las deficiencias de nutrientes y otros factores), en general tienden a mejores manejos de cultivo, prevalecen prácticas que priorizan la productividad de alto rendimiento a aquellos valores sustentables que contemplan el equilibrio y mantenimiento de la salud del ecosistema.

Allen (2000) menciona que existen contradicciones entre los ideales y la práctica, el reduccionismo de los estándares orgánicos, las limitaciones de la certificación orgánica privada, y la práctica generalizada de sustitución que emerge a través de las dinámicas del mercado capitalista. De igual manera, la agricultura que atiende al mercado orgánico prioriza su producción para la exportación y un mercado selecto de mayor poder adquisitivo, en vez de que estos cultivos alimenten a la comunidad local, que en muchos casos se ven restringidos al consumo de alimentos de calidad.

Se busca la transparencia de lo que se consume, sin embargo ésta es limitada de varias maneras, la etiqueta de orgánico tiende a simplificar la complejidad natural y social de los procesos que tuvieron lugar a una simple cuestión de insumos naturales.

La competitividad económica ha hecho que algunos productores no se apeguen estrictamente a una congruencia ecológica, las dinámicas económicas pueden consumir los avances en materia de sustentabilidad ecológica. Sin embargo, organizaciones alternativas y solidarias surgidas de la producción y distribución del sistema agroalimentario, puede contribuir a ampliar el movimiento hacia la acción colectiva, promover los vínculos de la sociedad civil y reforzar las metas ecológicas.

La definición de lo orgánico, mencionan Rygby & Bown (2003), está sujeto a condiciones sociales específicas dentro de contextos con características ecológicas, económicas y políticas particulares. Por lo tanto es importante observar que hay prácticas que aunque son aceptadas a favor del cultivo orgánico, puedan ser insostenibles a largo plazo. Esto contrasta con las propuestas de la agroecología, pues la propia biodiversidad de los ecosistemas agrícolas es capaz de simultáneamente mantener el medio ambiente y favorecer la producción, también sus beneficios consideran la esfera social.

La agroecología integra la cadena completa del sistema agroalimenticio, la calidad de los productos es una consecuencia de la sinergia entre las condiciones ecológicas y sociales, en cambio los productos orgánicos se concentran en la calidad de los alimentos para su consumo por encima de las condiciones de cultivo.

## 4.2.

### **Concepto de restauración Ecológica**

La conservación, la restauración y el aprovechamiento pueden ser estrategias complementarias de manejo para el medioambiente donde la actividad humana haya tenido diversos impactos sobre los distintos componentes de los ecosistemas. La estrategia de restauración puede tener como objetivo la recuperación de servicios ecosistémicos y, paralelamente, la creación de sistemas productivos. *“De acuerdo con la Sociedad para la Restauración Ecológica Internacional, deben tomarse en cuenta varios aspectos cuando se planea un proyecto de restauración ecológica los cuales se pueden agrupar en tres categorías: planeación, implementación y monitoreo”* (Cisneros & Zambrano, 2007).

De acuerdo con la premisa anterior, un proyecto de restauración implica la programación de objetivos para que un sistema vuelva a sus funciones con los mismos elementos originales.

En el caso del proceso de rehabilitación se pretende que en el sistema se logren ciertas actividades concretas, para el cumplimiento de los objetivos, ya sea restauración parcial o incompleta. Durante el proceso de restauración debe monitorearse el desarrollo del sitio, para evaluar el desempeño en función de los objetivos planteados para cada etapa y de las metas que se desea alcanzar al final del proyecto.

*Restauración Ecológica es el proceso de asistir en la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Es una actividad intencional que inicia o acelera la recuperación del ecosistema con respecto a su salud (procesos funcionales), integridad (composición de especies y estructura de la comunidad) y resiliencia (resistencia a los cambios y capacidad intrínseca de recuperación)” (Cisneros & Zambrano, 2007).*

### **4.3.**

## **Importancia de las Áreas Naturales protegidas y Servicios ambientales para la Ciudad de México**

La zona lacustre de Xochimilco abarca una superficie de 12,517 hectáreas, que ocupa el 8.40% del área total del Distrito Federal (UNESCO, 2006), la importancia de su preservación radica principalmente en los servicios ambientales que provee, el potencial de desarrollo económico que representa, así como las tradiciones culturales y un sistema agrícola con una historia de más de 500 años.

Es sin duda, gracias a su proximidad con la capital del país que Xochimilco haya sido alterado casi por completo respecto a las condiciones en las que se mantuvo durante siglos. En consideración a la importancia ecológica, cultural y antropológica del sitio han surgido una gran diversidad de iniciativas cuyo propósito es proteger legalmente el uso de suelo agrícola y la consecuente conservación del agroecosistema. Adicionalmente han habido esfuerzos institucionales que mediante decretos enuncian los valores excepcionales de la zona, entre los que se encuentran, “Áreas Nacionales Protegidas” (1988) y “Patrimonio de la Humanidad” UNESCO (2002), y en materia estrictamente sobre política ambiental se declara a los humedales de Xochimilco como zona que estipula que el 80% del área de la delegación debe ser protegida según Moreno (2013).

La delimitación del suelo de conservación y sus políticas surgen del reconocimiento de la importancia estratégica de estos lugares y su provisión de servicios ambientales, cuyo sustrato natural es necesario proteger debido a que ha sido violentado por la racionalidad bajo la cual se ha regido el desarrollo de la Ciudad de México. Las políticas de manejo del agua, la expansión del área urbana, y el despojo de los recursos son ejemplos de fenómenos secundarios al desarrollo urbano que reconfiguran las características del espacio y las condiciones de los recursos naturales.

A pesar de las acciones y decretos emprendidos, estos han resultado incompetentes para detener la urbanización que sigue extendiéndose hacia la zona chinampera, favoreciendo la especulación inmobiliaria, que privilegia el uso urbano, así como la contaminación, las prácticas agrícolas poco sustentables, el abandono de las técnicas tradicionales que se suman a la afectación de la subsistencia del desarrollo adecuado para la chinampería.

La pérdida de este suelo de conservación tendría serias implicaciones en el bienestar de la sociedad, aunque la población cuyas formas de vida que dependía de los procesos y servicios del agroecosistema chinampero ya fue perturbada desde hace mucho tiempo, la

desaparición completa de su existencia sería lamentable en términos de sustentabilidad para una ciudad como la de México. Desde el enfoque de la seguridad Hamm (2003) dice que la pérdida de suelo dedicado a la producción de alimentos y su transición a otras dinámicas, amenaza las fuentes de empleo autogestivas, quedando los agricultores a expensas de empleos en el sector público o privado, y lo cual también significa la pérdida de miembros que custodian los agroecosistemas.

La Ciudad de México es una metrópoli con altos índices de contaminación atmosférica y con una limitada disponibilidad de espacios verdes al interior del suelo urbano comparado con la necesidad que existe de ellos. El mantenimiento de estas áreas protegidas en la Ciudad de México son importantes si se considera el servicio de remoción de carbono del aire, su función en la regulación del clima y los servicios hidrológicos que los humedales proveen, y su contribución a la filtración de agua a los mantos acuíferos, de tal manera que se inhiben las inundaciones. Estos son los servicios ambientales que se proveen y se refieren a actividades propias del ecosistema que consisten en producir bienes y servicios para medir, prevenir, limitar, minimizar y corregir daño ambiental a los recursos (agua, tierra, aire) o a problemas relacionado con el desperdicio, la contaminación o al ecosistema en general apuntan Valdez & Luna (2011). Estos pueden beneficiar de manera directa o indirecta a la sociedad, directa porque proveen de los insumos necesarios para las actividades productivas, e indirectas porque aun cuando no lo percibimos de manera consciente, se mejora la calidad del aire atmosférico con la captura de carbono, la regulación del clima, el freno a la erosión, la depuración ambiental, la protección contra inundaciones, entre otros. Por lo tanto es imprescindible para una mejor calidad de vida dentro del entorno urbano contar con estos espacios.

*Entre las beneficios que la actividad chinampera brinda a la región son: mayor salud en el ecosistema; el agua estará en movimiento; aprovechamiento de materia orgánica; beneficios para la proliferación de vida. En los últimos tres años se registraron más de 212 especies de aves nativas y migratorias en la zona, lo cual representa un valor elevado de diversidad biológica no sólo en el país, sino en el mundo” (González Carmona & Torres Valladares, 2014).*

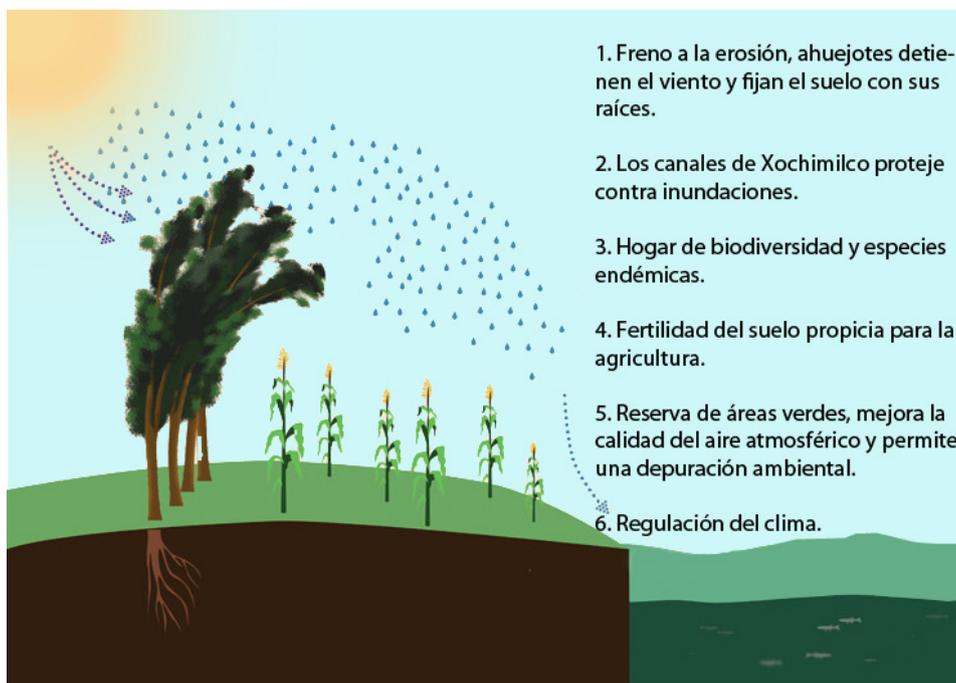


Figura 3. Servicios ecosistémicos que el área de chinampas provee a la Ciudad de México. Fuente: Imágen adaptada de: Rentería Nieto, Natalia (2013).

Adicionalmente a su importancia ecológica incalculable, ofrece también otros servicios que son difíciles de calificar, pues son de tipo cultural, como la provisión de paisajes, que además de resguardar un legado cultural, permiten la convivencia con la naturaleza y la recreación

*Desafortunadamente, el hecho que los servicios ambientales no son tan evidentes, no tienen mercados formales que señalen su escasez, ni tienen límites definidos de derechos de propiedad, ha provocado que no apreciemos la riqueza de los servicios ambientales y que los perdamos sin darnos cuenta cuando contaminamos o transformamos los ecosistemas del planeta” (M. en C. Elsa L. Valiente Riveros Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. REDES AC).*

#### **4.4.**

### **Restauración Ecológica y Desarrollo REDES A.C. Caso de Estudio. Proyecto de Agroecología para la Innovación Tecnológica**

*“La unidad ambiental chinampa/apantle como vía para la conservación es una aproximación innovadora que busca restaurar a largo plazo la calidad del socio-ecosistema de Xochimilco.” (REDES AC, 2011).*

Un escenario de la magnitud que ambiciona el proyecto de Restauración Ecológica y Desarrollo supondría una mejor calidad del agua de los canales, un aumento en la sobrevivencia de las especies nativas como los ajolotes, reducir las poblaciones de especies exóticas y fomentar la cultura chinampera como una actividad sustentable. Los proyectos que Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. ha llevado a cabo en la Chinampa Apantle REDES a lo largo de tres años se vale del modelo agroecológico, como un concepto oportuno. La interpretación de este concepto activamente tiene como meta común mitigar el impacto de los factores que disminuyen la calidad ambiental del complejo agua-sedimento-cultivos y generar las condiciones que permitan la reactivación de las prácticas agrícolas tradicionales con elementos como la diversificación y rotación de cultivos propios de las chinampas, el uso de abonos orgánicos, el reciclaje de nutrientes tal como se hacía desde épocas precolombinas, además de la recuperación de especies endémicas y nativas de Xochimilco, y la vinculación directa con los consumidores preocupados por la conservación de nuestra riqueza gastronómica, ambiental y cultural.

Restauración Ecológica y Desarrollo (REDES A.C.) es una institución dedicada a mejorar la relación entre sociedad y naturaleza mediante la promoción y ejecución de programas y proyectos de conservación y restauración ecológica vinculados con el desarrollo social bajo un esquema de trabajo conjunto entre los usuarios de los recursos, la organización civil y las instituciones académicas.

Su principal objetivo es avanzar hacia la generación y puesta en marcha de modelos de desarrollo participativo, equitativo y benéfico para el medio ambiente mediante la conformación de estructuras sociales de apoyo y trabajo mutuo que hagan duradera el equilibrio entre sociedad y medio ambiente. La organización se basa en la incorporación de perspectivas, prioridades e iniciativas de las distintas instituciones, asociaciones e individuos en diversas regiones de México que participan en proyectos y programas de conservación y desarrollo sustentable.

La razón que apoya a las tareas de restauración es el devolverle al medio ambiente un estado similar al original para procurar su recuperación en el tiempo. Aunque una rehabilitación total no sea viable, la asociación tiene en cuenta que es posible el empleo de métodos para restringir dinámicas que ponen en riesgo la salud del ecosistema y mantener sus funciones. La interpretación de Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. sobre este concepto en el caso de las chinampas de Xochimilco, es que la conservación de los recursos naturales de las chinampas es compatible con el desarrollo social; de hecho se advierte una correlación del crecimiento económico, educativo y social de las comunidades para que la conservación de los recursos y que una mejora en la calidad de vida sea plausible a largo plazo. Conocer la importancia de la existencia de las especies de fauna y flora, así como de sus interrelaciones, es parte de la restauración, como también lo es reconocer la diversidad cultural.

De acuerdo con la visión de REDES AC, la restauración ecológica en la práctica, requiere de la participación y colaboración de todos los agentes de cambio involucrados, desde los usuarios de los recursos, hasta los ciudadanos que disfrutan del beneficio de los servicios ambientales que proveen los ecosistemas, incluidas las instituciones: las autoridades, la academia y las organizaciones de la sociedad civil. En este abanico de posibles intervenciones, las organizaciones de la sociedad civil actúan como activistas en los procesos de cambio hacia metas deseables, para conseguirlo es fundamental mantener bien definidos los objetivos y ser consistentes, de igual manera es importante hacer conscientes a las comunidades que apoyan, que su intervención es temporal, en tanto se organizan y aprenden a administrarse de manera sustentable.

*El aumento de la demanda urbana de productos chinamperos puede ser un poderoso e importante estímulo para la ampliación de las áreas de cultivo en las zonas chinamperas existentes. La población necesita alimentos y Xochimilco se los puede proporcionar. Impulsar la producción orgánica de alimentos garantiza la recuperación del lugar en todas las esferas, para conducirlo hacia un panorama Sustentable” (Espinoso, 2013).*

El proyecto de REDES AC es consistente con la idea que procurar una rentabilidad económica de las chinampas es importante debido a su contexto urbano. Para el mejor fomento a los pequeños productores se recurren a alternativas comerciales que vinculan la venta directa del productor con el consumidor para alcanzar precios más justos.

De acuerdo a los lineamientos agroecológicos se es coherente con que la actualización tecnológica es necesaria, si esta es adecuada al contexto, para asegurar la eficiencia de las dinámicas agroecológicas y ser capaces de procurar una oferta segura que significaría asegurar los ingresos de los agricultores.

La gestión de cualquier ecosistema es una labor compleja que hace necesaria la sinergia de diferentes disciplinas que conglomeren el conocimiento preciso para abordar la complejidad de los fenómenos que emergen. De tal manera que un proyecto de estas dimensiones, que tiene la ambición de darle continuidad a las características de sustentabilidad del agroecosistema, debe contemplar y atender las variables siguientes:

- 1) Ordenamiento ecológico del territorio, localización geográfica estratégica de la producción según Torres.
- 2) Otto (1998) menciona la investigación básica y aplicada a las condiciones actuales y futuras del área natural para formular estrategias de manejo en la biodiversidad y los recursos naturales.
- 3) Inventarios, conservación, protección, vigilancia y prospección de la biodiversidad.
- 4) Financiar los recursos disponibles.

5) Darles un perfil educativo y empleo asegurado a los productores.

En suma de la exploración previa sobre el origen, antecedentes, devenir histórico de las chinampas y propuestas actuales de desarrollo, es posible concluir que el sistema productivo tradicional chinampero es un modelo socio ambiental propicio hacia la sustentabilidad, que gracias a su multifuncionalidad es una herencia cultural digna de ser protegida y conservada.



Figura 4. Diagrama de labores promovidas por REDES AC. Fuente: Elaboración propia.

"Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco"

<b>Tabla 2. Objetivos de REDES AC de acuerdo a los propósitos de desarrollo social, conservación y restauración ambiental</b>			
	Social	Económico	Ambiental
La restauración ecológica en la práctica, requiere de la participación y colaboración de todos los agentes de cambio	x		
La mejora en las capacidades productivas locales propicia que los usuarios de los recursos permanezcan en sus lugares de origen e impulsen el desarrollo sustentable y el mejoramiento local.		x	
El fin último de la restauración es regresar al ecosistema a su estado original o a un estado que se asemeje al original y que permita su recuperación y mantenimiento en la línea del tiempo			x
Habitantes y productores de las zonas donde desarrolla proyectos sean los beneficiarios directos de los recursos con que cuentan las comunidades	x		
Medidas de control de los factores que amenazan la sobrevivencia del ecosistema y que permitan la recuperación de su estructura y las funciones más importantes (mantenimiento de cadenas tróficas, relaciones entre organismos de la misma especie y entre organismos de especies diferentes, etc.)			x
El fin último del manejo agroecológico de los cultivos es la planeación en el espacio y en el tiempo de una chinampa, a fin de optimizar los recursos y aminorar el impacto de los factores climáticos.			x
Se busca la homogeneidad de las técnicas de cultivo entre los productores chinamperos			x
Avanzar hacia la generación y puesta en marcha de modelos de desarrollo participativo, equitativo y benéfico para el medio ambiente mediante la conformación de estructuras sociales de apoyo y trabajo mutuo	x	x	x
Mitigar el impacto de los factores que disminuyen la calidad ambiental del complejo agua-sedimento-cultivos y generar las condiciones que permitan la reactivación de las prácticas agrícolas tradicionales con elementos como la diversificación y rotación de cultivos propios de las chinampas, el uso de abonos orgánicos, el reciclaje de nutrientes, la recuperación de especies endémicas y nativas de Xochimilco	x		x
Mejorar la calidad de vida de los usuarios de los recursos,	x	x	
Uso y aprovechamiento responsable de los recursos, el cuidado del medio ambiente y contribuye a mejorar la alimentación y salud de productores y consumidores	x		x
Conservación de los recursos naturales es compatible con el desarrollo social, requiere del crecimiento económico, educativo y social de las comunidades para que la conservación de los recursos, vista como una mejora en la calidad de vida, sea plausible a largo plazo	x		x
REDES mejorar la relación entre sociedad y naturaleza mediante la promoción y ejecución de programas y proyectos de conservación y restauración ecológica vinculados con el desarrollo social bajo un esquema de trabajo conjunto entre los usuarios de los recursos, la organización civil y las instituciones académicas.	x	x	x

## 4.5.

### **La agricultura en chinampa, ejemplo de Agroecología**

La zona chinampera es evidencia del potencial Sustentable de las formas tradicionales de agricultura, cuyas prácticas sirven como medios productivos y de conservación. Estas formas de organización contemplan el medio ambiente, social, y cultural, a la vez que satisfacen las necesidades actuales de la población sin degradar los recursos base sobre los cuales las generaciones venideras generaran su desarrollo.

González Carmona & Torres Valladares (2014) mencionan que en la época prehispánica representaron un medio para el abastecimiento de alimenticios y vivienda; en la colonial, permanecieron como una fuente de alimentos para la ciudad y en tiempos actuales se convirtieron en un vestigio ambiental.

Las chinampas son elementos de cohesión comunitaria, la división del trabajo es la base organizacional que provee autosuficiencia de necesidades alimentarias gracias a su productividad.

Se reconoce en el sistema de chinampas un gran potencial de la sabiduría ancestral de los habitantes de la zona, que conserva las formas de organización de trabajo, las prácticas agrícolas de producción y la relación de éstas con sus costumbres.

El constituyente organizacional se refiere a la coordinación y el desarrollo de recursos humanos y capacidades locales. La gente en grupo trabaja las chinampas, se comparte y amplía el conocimiento sobre las maniobras de cultivo y tiene un beneficio colectivo, como las jornadas limpieza que realizan para mantener las chinampas y los canales (UNESCO, 2006).

Otto (1998) menciona que este sistema agrícola define una arquitectura del paisaje plano, que hacen uso de los elementos naturales, controlándolos y procurando la ciclicidad de los mismos: agua (con riego selectivo), suelo (con lodo y abono orgánico), cultivo (con almácigos y chapines), microclima (con los ahuejotes) y espacio (con siembras asociadas). Esto da mucha flexibilidad a las chinampas y permite incluso la recuperación rápida de antiguas chinampas abandonadas. González Carmona & Torres Valladares (2014) mencionan que se aprovechan todos los recursos que provee el mismo medio natural lacustre y el trabajo era en su mayor parte antropométrico, abundaban la disponibilidad de agua y en poco espacio se conseguían una gran diversidad de cultivos.

*Las especies y la diversidad genética de los sistemas indígenas de agricultura no son el resultado de procesos adaptativos al azar. Los agroecosistemas tradicionales son el resultado de un proceso de coevolución complejo entre los sistemas sociales, los cuales resultan en estrategias ingeniosas de apropiación del ecosistema. En muchos de los casos el conocimiento tradicional detrás de la modificación del medio ambiente es muy detallado. La gente nativa conoce sus ecosistemas y este conocimiento se traduce en estrategias productivas multidimensionales que generan la autosuficiencia alimenticia y nutricional para las comunidades de la región" (Altieri M. A., Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments, 2002).*

Ejemplos de las prácticas agroecológicas en las chinampas de Xochimilco son:

1. La conservación de los recursos renovables estuvo ligada con las actividades productivas, los agricultores manejaron y modificaron eficientemente el lago, formaron una red de canales distribuidos por porciones de tierra artificiales para satisfacer sus propósitos agrícolas. La configuración de las chinampas permite que la fertilidad de la tierra sea continuamente renovada por medio del barbecho, que es el movimiento de la tierra desde los sedimentos del fondo del lago y la vegetación flotante en él. La humedad del suelo es mantenida a través de años gracias a la proximidad con el agua.

2) Se mantienen los ciclos de nutrientes de entradas y salidas del sistema como el uso del sedimento para los cultivos que favorece el reciclaje de nutrientes y ayuda a desazolver los canales, lo que permite el flujo hídrico entre las chinampas

3) Se conserva un alto grado de biodiversidad en tiempo y espacio, usando eficientemente los recursos bases, incrementando la interdependencia biológica entre los cultivos y las plagas, reduciendo los riesgos de falla en las cosechas. Ejemplo de ello fue el cultivo de ahuejote en las orillas de las chinampas que las protege del deslave y el mantenimiento constante de los árboles impide la proliferación de la plaga del muérdago

4) Para el mantenimiento de los niveles de productividad los agricultores confiaron en los recursos regionales, el uso eficiente de la labor y una alta complejidad tecnológica;

5) Factores sociales y económicos en la toma de decisiones sobre la diversificación de los cultivos y la maximización de los retornos de inversión, fueron los factores de autosuficiencia y viabilidad económica del sistema de chinampas según Uribe (2009).

El éxito del sistema de chinampas radicó en el manejo integral y regional de los recursos bióticos, cuya administración requirió de una alta aplicación de habilidades y conocimiento sobre el manejo de los ciclos ecológicos e interacciones dentro de los componentes del agroecosistema.

De lo anterior se puede concretar que la chinampa es un.

*...ecosistema sorprendente por su casi autosuficiencia: del mismo lago se obtienen los elementos para su construcción, manejo y renovación posterior: la vegetación acuática y el lodo con que se forman y con que se hacen los almácigos, el agualado para irrigarlas y abonarlas, el agua para regar y en general la humedad para mantener las condiciones que favorecen la fertilidad y con ella la productividad del suelo. Técnicamente, las condiciones que brinda la chinampa son: suelos drenados, relación agua-aire equilibrada, nutrientes disponibles, manto freático por debajo de la rizósfera (espacio donde se desarrolla la raíz) y agua fácilmente disponible para la planta” (Otto, 1998, pág. 6).*

Recapitulando, el potencial sustentable de las chinampas llevado de la mano por el manejo agroecológico, no se limita a las posibilidades de aprovechamiento de los recursos de la región y el equilibrio ecológico (agua-suelo-especies) sino que además dentro del concepto integrador, representa una posibilidad para el sustento económico de sus comunidades y simultáneamente se conserva un espacio a favor de un patrimonio cultural.

De acuerdo a Beus y Dunlap (1990) la descentralización, la independencia económica, la armonía con la naturaleza, la comunidad, la equidad entre géneros y entre grupos, el valor cultural de los sistemas tradicionales, la autosuficiencia, la preservación de la cultura rural y la capacidad de decisión de los pequeños productores agrícolas generan beneficios al interior y exterior del sistema agrícola.

En el caso de Xochimilco, el concepto de Sustentabilidad agrícola no se limita a considerar los recursos y el funcionamiento del ecosistema interno, su historia y el tipo de producción, sino que está en estrecha relación con la interacción hacia afuera de sus límites, es decir, respecto a la escala regional y los alcances de su producción, en este caso con la capital del

país. La agricultura sustentable en un contexto urbano, tiene un papel importante como el de ofrecer servicios ecosistémicos para su entorno.

La esfera de la conservación ecológica aplicada a la administración de los recursos entre los principios agroecológicos y las estrategias socioeconómicas, se vinculan inevitablemente con su contexto urbano próximo. Es decir, reparar sobre las chinampas, no como una idea bucólica de lo que fueron alguna vez, sino entender su conservación asociada al desarrollo urbano y su realidad actual a la que está circunscrita; que necesariamente para perdurar debe asociarse no solo con los procesos del ecosistema, sino que de igual manera, debe responder a una productividad agrícola que le dé respuesta a ciertas necesidades humanas, ser económicamente rentables y ostentar valores socioculturales.

Hay evidencia de sobra para afirmar que el sistema de chinampas es un modelo agroecológico prometedor dentro de contextos periurbanos, ya que hay una complementariedad intrínseca entre la optimización de la labor humana, la tecnología apropiada y una complejidad administrativa sobre los recursos.

El sistema de chinampas no fue sólo altamente productivo y eficiente en términos de continuidad y cantidad por área del territorio y por demanda, sino que también demostró su sustentabilidad a lo largo de su historia. El desempeño de este agro ecosistema ha estado basado en el mejoramiento de la estabilidad biológica, que ha incluido métodos sofisticados de cultivos múltiples, sus estructuras y sinergias además han demostrado su resiliencia y flexibilidad para adaptarse a los cambios drásticos del entorno.



Figura 5. Camas de cultivo en Chinampa Apantle REDES. Fuente: Archivo personal.

## 4.6. Innovación Tecnológica en la Agroecología

Partiendo del concepto de innovación tecnológica a favor de la sustentabilidad, en el terreno concreto de la Agroecología, esta es posible a partir del entendimiento profundo de los procesos ecológicos de los ecosistemas: la agroecología amalgama los conocimientos indígenas ancestrales con tecnologías modernas selectas, de bajos insumos, acordes al contexto y más favorables para el agricultor, a fin de diversificar la producción. De este modo, en ella *“no se antepone el conocimiento científico a la sabiduría ancestral de los pueblos y es posible desarrollar tecnologías adaptadas a las condiciones agroecológicas de cada país y de cada región, que permitan la inclusión social y transformar la difícil condición de vida del campesinado”*. (García, 2014).

Por lo tanto, los productores no pueden beneficiarse de tecnologías que no están a su alcance, que no son costeables o apropiadas para sus condiciones. Al respecto Altieri (2005) advierte que las entradas de recursos externos a un agro ecosistema presentan problemas y riesgos, particularmente cuando los insumos y el crédito para facilitar compras son inadecuados.

Cualquier intervención tecnológica en la producción agroecológica, puede tener diferentes propósitos, pero siempre el mismo fin, perfeccionar la producción y las relaciones de esta actividad con su medio ecológico y socio cultural con la correcta gestión de recursos: energía, tratamiento del agua y el suelo. El cuidado de las relaciones recíprocas entre los diversos componentes del sistema permite la incursión de tecnologías que complementen a los procedimientos tradicionales, con la condición que contribuyan a la sustentabilidad del lugar.

Algunas de los beneficios, que a modo de requisitos, Altieri (2005) propone para la implementación de cualquier innovación tecnológica en ecosistemas que aspiran a la agroecología son:

1. Reducción de costos y ahorros en las entradas de recursos.
2. Reducción de riesgos.
3. Expansión hacia territorios marginales.
4. Congruencia con los sistemas de cultivos originales.
5. Nutrición y mejoramiento de la salud.

Ciertos criterios según Altieri (2002) para la elección de estas tecnologías que buscan complementar las prácticas agrícolas son:

- a) Basarse en conocimiento indígena o racional.
- b) Viabilidad económica, accesible y basada en recursos locales.
- c) Ambientalmente congruente, social y culturalmente sensible.
- d) Contrario a cualquier riesgo, adaptado a las condiciones de los agricultores.
- e) Mejorar la completa productividad y estabilidad.

De tal manera que cualquier innovación tecnológica tiene como propósito mantener y mejorar las estructuras vigentes para que sean autosuficientes a largo plazo, optimizando el

uso de los recursos locales por medio de la tecnología apropiada a las condiciones del contexto y la armónica combinación de los diferentes componentes del ecosistema: plantas, animales, agua, tierra, clima y cultura, para que se complementen e integren.

Producto de estas interacciones los beneficios ambientales se extiendan hacia el ámbito social produciendo beneficios entre sus miembros, y no se limita a la diversidad biológica, si no que apoya maximizar el rendimiento laboral, y mantienen un entorno que provee servicios eco sistémicos.

*“La agroecología provee el conocimiento y la metodología necesaria para desarrollar una agricultura que es por un lado, ambientalmente acorde, y por el otro, altamente productiva, socialmente equitativa y económicamente viable”* (Altieri M. A., 2001, pág. 18).

Ante fenómenos de monopolización de los avances tecnológicos en el sector agrícola, en un panorama como el de América Latina, es importante recurrir a la recuperación del conocimiento agrónomo tradicional, como un medio para mejorar la calidad de vida de los miembros que coexisten en un ecosistema. Estos proyectos tiene el potencial de rehabilitar comunidades marginadas, desde un sentido de apropiarse de su medio ambiente para mantener un entorno favorable para las diferentes formas de vida, lo cual se traduciría en una mayor diversidad y opciones de desarrollo, una autosuficiencia en la provisión de alimentos y la adquisición de un medio productivo de subsistencia. Mientras que la agricultura industrial representa una amenaza para los ecosistemas y las futuras generaciones, la agroecología es una oportunidad para redirigir la producción agrícola hacia una agricultura sustentable, lo cual promueve a su vez el fortalecimiento positivo de las comunidades.

Para lograr estas metas, la introducción de tecnologías puede ser necesaria, estas innovaciones al medio deben adherirse a los principios agroecológicos, para lograr el mejor uso de los recursos internos, con un mínimo de entrada de recursos externos, y preferentemente regenerando los elementos del sistema, es decir, son preferibles las estrategias que mejoren las sinergias entre los componentes claves del agroecosistema.

Al respecto, en el documento “Agroecología: la ciencia del manejo de los recursos naturales para productores en ambientes marginales”, se enfatiza que la necesidad para combatir la pobreza rural y conservar y regenerar los recursos base deteriorados requiere de una búsqueda activa para nuevas formas de investigación y estrategias sobre el cuidado de los recursos. Altieri (2002) declara que estas estrategias deben estar basadas en los principios agroecológicos y en un enfoque participativo del desarrollo tecnológico. Un aspecto importante de la contribución de este texto es la mención acerca del enfoque participativo, esto es, que cualquier solución propuesta debe estimar la gente local, su conocimiento y sus recursos autóctonos, la relevancia que adquiere su compromiso con la solución tecnológica radica en que en la medida que sean capaces de controlar el desempeño de la tecnología tendrán un mayor control sobre las variables en cuestión y por lo tanto obtendrán una mayor autonomía para dirigir su medio de acuerdo con sus objetivos.

*“Donde la tecnología convencional que es imitada, falla, es donde un nuevo manejo de sistemas necesita ser implementado y adaptado de manera específica al sitio”* (Altieri M. A., 2002, pág. 7). La relevancia de esta afirmación reside, en que se retoma el concepto de “tecnología apropiada”, la cual establece que no es posible favorecerse de tecnologías que no son fácilmente asequibles, son incosteables o inapropiadas a las condiciones de quienes las usan y el ámbito en el que se desenvuelven. Igualmente se advierte que cualquier implementación al sistema debe incrementar nuestro entendimiento sobre las estructuras y dinámicas de los ecosistemas agrícolas y naturales, asimismo se deben mejorar las

interrelaciones de todos los componentes del agro ecosistema, la conservación de los recursos existentes y las dinámicas complejas de los procesos ecológicos.

Los principios agroecológicos son universales, sin embargo las formas tecnológicas que adoptan deben estar diseñadas y adaptadas de acuerdo a las especificidades del contexto. Cada sistema de producción representa un grupo distinto de técnicas y consecuentemente, de relaciones ecológicas. En concordancia con la idea de la Sustentabilidad como un concepto dinámico, el diseño agroecológico es específico a cada sitio, y lo que pudiera ser aplicable en algún lado, no lo es en otro. No son las técnicas sino los principios los que se mantienen.

Un sistema agroecológico que ha sido reformado con una innovación tecnológica deberá continuar conservando los recursos naturales base y satisfaciendo las necesidades socio culturales de quienes gestiona el sistema, y a la vez su aportación debe ser tangible en esas estructuras. La mayor limitación para la difusión de la agroecología es que hay poderosos intereses económicos e institucionales, que han retrasado la investigación y el desarrollo de la agricultura sustentable a favor del desarrollo agroindustrial. Este control que pretende monopolizar el sistema alimenticio y que va en detrimento de la diversidad ecológica y cultural, puede ser desafiado si se fortalecen a estas comunidades con el apoyo tecnológico, con políticas e investigación.

La contribución de la agroecología se traduce en seguridad alimenticia, la generación de ingresos propios y la conservación de los recursos naturales. Para fomentar la eficacia y asegurar el éxito de estas iniciativas, es posible recurrir a diversas acciones:

1. Tecnologías apropiadas y adaptadas a la experiencia de los miembros del proyecto.
2. Acercamientos al aprendizaje social y participativo.
3. Fortalecer vínculos entre las comunidades y las agencias institucionales externas.
4. Presencia y participación de la comunidad.

Las soluciones tecnológicas deben ser específicas a la localidad e intensivamente informativas más que intensivas en la inversión de capital. Cualquier tentativa por desarrollar tecnologías para la agricultura que sean sustentables, apuntan Nicholls & Altieri (2005), deben aprovechar y consolidar el conocimiento local y las habilidades de la colectividad.

El reto de cualquier intervención en las dinámicas tradicionales es asistir a las prácticas productivas, las cuales basadas en la interpretación de los principios ecológicos por medio de técnicas y tecnología, deben reproducir y exhibir aquellos atributos que asegurarán su sustentabilidad: la productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, autosuficiencia y equidad, aprovechando las oportunidades que ofrece la localidad.

Es importante mencionar que la innovación tecnológica con las características necesarias para funcionar en el contexto agroecológico requiere del desarrollo del potencial y las habilidades de quienes gestionan el sistema, pues una tecnología adecuada tendrá que ser operada, mantenida y reparada por los miembros que operan el agroecosistema, de tal manera que hay una comprensión que permite el dominio sobre la técnica y el encauzamiento de los recursos que se espera.

#### 4.7.

### Ubicación y características de la Chinampa Apantle REDES



*“Sitio Santana: está ubicado en el canal Tezhuilo, aproximadamente a 100 metros de la Isla de las Muñecas; dentro de la zona A. Es un sistema de tres chinampas piloto en la que se llevan a cabo acciones de rehabilitación mediante la apertura y desazolve de los apantles, así como la reconversión al cultivo tradicional evitando el uso de agroquímicos, favoreciendo además la infiltración del agua. En ella se cultivan principalmente lechugas, verdolagas, acelgas, entre otras hortalizas. En el sitio predomina el Myriophyllum, lirio, chilillo, Lemna, lechuga de agua, berro y paragüitas (Zambrano, 2011).*

Figura 6. Delegación Xochimilco. Fuente: Imagen adaptada de: IEDF (2006)



Figura 7. Localización Chinampa Apantle REDES en la Delegación Xochimilco. Fuente: Google Earth (2014).



Figura 8. Localización Chinampa Apantle REDES. Fuente: Google Earth (2014).



Figura 9. Trazado de la chinampa Chinampa Apantle REDES. Fuente: Google Earth (2014).

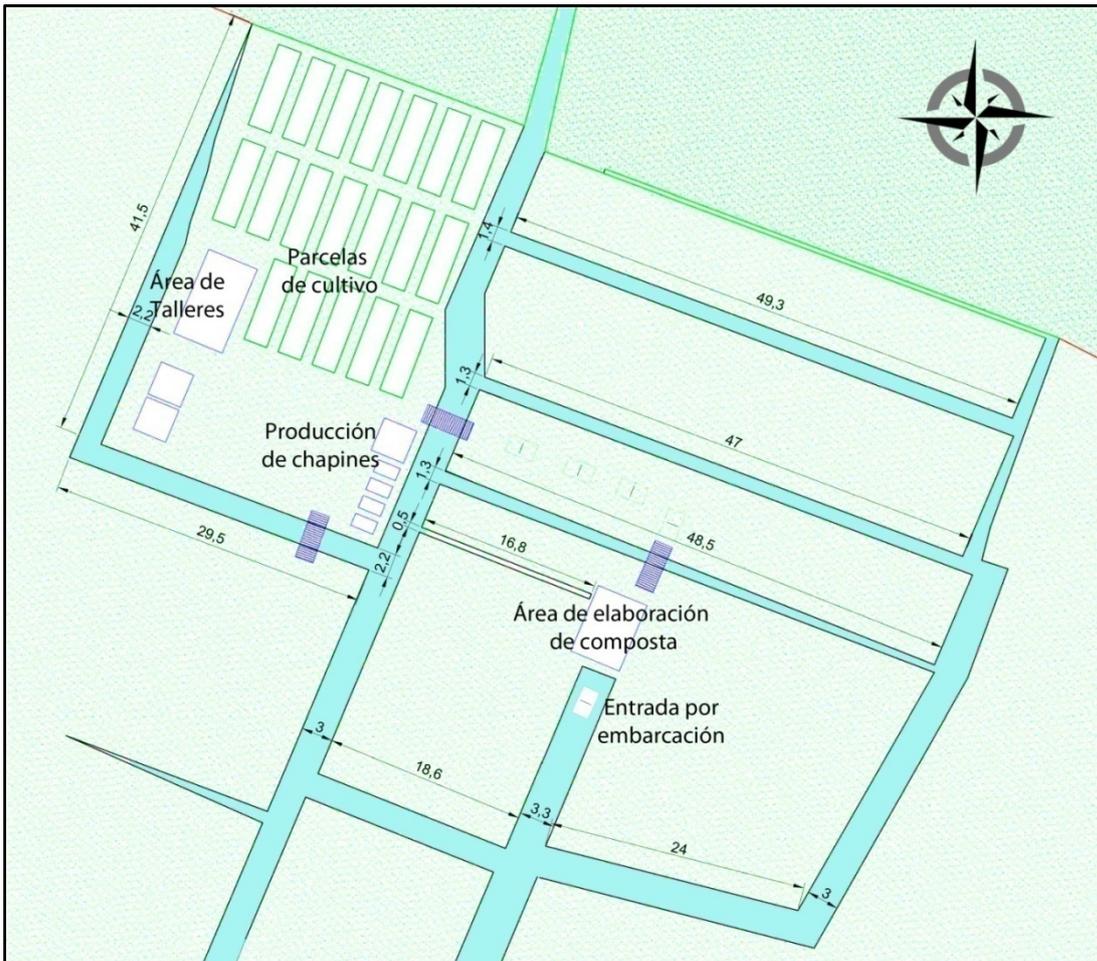


Figura 10. Plano Chinampa Apantle REDES. Perímetro: 220 m. Área: 156.65 m<sup>2</sup>. Profundidad: 1.5 m. Fuente: Elaboración propia.

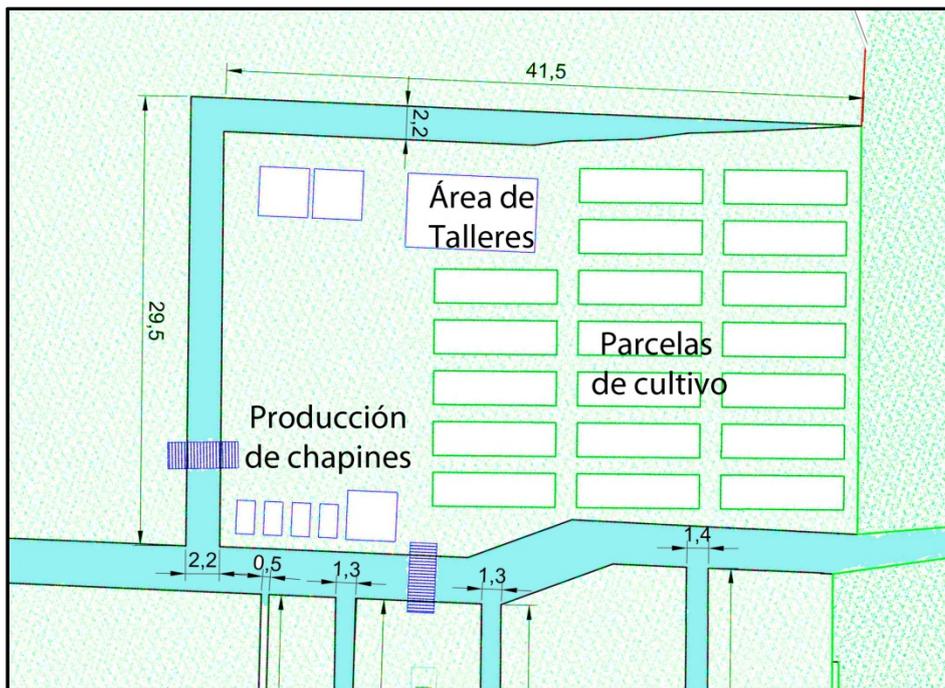


Figura 11. Chinampa Apantle REDES dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

## 4.8.

### **Modelo productivo. Prácticas agroecológicas en la Chinampa Apantle REDES**

La preservación del sistema agro ecológico de Xochimilco se sustenta en el mantenimiento de la vocación productiva de sus chinampas. De acuerdo con Zambrano (2011), en el documento “Programa de Análisis y Restauración del sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote”, menciona que la extracción del sedimento para la elaboración de chapines, el flujo de la humedad del suelo gracias a la cercanía de los apantles<sup>37</sup> y las áreas de cultivo, el uso de los recursos locales como abono, eran prácticas agrícolas que favorecían el flujo hidrológico y el reciclaje de materia y energía en el sistema. Por otra parte, González Pozo (2010), igualmente menciona que la agricultura en humedales permitía excelentes rendimientos, ya que la presencia de suelos fértiles con la constante disponibilidad de humedad son aprovechadas, no solo se encomienda en las temporadas de lluvias; sin embargo, su aprovechamiento está en manos de un esquema sustentable entre el régimen hídrico y agrícola.

De tal manera que la agroecología en las chinampas se manifiesta en el aprovechamiento de su medio geográfico y la diversidad a favor de la productividad. La resiliencia es la adaptación del sistema a un medio heterogéneo, redundando en la complementariedad de las necesidades de cada especie, la diversificación y traslape de nichos y la partición de recursos. La diversidad es un factor positivo que se maximiza para nutrir la tierra, y además es benéfica para el campesino porque tiene una mayor variedad de productos y no depende su producción de una sola cosecha.

En la chinampa hay un autoabastecimiento total de insumos, a excepción de algunas semillas que son adquiridas externamente. Para la elaboración de composta, caldos de cultivo y preparaciones para plagas se utilizan recursos propios, reemplazando los productos externos con procesos complementarios de reciclaje de nutrientes, optimización de la conservación y el uso expandido de recursos locales, de tal manera que se mejora la correspondencia entre los patrones de los cultivos y el potencial productivo de acuerdo a las limitaciones ambientales del clima y el paisaje para asegurar la sustentabilidad a largo de plazo de la producción actual.

Cada actividad está dirigida a conservar la diversidad biológica, tanto en el paisaje salvaje como en el domesticado, haciendo uso óptimo del potencial biológico y genético de una especie animal y vegetal. Este conocimiento y prácticas perduran, pero también evolucionan con las condiciones prevalecientes, adoptando desarrollos innovadores, que son congruentes con los valores preestablecidos.

Por ejemplo, el manejo de las plagas en la agroecología se trabaja desde una perspectiva integral, se comienza por realizar un manejo alternativo de la fertilidad del suelo y las especies para controlar su actividad biológica, sin recurrir a fertilizantes químicos. De tal manera que mas que erradicar una plaga o insecto se pretende comprender su relación con

---

<sup>37</sup>Apantle: (Del náhuatl *atl* 'agua' y *pantli* 'hilera, fila'). 1. m. *Méx.* Acequia para regar (RAE, 2014).

el cultivo y el ambiente particular donde se desarrolla, no se pretende exterminar insectos o malezas sino cuidar que no se conviertan en una epidemia que causen estragos ni dañen los cultivos.

Se atiende la adecuada nutrición y rotación de las cosechas para recuperar la vitalidad biológica del suelo y mantener la fertilidad. Existen además técnicas complementarias como el compostaje, la fabricación de humus, el reciclaje de residuos vegetales y animales, la lombricomposta, el uso de algas, de rocas con minerales y el empleo de técnicas culturales como las rotaciones de cultivo con leguminosas, el empleo de abonos verdes y el laboreo mínimo entre otros.

Concretamente, las prácticas llevadas a cabo en la Chinampa Apantle REDES que coinciden con los modelos agroecológicos son:

1. Rotación de cultivos. La diversidad temporal incorporada a los sistemas de cosecha, dentro de cada cama de cultivo, provee de nutrientes y rompe con el ciclo de vida de varias plagas de insectos, enfermedades, y de semillas.
2. Policulturas. Los sistemas complejos de cosecha en las que algunas especies son plantadas dentro de la proximidad espacial resulta en la competencia o complementación benéfica para la productividad. Ejemplo de esto son las llamadas "trampas", que son pequeñas camas de cultivo donde se procuran especies que atraen a los insectos que no se desean cerca de las cosechas, concentrándolos en un sitio.
3. El uso puro o mixto de cosechas bajo árboles con otras propiedades para mejorar la fertilidad de la tierra y mejorar el control biológico de plagas, así como controlar el microclima. En el caso de Xochimilco, cada cama de cultivo es mixta, es decir, no se cosecha una sola especie, sino que de acuerdo a las características del cultivo que se pretende obtener, se siembran especies que actúan como suplementos con diferentes propósitos, ya sea con el fin de atraer insectos benéficos o alejar plagas, así como mantener la nutrición de la tierra.

Estas medidas según Altieri (2002), permiten ciertas dinámicas favorables para el fortalecimiento del agroecosistema:

- a. Mantener la vegetación como un medio efectivo de conservación de la tierra y el agua, mediante el uso de prácticas de siembra no directas, uso de abono orgánico y otros métodos apropiados.
- b. Proveer un suministro regular de materia orgánica por medio de la adición, manipulación y labor de la tierra (labrar, composta y otros medios de actividad biológica).
- c. Se aseguran los mecanismos de reciclaje de nutrientes a través de la complementariedad de las matrices agua y suelo.

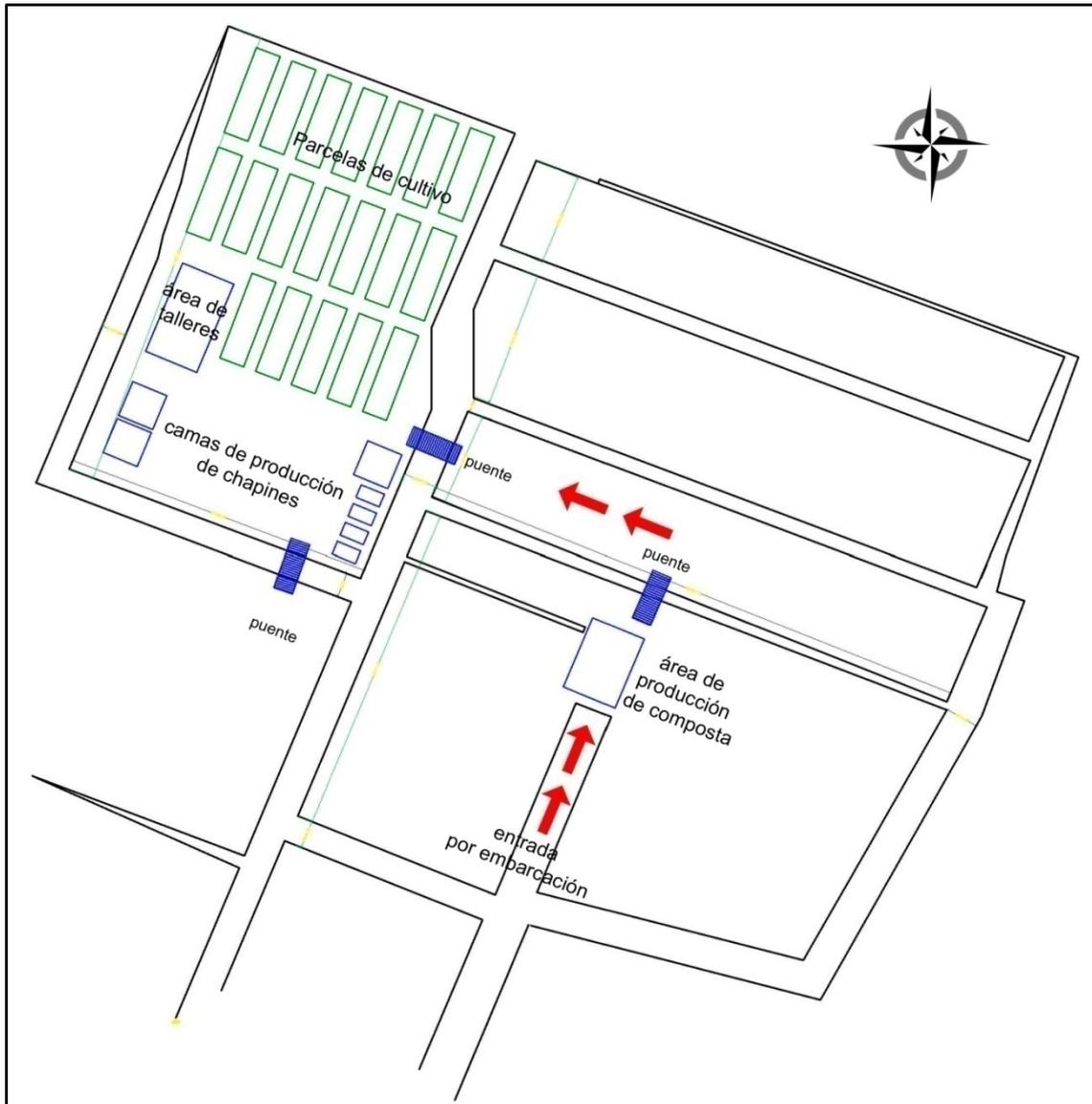


Figura 12. Plano de la localización de actividades en la Chinampa Apantle REDES. Fuente: Elaboración propia.

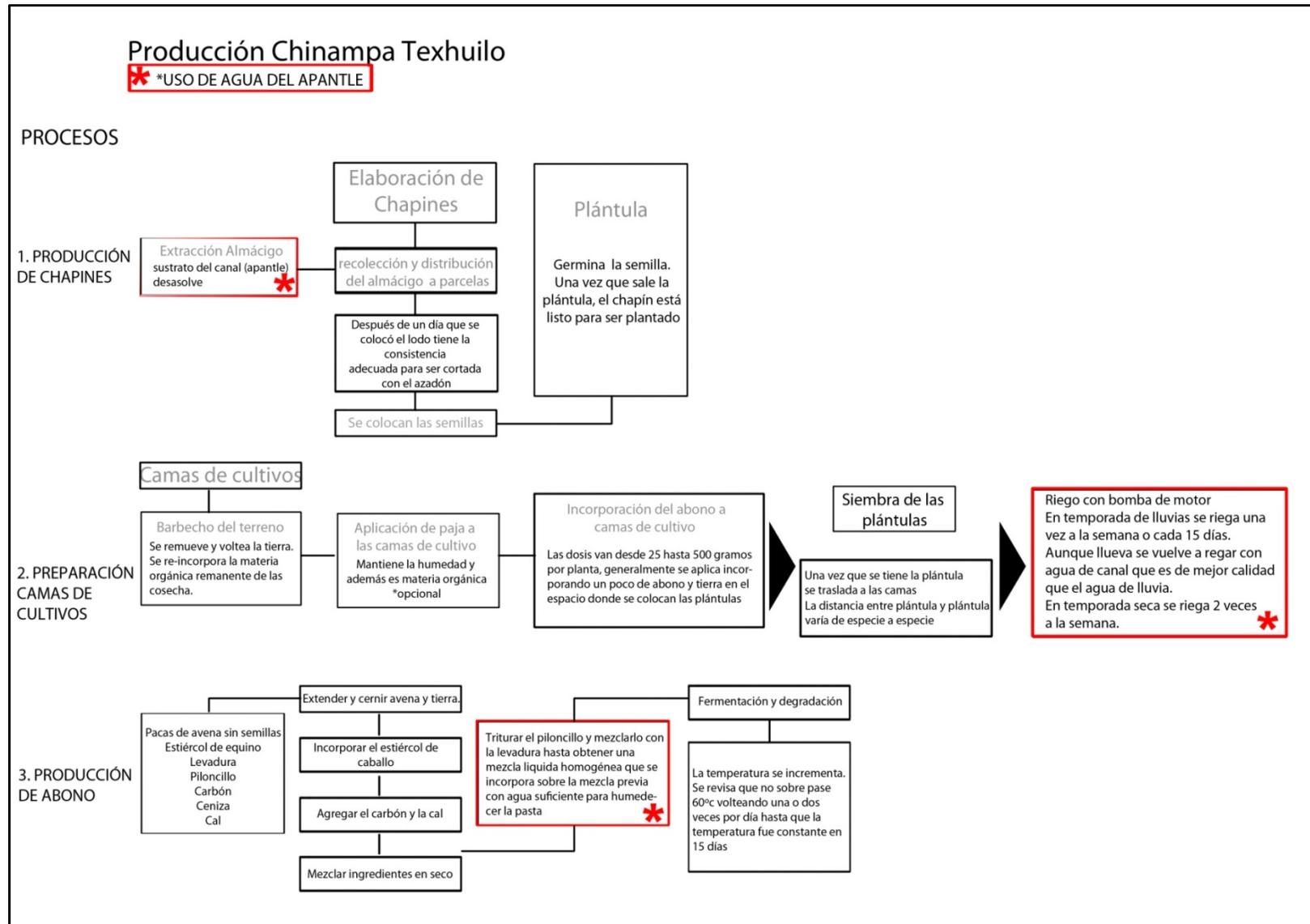


Figura 13. Árbol de procesos. Fuente: Elaboración propia.

## 1. PRODUCCIÓN DE CHAPINES

### Extracción Alcámigo sustrato del canal (apantle)

Técnica que aprovecha la humedad del suelo favorece el flujo hidrológico y el reciclaje de materia y energía en el sistema.



### Elaboración de Chapines

Después de un día de la recolección y distribución del alcámigo, éste se prepara desde las camas de fértil lodo sacado del fondo de los canales, una vez semiseco se cuadrícula y se perfora para colocar manual y delicadamente las semillas. En un espacio relativamente pequeño pueden desarrollarse miles de plántulas que en un cierto momento se trasplantarán al suelo ya preparado. Utilizan: azadón, pala, arado, pico, rastrillo, laminilla, rastra, coa, cuchillo, cuchara de albañil, cahuistle, vielgo, pizcador, machete y hoz. En algunas etapas se utiliza el tractor, con ciertas complicaciones para su embarcación.



Después de un día que se colocó el lodo tiene la consistencia adecuada para ser cortada con el azadón.

### Colocación de semillas



Germinan las semillas de los chapines para dar lugar al crecimiento de la plántula. Dependiendo de la especie es un periodo de 2 a 15 días.



Una vez que sale la plántula, el chapín está listo para ser plantado.

Figura 14. Diagrama de producción de chapines. Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Diagrama de Preparación de camas de cultivo. Fuente: Elaboración propia.

“Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco”



Figura 16. Diagrama de Elaboración de abonos orgánicos fermentados. Fuente: Elaboración propia.

## **4.9.**

### **Análisis de la calidad del agua de riego de la Chinampa Apantle REDES**

Pescod (1992) menciona contextos donde el agua de buena calidad es escasa, el agua de reuso tendrá que ser considerada para el uso de riego agrícola. La agricultura es la actividad humana que demanda mayor cantidad de agua y puede admitir agua de menor calidad que la doméstica o la industrial. Sin embargo, según Ayers & Westcot (1985), ésta contiene impurezas y estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta dentro de las prácticas agrónomas para tomar las debidas precauciones al respecto, y menciona Pescod (1992) llevar a cabo un manejo complejo de prácticas de rehabilitación y monitoreo.

De hecho, se recomienda realizar una serie de estudios piloto para determinar las tecnologías que necesitan ser implementadas, para aprovechar de la mejor manera la calidad del agua y su viabilidad de acuerdo a la sustentabilidad del sitio. La estrategia de utilización de aguas residuales para el riego dependerá de la selección de cosecha, la selección de un método de riego y la adopción de prácticas apropiadas de manejo.

Los criterios para determinar la calidad del agua para usos agrícolas deben considerar diversos factores interactivos según George (2000). Para Pescod (1992) la calidad del agua está en relación no sólo a sus parámetros físicos, químico y biológicos sino en su aplicación al riego deben ajustarse dependiendo de clima local, las condiciones del suelo y el tipo de cosecha.

#### **4.9.1. Parámetros y metodología de medición**

De acuerdo con el análisis de los procesos de cultivo agroecológicos que tienen lugar en la Chinampa Apantle Redes, se observa que el agua del apantle es medular en tres procesos fundamentales para las actividades que ahí se desarrollan:

- a)** Agua de riego.
- b)** Extracción del almácigo para la elaboración de chapines.
- c)** Agua para la elaboración de fertilizantes, compostas y caldos de cultivo.
- d)** Conservación de la biodiversidad.

La importancia que tiene el análisis de los parámetros permisibles por la normatividad es que en el complejo de agua y sedimentos del canal, suceden las dinámicas de nutrientes, que posteriormente serán aprovechados en los cultivos.

Para contar con información propia del sitio respecto al estado actual del agua y determinar puntos críticos que sean una guía en la selección de tecnologías para tratar la calidad del agua, el 17 de diciembre de 2014, periodo que corresponde a la temporada de secas, se realizaron estudios para determinar la calidad de agua en la chinampa. Estos resultados se integran a un banco de datos desde donde se monitorean y se registran los resultados de los parámetros del agua, con el fin de llevar un record de la variabilidad entre estaciones en la calidad del agua y otros fenómenos temporales y espaciales a lo largo del año. La recabación

de estos datos sirven para hacer inferencias sobre los fenómenos que ocurren en relación al agua y para hacer promedios que definan su calidad.

Tabla 3. Parámetros y métodos de medición para el estudio de la calidad del agua		
Parámetro	Método de medición	Imagen del equipo
Medición de conductividad, pH, sólidos disueltos, oxígeno disuelto y temperatura	Sonda multiparamétrica Hanna H9828	
Cantidad de unidades de colonias de coliformes fecales	Placas de petrifilm 3M	
Pruebas de nitrato	Test colorimétrico para nitratos 	
Pruebas de fosfato	Test colorimétrico para fosfato diluido 	
Turbidez	Medición por escala. Tubo de Sechi	



Figura 17. Localización en plano de los puntos de prueba para el estudio de los parámetros del agua. Imagen adaptada de: Google Earth (2009).

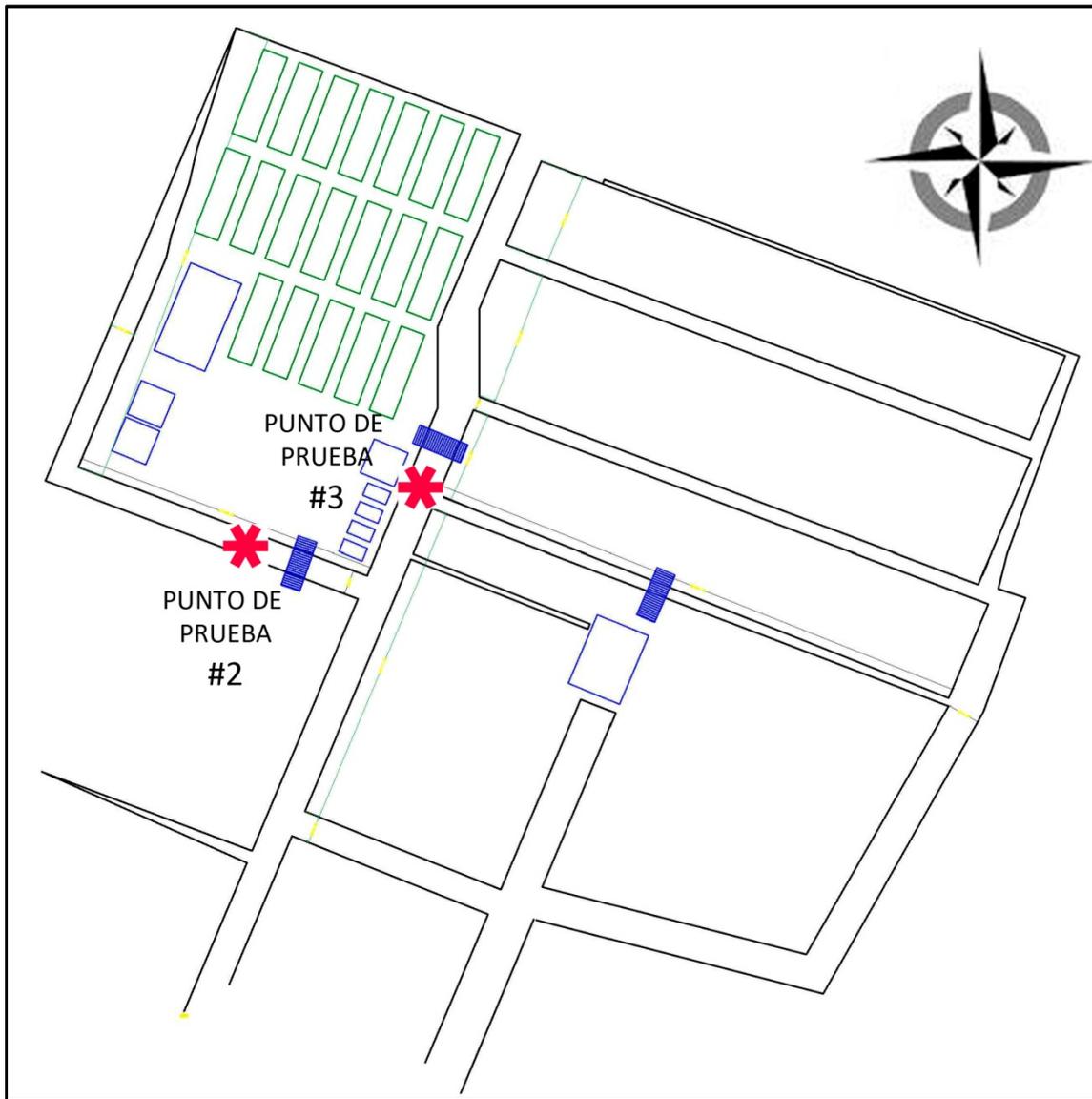


Figura 18. Plano de puntos de prueba para el estudio de los parámetros del agua. Fuente: Elaboración propia.

<b>Tabla 4. de Resultados de los parámetros de la calidad del agua en la Chinampa Apantle REDES 17/12/2014</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>punto de prueba 2</b>	<b>punto de prueba 3</b>
<b>Químicos</b>		
pH	8.3	8.8
<b>Físicos y Biológicos</b>		
Coliformes fecales mg	400	700
Turbidez NTU	19	30
Sólidos suspendidos totales mg/l	416.23	443.56

#### 4.9.2. Resultados de los promedios de los parámetros de la calidad del agua en la Chinampa Apantle REDES

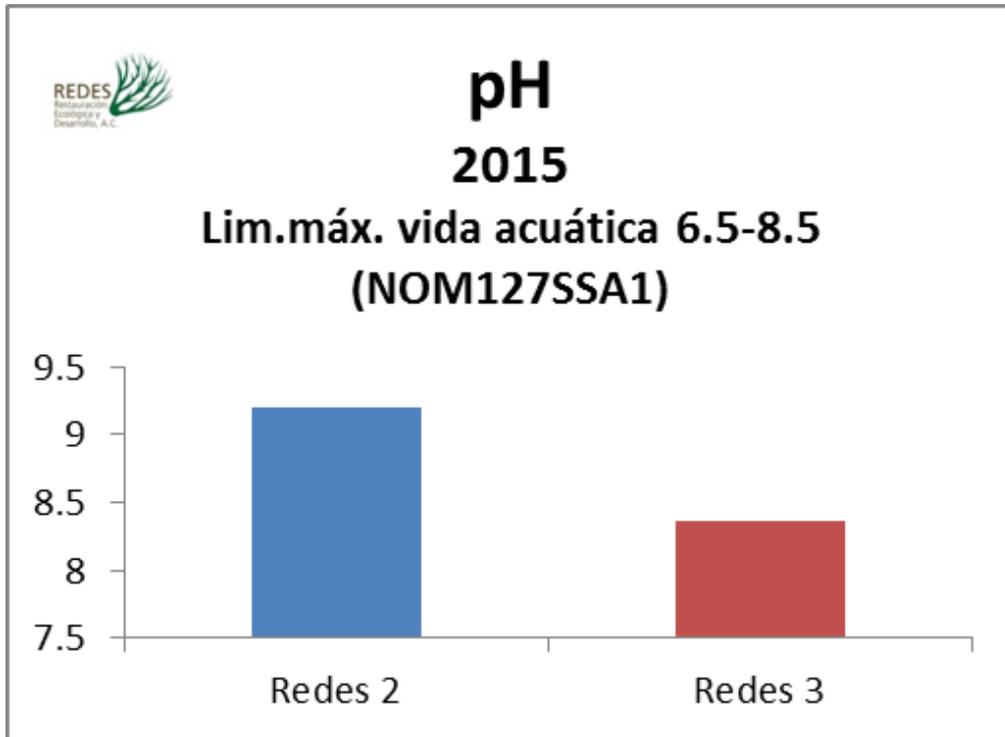


Figura 19. Resultados preliminares para pH en dos canales de la Chinampa Apantle REDES, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

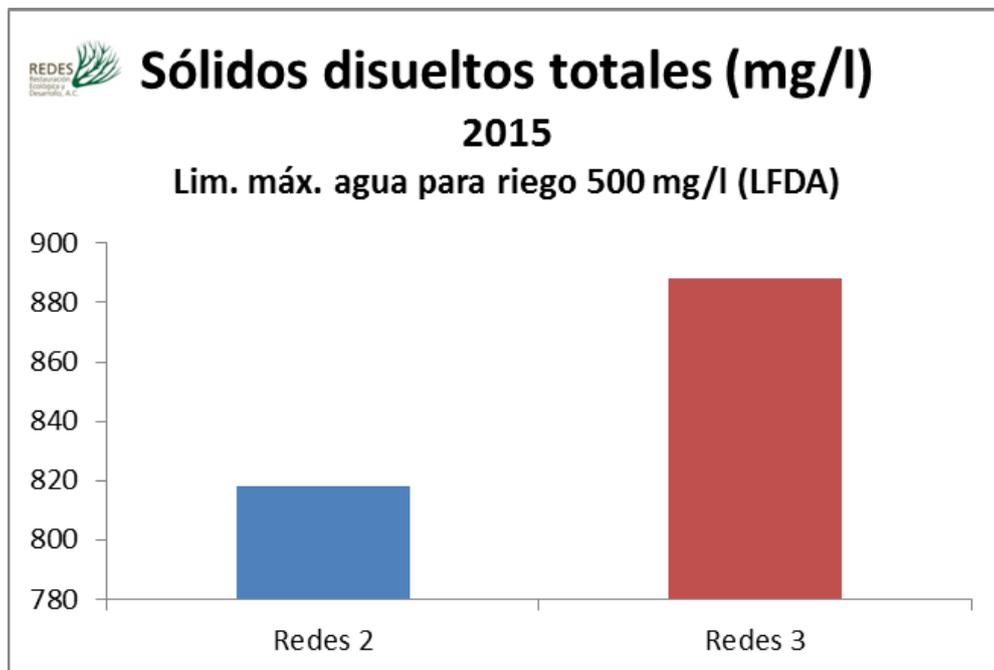


Figura 20. Resultados preliminares para sólidos disueltos totales en dos canales de la Chinampa Apantle REDES, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

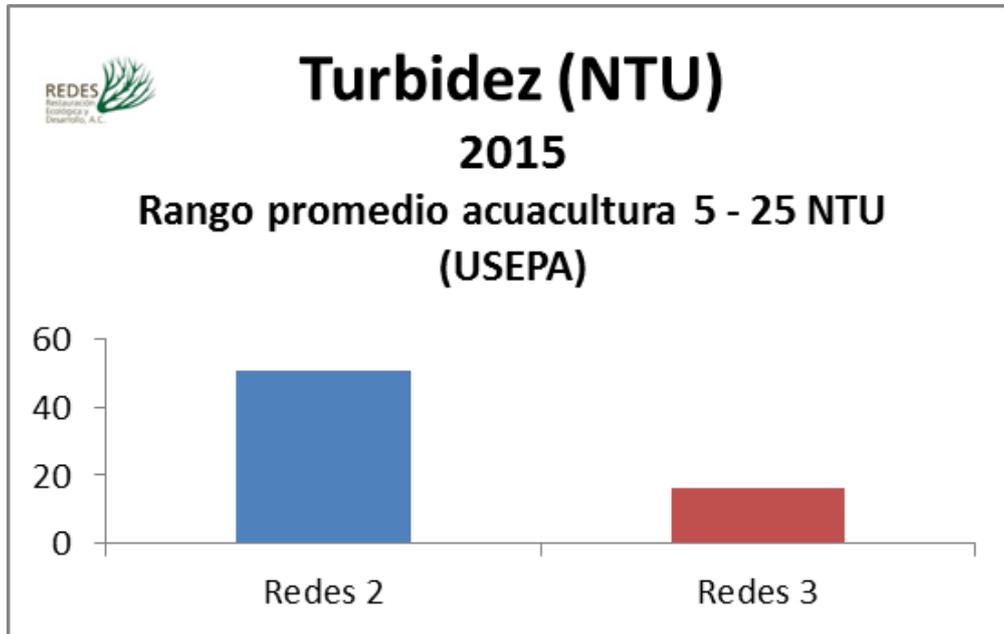


Figura 21. Resultados preliminares para turbidez en dos canales de la Chinampa Apantle REDES, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

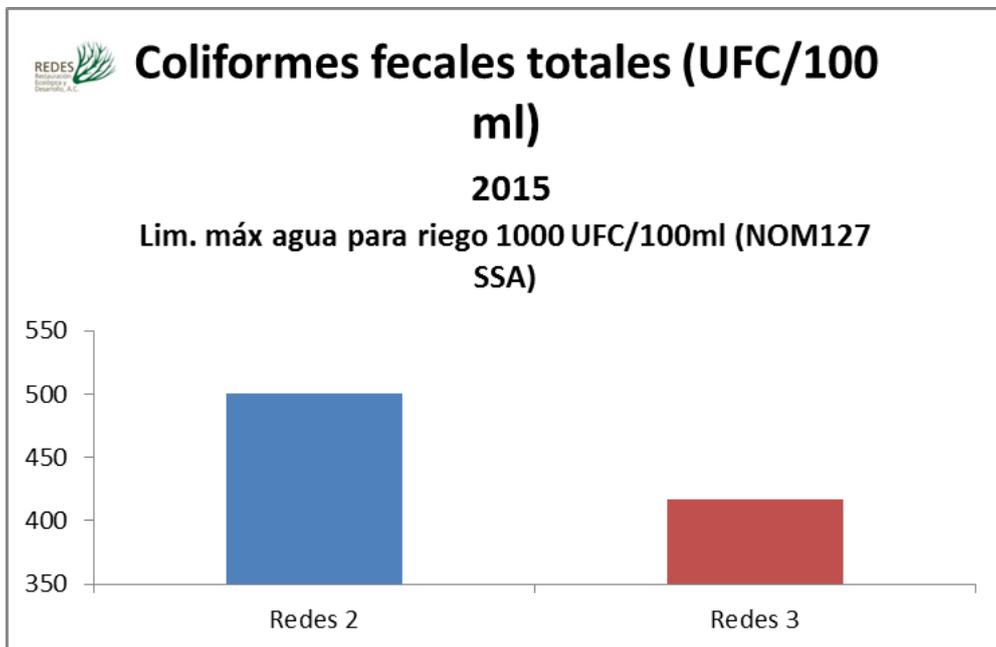


Figura 22. Resultados preliminares para coliformes fecales dos canales de la Chinampa Apantle REDES, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

**Tabla 5. Comparativo de los parámetros obtenidos en la Chinampa Apantle REDES con los límites máximos permitidos en la normatividad mexicana**

PARÁMETRO	NOM-001-SEMARNAT-1996 (embalses naturales y artificiales)		NOM-032-ECOL-1993	NOM-CCA-001-ECOL/1993	NOM-CCA-033-ECOL/1993	PROMEDIOS DE REDES AC. Chinampa Apantle Redes Zona Tezhuilo		RESULTADO
						Redes 2	Redes 3	
<b>QUÍMICOS</b>								
Acidez pH	** n/s	** n/s	6.5 a 8.5	** n/s	** n/s	9.25	8.4	FUERA DE RANGO
<b>FISICOS-BIOLÓGICOS</b>								
Sólidos disueltos totales TDS mg/l	n/s	n/s	120	** n/s	** n/s	820	890	FUERA DE RANGO
Turbidez NTU	** n/s	** n/s	** n/s	** n/s	** n/s	50	18	n/s
Coliformes CFU/100 ml	1000	1000	** n/s	** n/s	1000	500	425	DENTRO DE RANGO

Notas: \*N/A No aplica, \*\* n/s no especifica

#### 4.9.3. Análisis del cuadro comparativo. Parámetros críticos de los resultados para la calidad del agua con uso de riego agrícola.

Solis, et al. (2006) y Zambrano (2011) refieren que en la literatura académica sobre estudios realizados se ha comprobado que las zonas de reserva ecológica y chinampera el agua presenta mejores condiciones en cuanto a los parámetros físicos, químicos y biológicos, si contrastamos estos resultados con las zonas urbanas y turísticas. En las chinampas, las temporadas se dividen en secas (noviembre a abril) y lluvias (mayo a octubre). La calidad del agua varía considerablemente de estación a estación porque durante la temporada de lluvias, ésta se combina con el agua de orígenes diversos como la proveniente de los asentamientos irregulares, los desechos urbanos y planta de tratamiento, mientras que en la temporada de secas no hay tanto movimiento, sin embargo el nivel del agua se reduce considerablemente comentan Mazari & López (2008).

Para determinar las cualidades a tratar en la Innovación tecnológica dedicada a gestionar la calidad del agua, se analizarán los resultados de los promedios obtenidos durante un periodo de un año, 2014-2015, en la Chinampa Apantle Redes donde se contemplan únicamente los puntos 3 y 2, cuya localización puede ser observada en las figuras 17. Y 18., ya que fueron los puntos de muestreo estratégicos dentro de los canales que rodean a la chinampa, en comparación con aquellos parámetros contemplados en la Normativa Mexicana que pueden ser apreciados en la tabla 5. De igual manera el estudio estará apoyado por las aportaciones de dos artículos académicos: “Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy metal analysis” (Solis, Sandoval, Pérez-Vega, & Mazari-Hiriart, 2006) y “Microbiological Implications of Periurban Agriculture and Water Reuse in Mexico City” (Mazari-Hiriart, Ponce de León, Vidal, Macias, Fernandez, & Falconi, 2008), estas fuentes fueron consultadas porque analizan y exponen evidencia sobre

los fenómenos acerca de la contaminación del agua en los canales de Xochimilco, y sirven como referencia y punto de comparación de la calidad del agua en la Chinampa Apantle REDES respecto al resto de las diferentes secciones del canal. La serie de conjeturas hechas a partir de estas fuentes, permitirá determinar cuáles variables están por encima de los niveles permitidos y cuáles podrían ser las posibles fuentes de contaminación con mayor presencia, para entonces tener elementos que ayuden a prescribir su posible tratamiento.

### **Parámetros Químicos**

#### 1. pH<sup>38</sup>

Ayers & Westcot (1985) indican que un pH fuera de rango indica la presencia de alguna fuente contaminante en el agua, ya que los niveles que exceden o son menores a 6.5-8.5 son anormales. De acuerdo con ello la NOM-032-ECOL-1993, hace referencia a los mismos valores. Los resultados de los promedios en la chinampa-apantle variaron de 9.25-8.4 pH, lo cual indica que exceden los límites de la norma, ya que en el canal de control de muestreo presenta un resultado apenas menor a 8.5 pH.

### **Parámetros Físicos- Biológicos**

#### 1. Sólidos suspendidos<sup>39</sup> mg/L

Los resultados sobre las partículas diversas que se encuentran suspendidas en el agua en la Chinampa Apantle REDES varían de 820-890 mg/l, lo cual sobrepasan por mucho los límites establecidos en la NOM-032-ECOL-1993 que considera aceptables para el agua de riego concentraciones de hasta 120 mg/l.

De acuerdo con el estudio "Evolución de las fracciones húmicas de suelos en la zona chinampera de la Ciudad de México" (Reyes-Ortigoza & García-Calderón, 2004) la composición de los sólidos disueltos contienen desde elementos naturales a desechos humanos: arena, grava, cieno, sales minerales, partículas de alimentos y basura.

El exceso de sólidos disueltos dificulta el proceso de mineralización de los materiales orgánicos y promueven su acumulación, ya que el tamaño de partícula y las grasas limitan la transformación. Esto podría derivar en la acumulación de sodio, sales y metales en el agua en detrimento de la calidad de la producción de alimentos, mencionan Reyes & García (2004).

#### 2. Turbidez<sup>40</sup> NTU

Aunque la normatividad mexicana no contempla parámetros de turbidez, ésta es un valor significativo porque un agua turbia impide el paso de la luz y con ellos se afecta, entre otras cosas, la cantidad de oxígeno en la columna de agua y la biodiversidad, como el crecimiento de plantas acuáticas benéficas en el fondo del canal. Si bien, en la normatividad mexicana no se consideran estos parámetros, es una característica que complementa la información de la presencia de sólidos totales en las secciones del canal. La turbidez de los canales de control de muestreo de la chinampa está en un rango que comprende los 18-50 NTU.

---

<sup>38</sup> Consultar Anexo 1 pág.167.

<sup>39</sup> Consultar Anexo 1 pág.168.

<sup>40</sup> íbid.

### 3. Coliformes<sup>41</sup> mg/L

A pesar de que los resultados obtenidos de los promedios de las cantidades de coliformes en los canales de la Chinampa Apantle REDES no exceden los niveles máximos que indica la normatividad mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-CCA-033-ECOL/1993, que establecen un máximo de 1000/100 ml, en el sitio se registraron rangos que van de 500 a 425/100ml respectivamente. Sin embargo estos niveles pueden variar significativamente gracias a el movimiento producto de la escorrentía<sup>42</sup> que produce movimiento en el agua y hace llegar los contaminantes de otras secciones del canal, en los cuales los límites de concentraciones de coliformes si son excedidos.

Adicionalmente, la presencia de contaminantes patógenos es latente debido a que estos pueden estar presentes en el agua de tratamiento del Cerro de la Estrella (de origen industrial, agropecuario, urbano) (Hernández, Espinosa, Torres, Macías, & Lind, 2010), además de la combinación de efluentes frecuentes provenientes de asentamientos irregulares y ganado.

## 4.9.4. Conclusiones del cuadro comparativo

El análisis de la literatura respecto a los promedios obtenidos en la Chinampa Apantle Redes demuestran algunos patrones similares, los niveles varían bastante a lo largo y ancho de todo el complejo de canales que comprende Xochimilco, además estas alteraciones se manifiestan no sólo respecto al sitio sino también de acuerdo a las temporadas (lluvias y secas).

Según la literatura, el agua de los canales está contaminada principalmente por la presencia de residuos agropecuarios, industriales y domésticos. Los resultados mostrados en las referencias bibliográficas del área correspondiente a la chinampa y los resultados de los promedios en la Chinampa Apantle Redes, demuestran que en estas secciones del canal los problemas del agua son los sólidos disueltos, materia orgánica suspendida y concentraciones de coliformes fecales.

Solís et.al (2006) mencionan que de acuerdo con el estudio “Irrigation water quality in sohtern Mexico City based on bacterial and heavy metal analysis”, la variabilidad de los niveles microbiológicos y de metales en el agua de Xochimilco, se puede observar una fuerte relación entre el tipo de uso de suelo y la presencia de agentes contaminantes, ya sea las zonas turísticas-urbanas en relación a las ecológicas. De acuerdo a los resultados los sitios mayormente afectados son predominantemente los más cercanos a los entornos urbanos, donde las bacterias y los metales excedieron los estándares máximos durante la temporada de secas y de lluvias.

Es prioritario atender y elaborar estrategias que atiendan la cantidad de sólidos disueltos totales que se encuentran en el agua y la cantidad de colonias de coliformes fecales para habilitar la calidad del agua y asegurar que esta se encuentre dentro de los rangos de seguridad para su utilización de riego agrícola.

---

<sup>41</sup> Íbid.

<sup>42</sup> Escorrentía. 1. f. Agua de lluvia que discurre por la superficie de un terreno (RAE, 2014).

## **5. Problemática**

### **5.1. Definición del problema**

La producción de alimentos en las chinampas de Xochimilco es un sistema productivo que ha sobrevivido desde épocas precolombinas, sin embargo durante el transcurso del s. XX su subsistencia se encuentra en un estado de crisis permanente debido a las alteraciones de las condiciones originales en las que alguna vez prosperaron; estos procesos han ocurrido gracias a su proximidad con la ciudad de México y su desarrollo urbano.

Los maestros chinamperos conocen su oficio a la perfección, sin embargo los elementos suelo, agua y hombre que permitían el desarrollo de la agricultura, han sido sometidos a alteraciones importantes de sus características esenciales. La principal dificultad que enfrentan para continuar su labor es el suministro y la calidad del agua que utilizan en los diferentes momentos en la preparación de los cultivos. De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, se identifica que las principales fuentes de contaminación provienen de las descargas residuales de viviendas irregulares, el abastecimiento de agua de calidad deficiente de la planta de tratamiento del Cerro de la Estrella, el uso de insumos tóxicos vertidos en el canal por actividades agropecuarias, así como residuos de origen urbano.

Estudios periódicos en campo, demuestran que los parámetros de las cualidades físico, químico y biológicas del agua de los canales circundantes en la Chinampa Apantle REDES son variables a lo largo del año. Es decir, la calidad del agua no es constante durante la temporada de lluvias y secas, ni en las diferentes secciones del canal, por lo tanto se requiere controlar sus características y asegurar su disponibilidad en la chinampa.

De acuerdo a los promedios obtenidos de los análisis de la calidad del agua hechos en el sitio, se demuestra que las concentraciones de sólidos disueltos totales (TDS) sobrepasan los límites permitidos contemplados por las normas mexicanas, así como se demuestra la pertinencia de estabilizar el ph.

Es por ello que en proyectos de conservación y restauración ecológica, que operan mediante la reactivación de las actividades productivas tradicionales, la intervención tecnológica es necesaria para rehabilitar los valores mínimos de los recursos indispensables en las dinámicas del ecosistema a sus características originales. A partir de este planteamiento surgen un cuestionamiento que conduce a esta investigación: ¿Cuál es el medio que concreta el enfoque sistémico del discurso del Diseño en el replanteamiento de organizaciones humanas sustentables sobre la gestión del recurso hídrico en la chinampas de Xochimilco?

### **5.2. Hipótesis**

La innovación tecnológica es el medio que concreta el enfoque sistémico del discurso del Diseño en el replanteamiento de organizaciones humanas sustentables sobre la gestión de los recursos en las chinampas de Xochimilco.

### **5.3. Objetivo general**

Elaborar un discurso a través del enfoque sistémico del Diseño que concrete estrategias de innovación tecnológica en el replanteamiento de organizaciones humanas sustentables sobre la gestión del recurso hídrico en las chinampas de Xochimilco.

### **5.4. Objetivos particulares**

- a) Identificar parámetros y marcos conceptuales apropiados para la Innovación Tecnológica en las chinampas de Xochimilco.
- b) Investigar el proceso histórico del devenir de Xochimilco y sus chinampas desde la época precolombina a la actualidad.
- c) Conocer los fenómenos y las fuentes que ocasionan la contaminación del agua en los canales de Xochimilco.
- d) Analizar los resultados de los promedios de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua en la Chinampa Apantle Redes.
- e) Determinar los niveles fuera de rango del agua para el uso agrícola, mediante la comparación con lo que dicta la normatividad mexicana de agua para uso agrícola.
- f) Integrar un sistema de filtración diseñado para funcionar dentro de las dinámicas agroecológicas en la Chinampa Apantle Redes, seleccionado a partir de tecnologías de filtración de agua sustentables ya existentes.
- g) Evaluar la sustentabilidad del sistema de filtración de agua diseñado bajo el “Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad” MESMIS.
- h) Rediseñar el sistema de filtración conforme a los resultados de la evaluación.

### **5.5. Justificación del problema**

La agricultura chinampera fue una actividad que organizó e integró los elementos del ecosistema de acuerdo a las particularidades del contexto que gracias a sus características sustentables ha sobrevivido desde épocas precolombinas. Este método de cultivo de alimentos no sólo es un medio de obtención de alimentos, sino que simultáneamente conserva la biodiversidad endémica.

La importancia de Xochimilco y sus chinampas, no se limita a su valor ecológico como un refugio de la biodiversidad y una fuente importante en la región de servicios ecosistémicos (funciones de los ecosistemas que benefician de manera directa o indirecta a la sociedad). Sino que son patrimonio natural y cultural de los mexicanos por su valor antropológico, social y cultural, ya que representan una forma única e ingeniosa de organización del medio ambiente con el medio socio-cultural, que a pesar de su deterioro son ejemplares de lo que es Agroecología.

Sin embargo, en la actualidad en la zona lacustre de Xochimilco, las actividades agrícolas chinamperas son cada vez más escasas, y son aún menores las probabilidades de encontrar

productores que utilicen técnicas ancestrales, que no recurran a métodos de cultivo intensivos e invasivos, como el uso de agroquímicos. La diversificación de otras actividades poco sustentables que proliferan actualmente, si bien ayudan a la economía de los habitantes, contribuyen al detrimento del estado del medio ambiente y sus recursos, que son importantes para perpetuar la chinampería.

Existen por otro lado, argumentos para que las chinampas retomen su vocación agrícola: se promueve el uso y aprovechamiento responsable de los recursos del ecosistema por medio de actividades en las que simultáneamente obtenemos productos comestibles y nutritivos que contribuyen a mejorar la alimentación y salud tanto de productores como de consumidores.

Por lo tanto, el conjunto de situaciones en las que se encuentran hoy las chinampas de Xochimilco son valoradas para la formulación de una problemática, de tal manera que se presenta una oportunidad de intervención de Diseño. Congruentemente se establecieron objetivos que pudieran ser resueltos a través de propuestas de diseño que parten de la interpretación de una realidad vigente hacia otros escenarios "más deseables".

## 6.

# Requisitos para la Innovación Tecnológica para el tratamiento del agua en la Chinampa Apantle REDES

Los requisitos sintetizan las condiciones necesarias que cualquier Innovación tecnológica debiera tener en el caso particular de la Chinampa Apantle REDES, de acuerdo a las condiciones biofísicas y socioculturales revisadas, bajo los parámetros de acción establecidos en el capítulo 4.6. *Innovación Tecnológica en la Agroecología*. En conformidad con este análisis previo, se establecen en este capítulo las características que la tecnología debiera cumplir. Para ser más específicos los requisitos a continuación descritos provienen de la siguiente información:

- a) Principios teóricos para la implementación tecnológica dentro de proyectos agroecológicos.
- b) Reconocimiento de la misión y valores del proyecto Restauración Ecológica y Desarrollo AC.
- c) Identificación de los procesos productivos en la chinampa donde el agua es aprovechada:
  - 1. Extracción del lodo del fondo de los canales para la producción de chapines
  - 2. Riego para los cultivos
  - 3. Parte de la mezcla para la producción de abono
- d) Resultados de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua en la Chinampa Apantle REDES contrastado con lo que dicta la normatividad mexicana para el agua de riego agrícola

<b>Tabla 7. Criterios cuantitativos y su justificación para la Innovación tecnológica en la Chinampa Apantle REDES</b>	
<b>Criterios cuantitativos</b>	<b>Justificación</b>
Remoción efectiva de sólidos disueltos totales. La Chinampa Apantle REDES, tiene una concentración de sólidos de 411.1-458-4 mg/l.	120 mg/l establecido en la NOM-032-ECOL-1993.
Remoción efectiva de bacterias de coliformes fecales. El agua en los canales de la Chinampa Apantle REDES, tienen una concentración que varía de los 400-1500/100mg/l.	1000mg/l -100mg/l establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996.
Se requieren índices de flujo de agua equivalentes a 0.5 m <sup>3</sup> de agua diarios.	El sistema debe comprometerse a cubrir los requerimientos de agua diarios. Se considera un gasto de agua para el riego de las hortalizas de 0.5 m <sup>3</sup> la frecuencia varía según la temporada, de dos a tres veces por semana.
Se requiere de tecnología adecuada para el bombeo de agua, que prescindan de electricidad y quema de combustibles fósiles.	Las chinampas no cuentan con infraestructura para soportar fuentes de energía no son coherentes con las metas de conservación agroecológica, las cuales imponen que la entrada de insumos externos deben evitarse.
El sistema debe operar dentro de las condiciones climáticas prevaletentes.	El sistema tendrá que operar en la intemperie.
Para evitar en lo posible el consumo de material, los componentes del equipo deben ser lo más duraderos posible y necesitar un mínimo de recursos externos o extras para su funcionamiento.	La agroecología señala que la entrada de recursos externos debe mantenerse al mínimo, o que esto sea lo menos frecuente posible, y que además estas entradas no provoquen alteraciones perjudiciales al agroecosistema.
Los procesos de manufactura de los materiales deben ser seguros y eficientes.	La calidad de los materiales usados debe asegurar que se maximizan los recursos.

<b>Tabla 8. Criterios cualitativos y su justificación para la Innovación tecnológica en la Chinampa Apantle REDES</b>	
<b>Criterios cualitativos y sociales</b>	<b>Justificación</b>
La tecnología propuesta deberá estar libre de operaciones y mantenimiento complejo, deberá ser sencilla (Campbell, 2010).	La tecnología debe ser fácilmente entendido y enseñado a los miembros de la comunidad.
Se debe contar con los recursos económico y humanos en caso de alguna falla en el sistema (Campbell, 2010). Es decir, debe ser un sistema casi libre de soporte técnico y entradas externas al sistema.	El propósito es que la tecnología sea operada gracias a los recursos humanos propios de la comunidad, que dominen la técnica, prescindiendo para su operación, mantenimiento y construcción de agentes especializados.
El sistema debe ser costeable de acuerdo al ingreso percibido por los miembros del agro ecosistema (Campbell, 2010).	Para que el sistema sea autogestivo la inversión debe ser hecha por los miembros del agroecosistema.
Promover la adaptabilidad y complementariedad (Altieri, 1987). Mejorar la eficiencia de los procesos de producción (Altieri, 1987)	El filtro debe ser una herramienta que apoye la rehabilitación del recurso hídrico a favor de la productividad ecológica y social.
Expandir las capacidades locales y las habilidad de los miembros del agro ecosistema (Altieri, 1987).	Si la comunidad adopta y domina la tecnología tiene la posibilidad de encauzar los recursos de su medio para el beneficio de todas las dinámicas del agroecosistema.
Nivel aceptable de costos y beneficios.	La proporción entre la inversión del sistema y los rendimientos que da deben ser coherente.
El medio ambiente no deberá ser impactado negativamente durante el funcionamiento del filtro (McAllister, 2005).	El funcionamiento del filtro debe ser totalmente inocuo al contexto.

"Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco"

<b>Tabla 9. Criterios sociales, económicos y ambientales para la selección de la tecnología de filtración acorde a los principios agroecológicos</b>		
<b>Criterios sociales</b>	<b>Criterios administrativos y</b>	<b>Criterios Ambientales</b>
Debe contar con la aprobación y el apoyo de la comunidad. Identificar preferencias y demandas. Deben tomarse en cuenta los principios culturales, las prácticas y las costumbres. El producto debe ser socialmente aceptado. (McAllister, 2005).	Diseño de calidad a bajo costo, diagnóstico de costos. Debe ser costeable desde el ingreso promedio de la comunidad donde será instalado.	Materiales aptos para funcionar en el sitio: deben ser duraderos o si requieren de ser reemplazados que sean renovable, reciclables y reusables de ser posible (McAllister, 2005).
Deben existir las condiciones del capital social y la capacidad organizacional para recibir la tecnología.	Recursos humanos entrenados para gestionar el sistema sin la necesidad de recurrir a ningún agente externo por concepto de reparación o mantenimiento.	La solución debe ser confiable para proveer un flujo de agua constante en el tiempo determinado.
Habilidad para el manejo del sistema por los miembros de la comunidad. Debe ser fácil de aplicar, medir y controlar.	Disponibilidad de recursos para acceder a los componentes del equipo	El proyecto no interfiere espacialmente con las dinámicas y procesos llevados a cabo en la chinampa
El sistema debe operar de manera sustentable, esto es, ser propio, operado y hecho por los individuos que usan el agua de riego. Entrenamiento básico en la gestión del sistema en caso de ser necesario (Campbell, 2010).	Materiales duraderos. Los componentes deben estar diseñados para ser lo menos posible reemplazables, se resistentes a la corrosión, la fatiga, la fuerza, y resistentes.	El sistema debe cumplir con los estándares de agua para riego agrícola.
La tecnología debe conducir las prácticas de la comunidad hacia su estabilidad y optimizando la eficiencia del uso de recursos.	Incrementar la eficiencia económica a favor del mejor funcionamiento del agroecosistema. Análisis de costos de producción/rendimiento.	Los efluentes de residuos secundarios del sistema deben ser lógicamente manipulados. Disposición adecuada de los subproductos.
Buena adaptabilidad y aceptabilidad a las innovaciones tecnológicas propuestas.	Independencia a recursos externos.	Los flujos de energía deben ser eficientes. El filtro no debe consumir energía renovable. se debe en lo posible limitar el uso de combustibles fósiles y energía no renovable (McAllister, 2005).
Mínimos riesgos para la salud y seguridad.	Infraestructura adecuada para recibir la tecnología.	

## 7. La filtración de agua

### 7.1. Tratamientos de agua residual

Los estándares sobre la calidad del agua de riego dependerán en gran medida de las condiciones climáticas, las propiedades físico-químicas de la tierra, la tolerancia a la salinidad de las cosechas y las prácticas productivas. Si bien hay normatividades generales, esta será aplicable bajo ciertas condiciones promedio, menciona Pescod (1992).

Los tratamientos para el agua consisten en la combinación de procesos físicos, químicos y biológicos para remover sólidos, materia orgánica y algunos nutrientes excedentes del agua residual. El tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo eliminar residuos de los efluentes humanos e industriales para que estos no representen un peligro para la salud del medio ambiente. La utilización de aguas tratadas con fines agrícolas es una forma efectiva de disposición, sin embargo, es necesario asegurar su inocuidad para tales efectos. Se deben tener objetivos claros para el tratamiento de agua, *“mediante la apreciación de sus características y sus variaciones estacionales, la rehabilitación del recurso se debe lograr mediante la combinación pertinente y lógica de procesos de tratamiento”* (Wegelin, 1996).

De acuerdo a las posibilidades de filtración con el tamaño de las partículas, se pueden identificar varios grados:

Tabla 10. Grados de filtración de acuerdo a la eliminación del tamaño de las partículas	
Grado de filtración	Tamaño de las partículas
Macrofiltración	<10 micras (WHO, 2004).
Microfiltración	10-1 micra. Teóricamente se pueden remover algas y bacterias efectivamente (WHO, 2004).
Ultrafiltración	1-0.1 micras o más, suficientemente pequeños para remover virus, bacterias y protozoarios (WHO, 2004).
Nano filtración	Los tamaños de los poros son más pequeños que las membranas de ultrafiltración, sin embargo no son métodos usados ya que no son económicamente operables aún (WHO, 2004).

*“El tratamiento apropiado del efluente destinado a riego, tendrá que contar con los procesos para habilitar el agua de acuerdo a los parámetros químicos y microbiológicos a bajo costo y con los mínimos requisitos operativos y de mantenimiento”* (Pescod, 1992, pág. 36). La elección del grado de tratamiento de las aguas residuales normalmente se efectúa de acuerdo con razones ambientales, recreativas y de salud pública. Sin embargo, cuando se considera el uso de un tratamiento adicional como parte de un proyecto de reutilización, es recomendable minimizar los costos empleando tecnologías que puedan ofrecer una operación fiable en el largo plazo, que supongan bajos costos de operación y mantenimiento, que minimicen el uso de sustancias químicas y que sean lo más compactas posible, según FAO (2013).

<b>Tabla 11. Etapas de tratamiento de aguas residuales</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tecnologías</b>
Preliminar	Remoción de elementos grandes y voluminosos en las aguas residuales como fragmentos y pedazos de materiales diversos, que pudieran causar problemas operativos o de mantenimiento en los tratamientos subsecuentes Tchobanoglous (2002). Pescod (1991) menciona que esto ayuda a reducir el número de partículas presentes en el agua para habilitar los procesos siguientes.	a) Tamices b) Sedimentación
Primario	Se pretende eliminar todos los sólidos disueltos e insolubles en el agua, mediante procesos mecánicos. Tchobanoglous (2002) menciona que en caso de ser necesario, en un tratamiento primario avanzado, algunos procesos químicos pueden ser implementados para mejorar la eliminación de sólidos suspendidos y en un menor grado, sólidos disueltos.	a) Filtración cinética b) Filtración de superficie c) Filtración de contacto
Secundarios	A este nivel el tratamiento se concentra en parámetros bioquímicos específicos persistentes en el recurso hídrico. Se recurre a esta fase de tratamiento cuando existen parámetros específicos en el agua residual que no pudieron ser removidos durante la fase de tratamiento primario. Procesos biológicos y químicos son usados para remover la mayor parte de la materia orgánica indica Tchobanoglous (2002). De tal manera que procesos específicos son necesarios para reducir niveles determinados, como nitrógeno, fósforo, compuestos orgánicos o metales pesados. Algunas veces pueden constar en la combinación de tratamientos primarios y secundarios.	a) Lodo activado b) Filtros por goteo c) Filtros lentos de arena d) Unidades rotatorias de adsorción biológica e) Desinfección

## 7.2. Remoción de Sólidos Totales

Los sólidos totales incluyen “total de sólidos suspendidos” (porción de sólidos totales retenidos por un filtro) y los “sólidos totales disueltos” (porción de sólidos que pasan por un filtro de 2.0 micras a 0.002mm) (AWWA, 1999). El término TDS, sólidos totales, es aplicado al material residual de la evaporación de una muestra de agua y su subsecuente secamiento a una temperatura definida.

Según los tamaños de las partículas y su comportamiento en el medio acuoso se clasifican los sólidos, Ibarra (2010):

- a) Suspendida: contaminantes en fase dispersa y con un tamaño de entre 1 y 100 mm. Esta materia es fácilmente removible por sedimentación, gracias a la gravedad.
- b) Coloidal: materia con diámetros equivalentes de 0.001 a 1 mm, que se caracteriza por ser de sedimentación muy lenta.
- c) Disuelta: contaminantes con tamaños entre 0.00001 y 0.01 mm que se encuentran ligados al agua y son difíciles de separar.

Wegelin (1996) señala que la materia presente en el agua contaminada puede ser apreciada a simple vista, compuesta por sólidos flotantes, otros suspendidos en la columna de agua y otros tantos, más densos depositados al fondo. Sin embargo, los microorganismos no pueden ser detectados, ya que los protozoarios, las bacterias y los virus miden apenas pocos micrómetros. Su remoción es difícil debido a su pequeño tamaño y probable baja concentración y dispersión dentro del volumen de agua. La filtración lenta de arena y la clorinación son procesos capaces de mejorar la calidad microbiológica del agua.

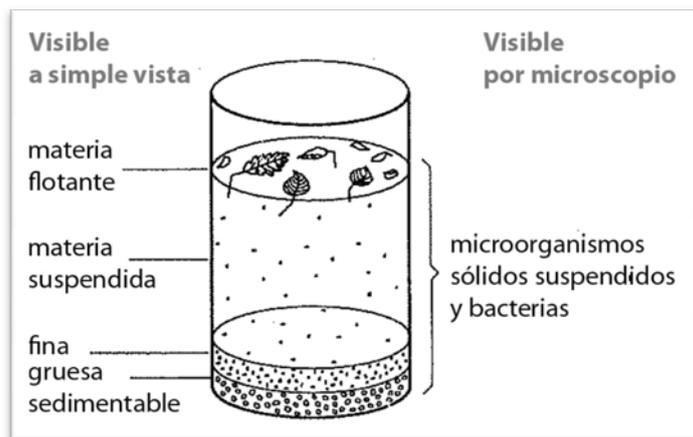


Figura 23. Materia sólida contenida en el agua. Fuente: Wegelin, Martin (1996).

La turbidez refleja la cantidad de sólidos finos suspendidos en el agua. Algunos microorganismos se adhieren a la superficie de esos sólidos flotantes. Los sólidos protegen a los microorganismos, y si estos no son debidamente removidos antes de entrar a los filtros de arena, estos bloquearan la superficie de la arena. Por lo tanto el uso de filtros de arena es posible con agua de baja turbidez y virtualmente exenta de materia sólida.

La turbidez refleja la cantidad de sólidos finos suspendidos en el agua. Algunos microorganismos se adhieren a la superficie de

esos sólidos flotantes. Los sólidos protegen a los microorganismos, y si estos no son debidamente removidos antes de entrar a los filtros de arena, estos bloquearan la superficie de la arena. Por lo tanto el uso de filtros de arena es posible con agua de baja turbidez y virtualmente exenta de materia sólida.

La concentración de los niveles y periodos de turbidez, y la concentración de sólidos totales son de gran importancia para el diseño del tratamiento. Si se contienen diferentes tamaños de partículas, el agua deberá pasar por un tratamiento que elimine los sólidos gradualmente. El primer paso es la separación de sólidos más burdos, las partículas más finas pueden ser separadas en un segundo tratamiento, sucesivamente, los sólidos más pequeños y microorganismos son eliminados conforme enfrenten una serie de barreras a lo largo del tratamiento.

### 7.3.

## Filtros de agua sustentables para entornos rurales. Filtración burda y Biofiltración

Un filtro burdo es un medio "grueso" (típicamente piedras, rocas o grava) usado para reducir los niveles de turbidez, como un proceso previo a un tratamiento del agua más específico que pudiera ser filtración de arena lento, filtración de membrana u otros (WHO, 2004).

Los filtros burdos han demostrado ser métodos efectivos, económicos y confiables, para remover los sólidos suspendidos, sin la necesidad de usar ningún químico comparados con los sistemas convencionales de tratamiento de aguas. Estos son comúnmente usados como la fase de tratamiento primario para entrar a otros sistemas que puedan ser intolerantes a una alta turbidez o sólidos suspendidos en el agua indica Patil (2012).

Este tratamiento entra dentro de la fase primaria para el agua residual, por medio de la filtración de contacto, donde por un medio granular se crean puntos de contacto donde quedan retenidas las partículas, se promueve la adsorción así como los procesos químicos y

biológicos, menciona Onyeka (2009). Retiene las partículas que no fueron separadas desde los tanques de sedimentación. Estos filtros mejoran la calidad microbiológica del agua, así como la turbidez y la materia orgánica disuelta. El tamaño del poro del medio de filtración y los diferentes tamaños de las partículas microbianas son el complemento para que ocurra la filtración (WHO, 2004). Este tipo de filtros son clasificados como filtros de “cama profunda”, ya que un apropiado diseño promueve la separación de partículas a lo largo de la cama de filtración.

La calidad del agua contaminada puede ser significativamente mejorada con la implementación de filtros de grava y arena. En condiciones ideales, los elementos del suelo locales pueden ser lo suficientemente impermeables para ser utilizados.

Los filtros burdos constan de materiales de diferentes tamaños de poros, decreciendo sucesivamente en tamaño de acuerdo a la dirección del flujo del agua. El tamaño de los sólidos separado por el medio más grueso, el medio filtrante subsecuente y el más fino reducen la concentración de sólidos suspendidos. Wegelin (1996) señala que el filtro medio consta de materiales de un material relativamente grueso que puede variar de 4 a 25 mm.

La sedimentación y la adhesión de las partículas al medio, y no la presión mecánica son los principales procesos de filtros burdos, dice Patil (2012), en los que las partículas más finas no encuentran medios que las retengan, aunque algunas de ellas se logran adherir a la película biológica de carácter viscosa. La sedimentación es el proceso principal de la filtración burda, es la responsable para la separación de sólidos del agua. La filtración actúa como una cuenca del almacenamiento en varias etapas de la materia contenida en el agua. De acuerdo con el documento “Roughing filter for water pre-treatment technology in developing countries” cuando una partícula pasa a través del medio granular de filtración, puede escapar por el lado derecho o izquierdo, o puede asentarse en su superficie. Por lo tanto Onyeka (2009) señala que la probabilidad de que haya una remoción es de 1/3.

Un filtro burdo con rocas y grava operan permitiendo al efluente viajar a través de los poros sumergidos en agua a través de la cama de piedra, causando la proliferación de alga en la superficie de las rocas, conforme el líquido fluye en los espacios vacíos apunta EPA (2011). Este proceso permite que sean denominados como Biofiltración, pues este fenómeno ocurre cuando se desarrolla en el filtro una biomasa adherida al material filtrante que asiste el proceso de filtración como menciona Durgananda (2003). El término de “filtro” es engañoso ya que sugiere la separación física de los sólidos del líquido por medio de una acción de presión, sin embargo, el tratamiento ocurre cuando los microorganismos absorben y usan los elementos orgánicos disueltos para su crecimiento y reproducción conforme el agua residual cae dentro de los sitios vacíos, señala WEF (2007).

Es decir, una Biofiltración es la remoción de contaminantes debido a la fuerza de una degradación biológica más que el estrés o presión física del material. Con la progresión del proceso de filtración se desarrollan gradualmente sobre la superficie una película que forma una capa microbiológica. El punto crucial del proceso de filtración es mantener una biomasa saludable para controlar la calidad del efluente.

De acuerdo a la valoración del agua a tratar, una fase de pre-tratamiento, como un proceso de pre filtración mejorar también la calidad microbiológica del agua y ayuda al proceso subsecuente.

Patil (2012) dice que la experiencia comprueba que este tipo de filtros son capaces de reducir el contenido de materia sólida con resultados mínimo de 50% a un 70% y en condiciones óptimas reducen las concentraciones de partículas hasta un 90%. Estos tratamientos pueden mejorar la calidad bacteriológica del agua, se ha comprobado la reducción de coliformes

fecales, así como la turbidez, materia orgánica disuelta. Los filtros burdos de acuerdo al documento editado por World Health Organization. *“Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water”*, han alcanzado eliminaciones máximas de turbidez del 60-90%, *“generalmente entre más turbia sea el agua inicial, mayor será la reducción que se puede alcanzar, asimismo se observan reducciones en las bacterias coliformes”* (WHO, 2004). Complementados con el proceso de *“filtración lenta de arena”*, la reducción puede alcanzar el 99.8%. Sin embargo, suspensiones estables con grandes cantidades de materia coloidal son difíciles de tratar con filtros burdos y requerirán de la adición de coagulantes.

Wegelin (1996) menciona que este tipo de filtros usan los materiales en serie, que son instalados en compartimentos separados por cada material, o aquellos filtros burdos en capas, en los que se superponen los materiales filtrantes uno encima del otro. El uso de múltiples grados de filtración promueve la penetración de las partículas a través de la cama del filtro y maximiza la capacidad de almacenamiento ofrecida por el medio más grueso y la alta eficiencia de eliminación provista por los medios más pequeños apunta Onyeka (2009). Estos filtros operan a bajas cargas hidráulicas que son definidas por el rango de flujo dividido por el área de filtración. La velocidad de filtración es sinónimo de carga hidráulica, que usualmente varía de 0.3 a 1.5 m/h.

La elección de este tipo de filtros se debe a:

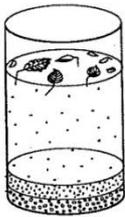
1. Las características del agua.
2. La turbidez y los sólidos suspendidos son la información más importante requerida para la selección del esquema de tratamiento.
3. La separación de materia suspendida puede lograrse a través de compartimentos de gravilla, mientras que la materia asentable puede ser removida en tanques de asentamiento. Los filtros burdos mientras separan los sólidos suspendidos y remueve parcialmente la materia coloidal.

El diseño de los filtros burdos permite incertidumbres respecto a la calidad del agua y su tratamiento. Sin embargo, el análisis del agua permitirá un diseño más detallado de las unidades de tratamiento.

La combinación de tecnologías alternativas puede lograr buenos resultados, si éstas son manejadas adecuadamente. *“Pre tratamiento y filtros burdos combinados con filtros lentos de arena son métodos de tratamiento confiables, sustentables y particularmente adecuados a las condiciones de los países en desarrollo”* (Wegelin, 1996). Una etapa de filtración subsecuente es la filtración lenta de arena como un tratamiento particularmente efectivo en mejorar la calidad microbiológica de la calidad del agua. Sin embargo, la eficiente aplicación de este proceso requiere un afluente de entrada con baja turbidez, es necesario, una etapa de pre tratamiento.

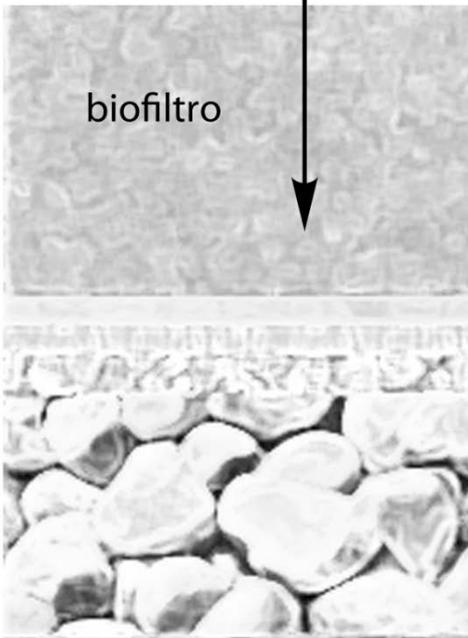
Proyectos exitosos requieren de un enfoque multidisciplinario con varios tipos de entrada: *“las condiciones naturales, institucionales y socioculturales deben ser consideradas paralelamente con aspectos financieros y técnicos. La síntesis de éstas nos llevarán a soluciones apropiadas y sustentables”* (Wegelin, 1996).

agua residual

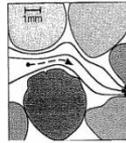


Sólidos totales

- a) Sólidos Suspendidos
- b) Sólidos Coloidales
- c) Sólidos Disueltos

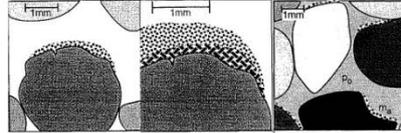


Mecanismos de separación de sólidos



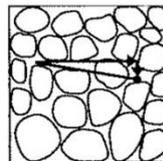
Las fuerzas hidrodinámicas son responsables por el flujo continuo del agua dentro del sistema de poros (Wegelin, 1996). Las partículas fluyen gracias a estas y son transportadas a una superficie entre la que acaba atrapada.

a) Desarrollo de Biota



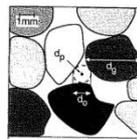
“El desarrollo de una biopelícula se genera a partir de la generación de colonias de microorganismos que se adhieren a una superficie. En el contexto de un proceso de tratamiento, esta adhesión y acumulación es un medio eficiente para la retención de biomasa, la cual permite la proliferación de una masa más grande de estos organismos vivientes a un ritmo lento determinado” (Rittmann, 1990). la intercepción es el proceso que permite la remoción de partículas causado por la acumulación de material.

b) Sedimentación



Las propiedades físicas de la materia sólida en relación a las propiedades del medio donde se encuentran hacen que caigan por gravedad (Wegelin, 1996).

c) Adsorción



Adsorción proceso en el que por medio de cargas electrostáticas, hay una adhesión de las partículas con una carga eléctrica a los granos de arena, entre mas minerales contenga el agua hay menos efectos de las fuerzas electrostáticas (Yves 1967).

Figura 24. Mecanismos de separación de sólidos en Biofiltros. Ilustración adaptada de Wegelin, Martin (1996).

## 7.4.

### Parámetros para el diseño de filtros sustentables

Wegelin (1996) apunta que una predicción acertada sobre el desempeño del filtro es casi imposible debido a la complejidad de factores que intervienen en el proceso de filtración, sin embargo, existe literatura al respecto que confirma la efectividad de estas tecnologías.

La ventaja de un filtro burdo sobre los métodos convencionales es que no requieren el uso de insumos químicos, evita el gasto de energía adicional, y no requieren de equipo sofisticado menciona Onyeka (2009).

Tabla 12. Consideraciones para el Diseño de un Biofiltro	
Variables	Descripción
Parámetros del agua actuales	Cantidad (variaciones temporales), calidad (turbidez, color, concentración de sólidos y algún grado de polución fecal) y accesibilidad información detallada del análisis del agua deberán contemplar la fluctuación de los límites, la duración y la frecuencia de la calidad del agua.
Análisis de las condiciones del lugar	Estudio de la topografía del lugar, instalación de un sistema que opera mecánicamente asegurar la confiabilidad y el suministro continuo de agua. En estos casos el suministro de agua está vinculado a la deposición del agua residual a tratar.
Análisis sociocultural	Estudio de los recursos disponibles, la comunidad, hábitos y costumbre, si la tecnología es adecuada de acuerdo a sus condiciones.

La siguiente descripción es una lista de recomendaciones seleccionadas de diversas fuentes a tomar en cuenta en el diseño de un Biofiltro, respecto a cada una de las variables que lo componen:

#### a) Perfil hidráulico

La mejor elección será siempre el aprovechamiento de la gravedad para suministrar a los sistemas que garantice una operación confiable a bajo costo. Esquemas que proponen el uso de bombas manuales son una segunda opción y deberán ser consideradas solo en caso de que el suministro de energía esté garantizado para mantener la infraestructura del sistema de filtrado. Cilindros hidráulicos que hacen uso de la energía de un volumen de agua para bombear una pequeña fracción de esta agua pueden ser también una opción.

#### b) Medios filtrantes

Patil (2012) y Durgananda (2003) mencionan que los medios deben tener una alta porosidad y deben ser materiales inertes, limpios e insolubles para poder ser usados como medios filtrantes. Se ha comprobado que ni la rugosidad, ni la forma estructura del material influye en la eficiencia del filtro. Los siguientes materiales pueden ser considerados como medios filtrantes: grava, piedras o rocas, ladrillos rotos y quemados, material plástico (ya sea en viruta o piezas, carbón activado (este debe ser considerado en caso de objetivos específicos de remoción de materia orgánica), fibra de coco. Los medios más comunes son rocas, diferentes tipos de arena, grava y gravilla, sin embargo, estos materiales pueden ser reemplazados por cualquier material limpio, insoluble y mecánicamente resistente.

Jurries (2003) apunta que en caso de usar alternativas locales como medios de filtración, las propiedades de estos materiales deben ser considerados: pH, la conductividad eléctrica, a textura, la materia orgánica, la compactación del material.

En la selección se deben tomar en cuenta la fuente y la concentración de los contaminantes claves, menciona Durgananda (2003). Para el tratamiento primario del agua, la elección correcta del medio deberá proveer una superficie idónea para el crecimiento de la biopelícula, un área suficiente para su desarrollo y una buena textura para mantener los microorganismos encargados de la biofiltración.

Los materiales para el filtro deben ser inertes, limpios, insolubles y mecánicamente materiales resistentes. Wegelin (1996) describió que un material de filtración debía tener una superficie de un tamaño específico para mejorar el proceso de sedimentación y una alta porosidad para permitir la acumulación de la separación de sólidos. Sin embargo, además de sus propiedades, es importante considerar la disponibilidad y el precio para su adquisición.

Para el diseño de la Biofiltración son importantes las siguientes particularidades de los medios de filtración:

1) Tamaño promedio del diámetro (mm) de cada medio de filtración

El tamaño de la grava debe ser lo más uniforme posible para lograr la porosidad constante. El coeficiente de uniformidad  $U$ , es determinada por el tamaño más grande y el más pequeño de la fracción de un filtro ( $U = d_{g \text{ máx.}} / d_{g \text{ min}}$ ), con el fin de lograr la mayor uniformidad posible.

2) Altura de cada medio de filtración específica (m)

Wegelin (1996) menciona que la profundidad en filtros dinámicos requieren entre 40-60 cm, comparada con los filtros burdos que operan como camas de filtros profundos, estas dimensiones están limitadas por cuestiones estructurales, pero por lo general varían entre 80 a 120 cm. De acuerdo con Patil (2012), la altura de la cama un filtro vertical está limitado a 1-2 m.

3) Número de fracciones de filtración

Los filtros de superficie constan de una sola fracción, mientras que los filtros burdos generalmente están compuestos de tres fracciones: piedras, grava y arena. El largo total requerido del filtro, dice Wegelin (1996), puede ser reducido con el diseño de varias fracciones: la mayor parte de la materia sólida es removida por la fracción gruesa del filtro, el tamaño medio tiene un efecto pulidor, y la grava más fina debe remover solo los remanentes de la materia sólida, por lo tanto el tamaño debe estar diseñada en un criterio de 3:2:1. Patil (2012) menciona que los filtros burdos verticales usualmente constan de una secuencia de tres compartimentos llenos con material grueso, medio y fino progresivamente.

4) Altura  $H$  (m) y ancho  $W$  (m) del área de la cama del filtro ( $m^2$ )

Estructuras superficiales de 1 a 2 m son recomendadas para evitar problemas respecto al bloqueo del agua, así como para los procedimientos de limpieza. El ancho de los filtro deben ser limitados de tal manera que permitan la limpieza eficiente hidráulica, por lo tanto el filtro no debe exceder 4-5 m y el área de superficie no debe exceder los 4-6 m. Estas recomendaciones se deben a la capacidad hidráulica del filtro

Para prevenir la proliferación de algas Patil (2012) menciona que se debe cubrir la parte más alta del filtro por una capa de piedra para prevenir su exposición directa al sol. Las diferentes fracciones deben estar separadas unos de los otros para evitar mezclarse las durante la operación de limpieza, o bien estar separadas por mallas de plástico.

**c) Secuencia de tratamiento**

Patil (2012) menciona que el uso de múltiples fracciones de en un filtro burdo promueve la penetración de partículas a través de la cama de filtración y optimiza las capacidades de almacenamiento ofrecidas por el medio más grande y la alta remoción por las granos más pequeñas de los medios subsecuentes, es decir, la eliminación de los sólidos es conforme a los sólidos más gruesos a las partículas residuales más pequeñas y microorganismos, que serán separados en una última fase, la recolección del agua y el tratamiento pueden ocurrir en una sola instalación que combine filtros dinámicos o galerías de infiltración.

Onyeka (2009) señala que la teoría del 1/3 explica cómo cada capa remueve aproximadamente 1/3 de las partículas dejando fluir los 2/3 restantes a la siguiente capa. En

cuanto a estas consideraciones el tamaño más pequeño del poro se considera como una sexta parte del tamaño de la gravilla. Por lo tanto es posible que un diámetro de 2mm pudiera dejar atrás partículas de hasta 330 micras, ya que la mayor parte de las partículas suspendidas que viajan en el agua no son más grandes que el tamaño del poro del medio de filtración, estos sin embargo decrecen en tamaño progresivamente con la deposición de las partículas y el crecimiento de la biopelícula apunta Wegelin (1996).

#### **d) Aireación**

El contenido de oxígeno disuelto en el agua es importante en el proceso de filtración. Se recomienda un proceso de aireación del agua en aguas estancadas, que exhiben un bajo contenido de oxígeno, especialmente cuando son usadas desde el fondo de reservas de agua contaminadas. El movimiento del agua permite su aireación y por lo tanto su oxigenación.

#### **e) Flujo del agua**

Respecto a la secuencia del agua hay variables que deben ser diseñadas:

- 1) La entrada al filtro debe ser controlada por un flujo constante la distribución en la entrada del filtro debe ser homogénea sobre la superficie entera del filtro.
- 2) Los niveles controlados de agua deben ser mantenidos dentro las unidades de filtración.
- 3) Estos filtros operan a bajas cargas hidráulicas que son definidas por el rango de flujo dividido por el área de filtración. La velocidad de filtración es sinónimo de carga hidráulica, que usualmente varía de 0.3 a 1.5 m/h.

El flujo de filtración es determinante para el tratamiento de eliminación. Una buena remoción en filtros burdos verticales según Onyeka (2009) se logra con flujos de agua lentos, ya que de este modo, se retienen las partículas que gravitacionalmente se depositan en la superficie del medio.

Un buen desempeño de filtro burdo trabaja idealmente en un rango lento de filtración, ya que esta lentitud es necesaria para retener las partículas que gravitacionalmente se depositan en la superficie del medio filtrante de acuerdo con Patil (2012). El rango de filtración expresado en m/h se define por la carga hidráulica  $m^3/h$  aplicada al filtro y dividida por el área  $m^2$  de la cama de filtración perpendicular a la dirección del flujo.

#### **f) Drenaje del sistema**

La acumulación de grandes volúmenes de sólidos en el filtro disminuye la porosidad del filtro y su eficiencia, incrementando su resistencia. La eliminación periódica de los sólidos es esencial. Se puede recurrir a la limpieza hidráulica, que es el drenaje de los sólidos acumulados que son arrasados al fondo del filtro.

La materia asentada debe ser removida incrementando las tasas de filtración, para romper los sólidos a través del filtro. La resistencia del filtro es de 20 cm por unidad generalmente. Típicamente en este tipo de tecnologías, debido a limitaciones estructurales por cuestiones prácticas de espacio, los filtros burdos verticales tienen una profundidad que no sobrepasa un metro. Sin embargo esto es suficiente para tratar agua con una turbidez de 50 a 150 NTU, en caso de que estos límites sean rebasados, una fase de pre tratamiento es recomendado.

### **g) Limpieza**

El material filtrante debe ser cuidadosamente limpiado antes de ser colocado en los filtros, debe estar libre de partículas orgánicas e inorgánicas, ya que estas pueden descomponer y alterar el efluente del filtro. Se debe procurar la fricción mecánica para retirar las impurezas del material. El centro de lavado preferiblemente debe estar localizado en el centro de la planta de tratamiento.

a) La frecuencia de las operaciones de limpieza debe ser agendada de acuerdo a las fluctuaciones temporales de la calidad del agua, cuando hay grandes cargas de turbidez es preferible que éstas sean tratadas en filtros limpios para impedir el entorpecimiento del flujo del agua.

b) La limpieza manual del filtro requiere de excavar, lavar y reinstalar el material. La limpieza manual podrá requerir de palas, coladores, carretillas y cubetas. En la temporada de lluvias la frecuencia de limpieza se contempla que sea doble, es decir, si el filtro es limpiado 2 veces por mes, durante la temporada de lluvia serán 4 veces al mes.

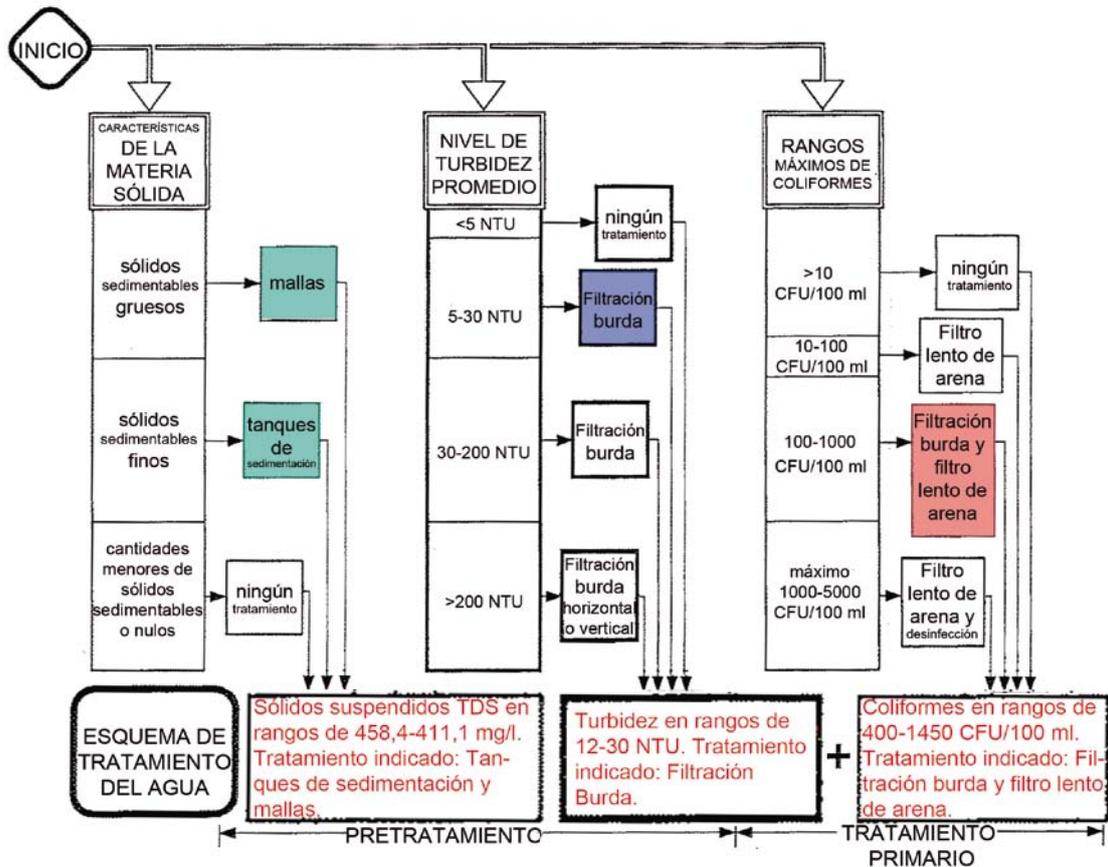
# 8. Diseño del Tratamiento preliminar y primario

## 8.1. Algoritmo de Wegelin y Diseño de la secuencia de filtración

Para determinar las etapas convenientes de filtración, según los resultados obtenidos en la Chinampa Apantle REDES, para el diseño del tratamiento se ha recurrido a usar el Algoritmo de Wegelin, contenido en el texto "Surface Water Treatment by Roughing Filters", que explora el funcionamiento de varias tecnologías aptas para el tratamiento de agua de acuerdo a los recursos ecológicos y sociales de entornos rurales.

Este algoritmo es una herramienta útil donde una vez obtenidos los resultados de los parámetros físicos y biológicos, como turbidez NTU (Unidades Neftelométricas de turbidez) y las concentraciones de bacterias de coliformes fecales CFU, como punto de referencia para ubicar los resultados en una diagrama de flujo que va determinando cual es el tipo y secuencia de tratamiento adecuado.

Tabla 13. Algoritmo de Wegelin. Fuente: Wegelin (1996).



De los resultados de la tabla podemos concluir que al haber presencia de sólidos sedimentables gruesos, sólidos sedimentables finos, una turbidez que está entre los rangos de 12-30 NTU, una primera fase de pre tratamiento es aconsejable para eliminar gradualmente los sólidos más burdos y evitar que en las etapas subsecuentes que tengan como propósito eliminar los sólidos más finos los filtros puedan presentar bloqueos.

En esta etapa de pretratamiento se recomienda el cerco de sólidos más gruesos y voluminosos por medio de mallas.

### 1. Compuerta con malla

Estas mallas son útiles para retener células de algas (rango del 40-70%), turbidez (5-20%) y protozoarios más grandes, sin embargo no tienen impacto alguno sobre las bacterias y los virus.

Una vez que se ha evitado el paso de sólidos más voluminosos, el agua libre de estos elementos, podrá ser bombeada para llevarla al tanque más alto. Para recurrir lo menos posible a fuentes de energía extras, se propone construir una estructura de PTR (*perfil tubular rectangular*) de 1.60 m. de altura para colocar los tres tanques escalonadamente y aprovechar el efecto de la gravedad. El primer tanque de arriba hacia abajo es el de sedimentación, por donde se empieza la primera fase del tratamiento primario de filtración, para contener las partículas un poco menores en tamaño, pero lo suficientemente grandes para asentarse:

### 2. Tanques de sedimentación:

Estos métodos son adecuados como un tratamiento previo para reducir altas concentraciones de sólidos sedimentables. La sedimentación separa los sólidos que se asientan por gravedad. La velocidad de asentamiento es influenciada por la densidad, tamaño y forma de las partículas, así como la viscosidad y las condiciones hidráulicas del agua. Cuencas tranquilas y tanques de sedimentación son eficientes en remover sólidos relativamente pesados. La materia inorgánica mayor a 20 micras (0.02 mm) puede ser removida por sedimentación sin el uso de ningún químico (Wegelin, 1996).

El promedio correspondiente a la turbidez, que es la presencia de partículas y sólidos suspendidos en el agua que impide su claridad, se relaciona con los Sólidos disueltos totales (TDS). Para los rangos actuales del agua en la chinampa de 12-30 NTU, según el algoritmo de Wegelin un proceso de filtración burda es recomendable.

### 3. Biofiltro

Se eligió un filtro de flujo vertical para aprovechar la fuerza de gravedad como medio para que el agua circule por el medio de filtración y prescindir de la necesidad de energía extra, siendo la gravedad la forma conveniente de mover el agua. De acuerdo con el modelo de Wegelin, esta técnica hace fluir el agua través de tres compartimientos llenos con material grueso (materiales con fracciones de 12 a 18mm), medio (8-12mm) y fino (4-8mm) sucesivamente. La parte superior debe estar cubierta por una capa de piedras gruesas para darle sombra al agua y prevenir el crecimiento de algas, así como facilita la distribución uniforme del agua a lo ancho del tanque.

De igual manera debe haber tubería o compartimientos de entrada y de salida para llevar el agua de una unidad a otra.

Finalmente respecto a la eliminación de los niveles de coliformes fecales 400-1500/100 mg la tabla establece una secuencia de filtración burda seguida de un tratamiento final de Filtración Lenta de Arena. Este último tratamiento no será aplicado debido a la demanda de agua requerida diaria de  $0.5 \text{ m}^3 = 500$  litros, ya que la Filtración Lenta de Arena tiene rangos de velocidad muy lentos: 0.1 -0.4 m/h (Bernardo, 2006), además que el agua de la chinampa contará con una última fase de tratamiento secundario con otra tecnología sustentable: los humedales artificiales<sup>43</sup>, que terminará por ajustar los parámetros físico químicos del agua para regular su conductividad, pH, niveles de fósforo, nitrógeno y oxígeno disuelto en el agua. Esta última fase es un proyecto paralelo y complementario a esta investigación, que no está dentro de los alcances de esta.

De tal manera que el sistema de filtración, como se ilustra en la Figura 24., queda compuesta por la compuerta con malla (1), tanque de sedimentación (2) y tanque de biofiltración (3).

El primer paso, las mallas (1) estarán sujetas a una estructura que servirá como compuerta para evitar el paso de los sólidos, y serán colocadas en puntos estratégicos dentro de la red de canales que conducen a la Chinampa Apantle REDES.

El siguiente aspecto fundamental de resolver fue la exploración de tecnología que hará posible la traslación del flujo del agua a través del sistema de filtración, ya que debido los requisitos para la innovación tecnológica establecen que cualquier solución, debido a la infraestructura y recursos de las chinampas, debe prescindir de entradas al sistema que pudieran alterar las dinámicas de la misma. Por lo tanto la posibilidad de usar bombas de agua que recurran a la quema de combustibles fósiles o a la electricidad quedan descartados. Finalmente se recurrió a las bici-máquinas como una opción adecuada, ya que una bomba de agua funciona con la tracción generada por la llanta trasera de una bicicleta es capaz de trasladar el agua de un lugar a otro por medio de la conducción de una tubería.

Por último la construcción de una estructura fue necesaria para hacer pasar el agua que ha subido por la bicibomba de agua a través de los dos tanques de tratamiento: sedimentación (2) y biofiltración (3).

---

<sup>43</sup> Humedales artificiales: es la reproducción de superficies inundadas que contienen flora y fauna que tienen como propósito imitar los mecanismos de restauración y balance de nutrientes para la rehabilitación de los cuerpos de agua, que sucede normalmente en los humedales naturales (Cisneros & Zambrano, 2007).

“Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco”

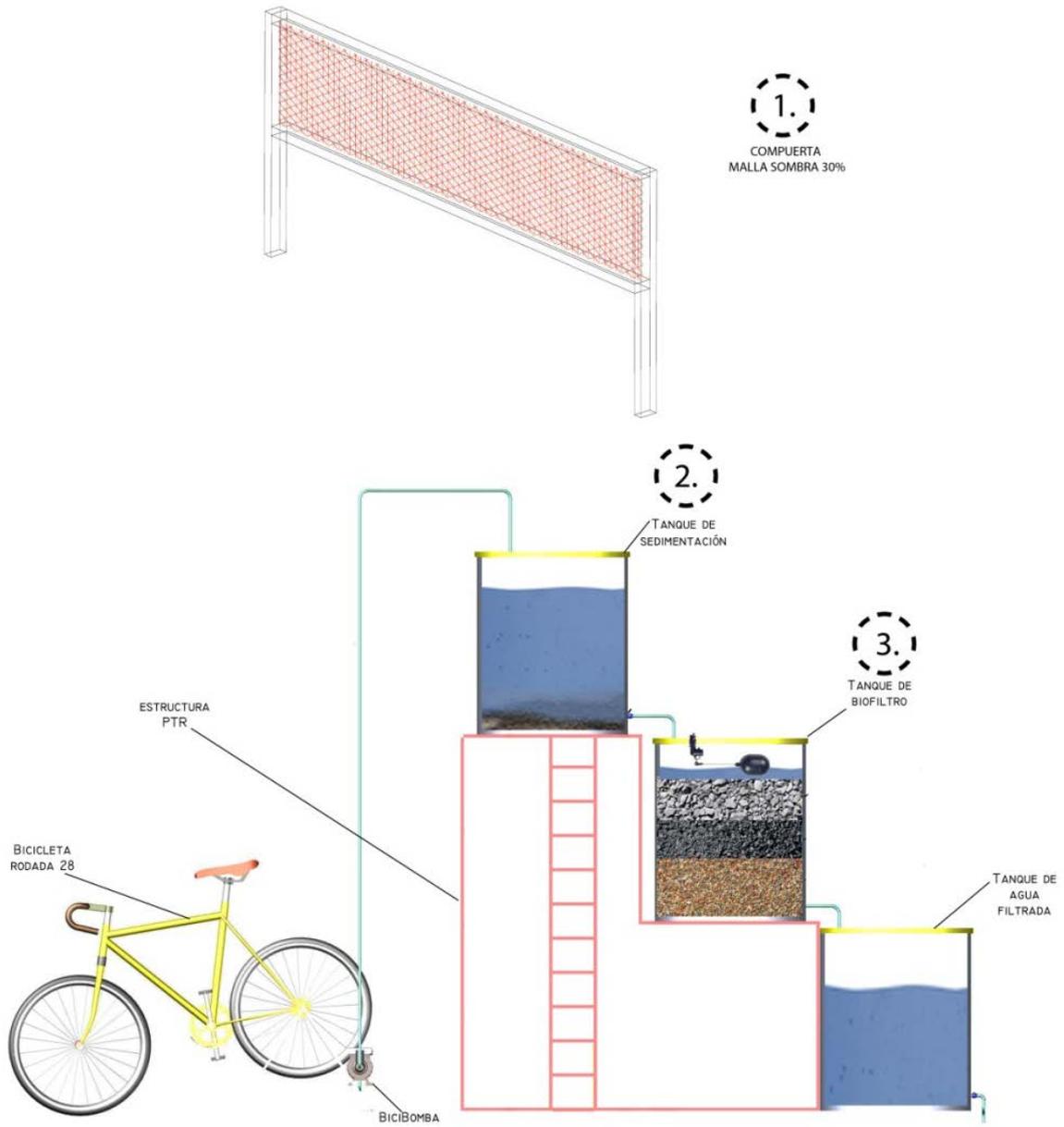


Figura 25. Secuencia de Tratamiento de Agua Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

## 8.2. Tratamiento preliminar. Diseño de compuerta

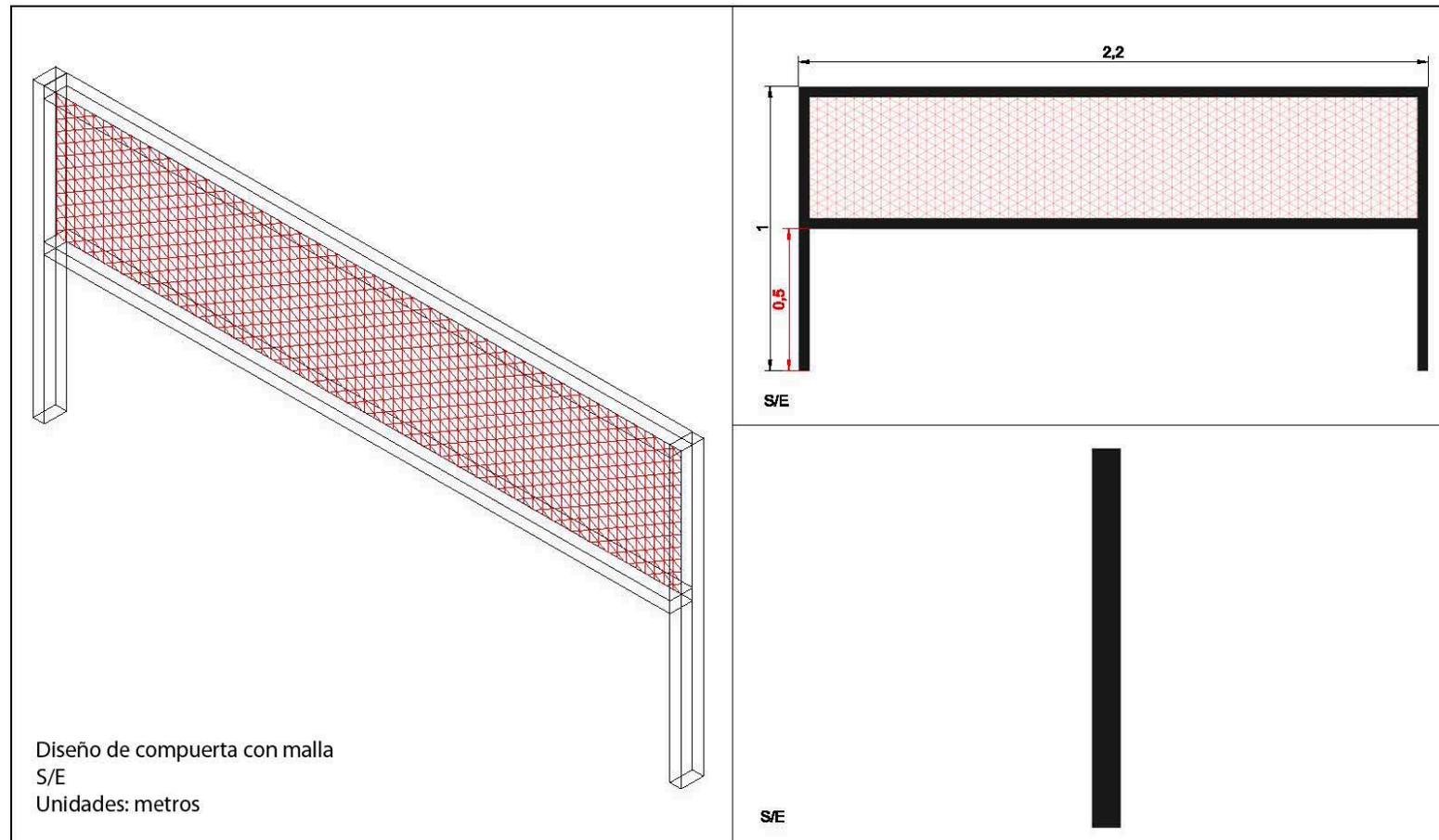


Figura 26. Ilustración del diseño de Compuerta para el Tratamiento Preliminar. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con el Algoritmo de Wegelin, una primera fase de pretratamiento es necesaria para tratar el agua de la Chinampa Apantle REDES, por medio del uso de mallas que servirán a manera de barreras físicas a los sólidos más grandes presentes en el agua de los canales de Xochimilco. A manera de tamices se usará malla sombra al 30% que son redes tejidas de hilos de polietileno de alta densidad, con aperturas con un diámetro de 1.81 mm. Simultáneamente un beneficio adicional es el impedimento al agroecosistema de especies consideradas plagas como la carpa y la tilapia, las cuales son perjudiciales para las dinámicas del agroecosistema original de las chinampas.

### 8.3.

## Tratamiento primario. Modelo esquemático del funcionamiento de tanques de Sedimentación y Biofiltro.

El tanque de sedimentación es una tecnología sencilla que consiste solamente en hacer llegar el agua a un tanque donde el agua se mantendrá en reposo 24 hrs, con el fin de que las partículas más pesadas se depositen al fondo del tanque. Una vez transcurrido un día se abre la llave de paso y se libera el agua hacia el siguiente tanque de Biofiltración. Mientras que los depósitos residuales en el tanque serán removidos al menos una vez a la semana.

Inmediatamente después el agua fluirá hacia el tanque de Biofiltración, administrada por un sistema de válvula y flotador. Los filtros burdos compuestos de medios granulares, Biofiltros, son una opción de tecnología para tratamiento de agua residual que no requieren energía para su funcionamiento, no necesitan entrada de insumos químicos, requiere de materiales que son duraderos e inocuos, y los medios filtrantes son elementos que, si bien no es posible encontrarlos disponibles en el sitio, son elementos naturales como minerales y arcillas. La tecnología requiere de un contenedor de agua, la disposición estratificada por tamaño del mayor al menor medio filtrante, un kit de válvula y flotador que administra el paso paulatino del agua, tubería y llaves de paso.

Tabla 13. Diseño del tratamiento de Biofiltro		
Composición	Unidades	Cantidad
Número de unidades de filtración	secciones	3
Velocidad de filtración	Vf	0.4 m/h (Wegelin, 1996)
Diámetro de la cama de filtración	A	62.5 cm
Altura de la cama de filtración	H	1 m
Área de filtración por unidad	A	6.25 m <sup>2</sup>
Material filtrante	Diámetro de partículas	Profundidad
1° piedra	12-18 mm	20 cm
2° grava	8-12 mm	20 cm
3° arena	4-8 mm	20 cm

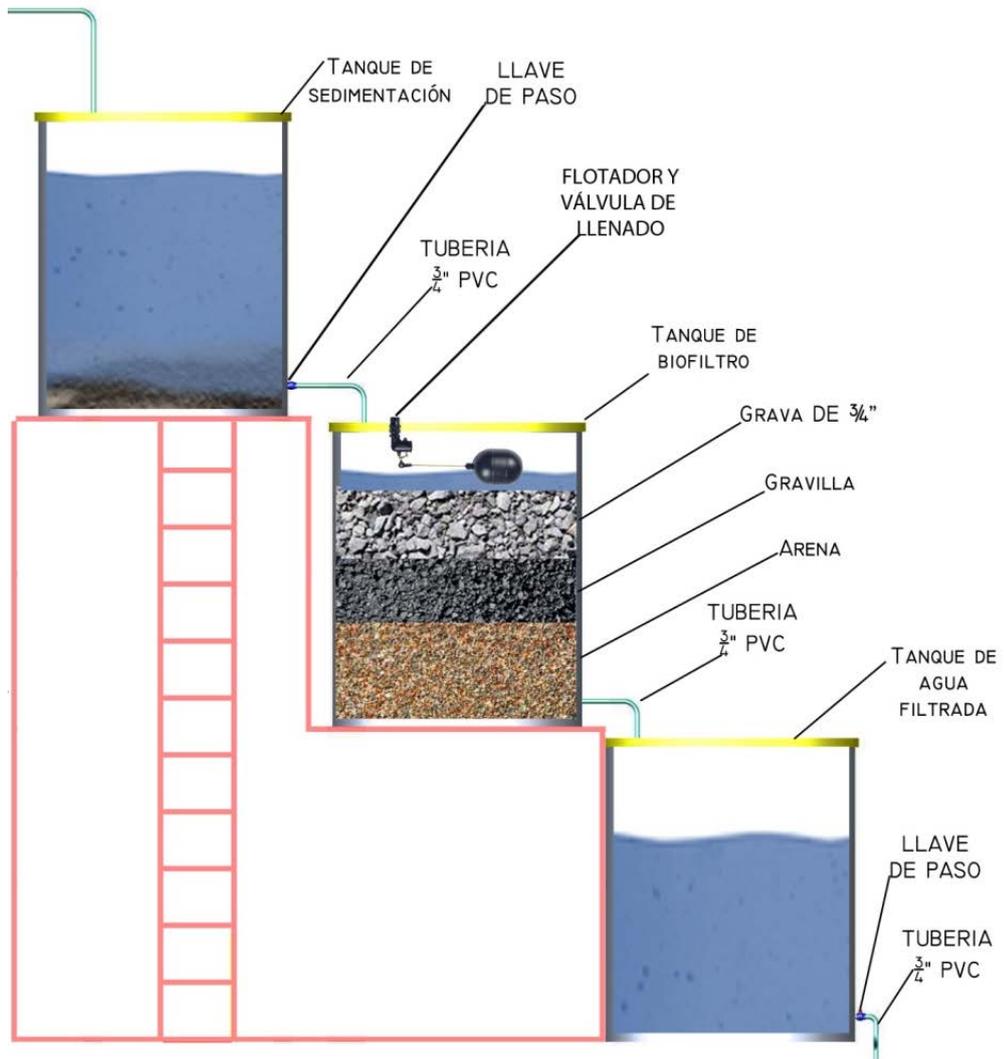


Figura 27. Ilustración de la secuencia de filtración del Tratamiento Primario. Fuente: elaboración propia.

## 8.4.

### Tecnología de Bicimáquina para bombear agua

El proceso de bombear el agua no solo permite llevar el agua desde su fuente de localización hasta la fuente de filtración, es un proceso útil que incorpora oxígeno en el momento en que el agua tiene contacto con el aire, mejorando el control del olor y el color, así como es útil para la remoción de CO<sup>2</sup> (Wagner & Lanoix, 1959). La bicimáquina es una máquina de acero, que usa como sistema de tracción, transmisión o impulso de energía los mecanismos, partes y principios de la bicicleta, por su eficiencia, se le ha adaptado algún tipo de herramienta que funcionará pedaleando y multiplicará su trabajo específico. Esta maquinaria funciona utilizando la energía de nuestro cuerpo (energía metabólica y de carácter renovable) impulsándola y transmitiéndola a través de las piernas las cuales son el mejor canal de proyección de fuerza de nuestro cuerpo, accionando los diferentes mecanismos de la bicimáquina para realizar otras labores (Bicimáquinas GDJ, 2015).

#### Especificaciones de Bicimáquina Bomba de Agua.

La bici bomba móvil es una herramienta para el bombeo de agua, que al ser instalada a una bicicleta, funciona por medio de la tracción de la llanta trasera accionada por el pedaleo. Para utilizarse, sólo se requiere una bicicleta y el espacio para poder pedalear cómodamente. La bici bomba móvil puede subir agua desde un almacén subterráneo establecido (aljibe, alberca u otros), cuerpos de agua naturales (ojos de agua, lagos, ríos) o artificiales (represas, jagüeyes, canales) hacia algún punto elevado (tambos, tinaco, depósito de ferrocemento) para disponer de ella.

Tabla 14. Especificaciones Bici Máquina para bombear agua	
Profundidad de bombeo	3 m.
Elevación	hasta 6 m.
Capacidad/tiempo	25 l/min.
Rodado óptimo	28
Conector para eje trasero	Útil únicamente para bicicletas con eje trasero en terminación de tornillo, más no con palanca de bloqueo
Entrada de Agua	Diámetro de 3/4" (requiere tubería de dicha medida).
Salida de Agua	Diámetro de 1", con reducción a 3/4" para facilitar la elevación de la columna de agua

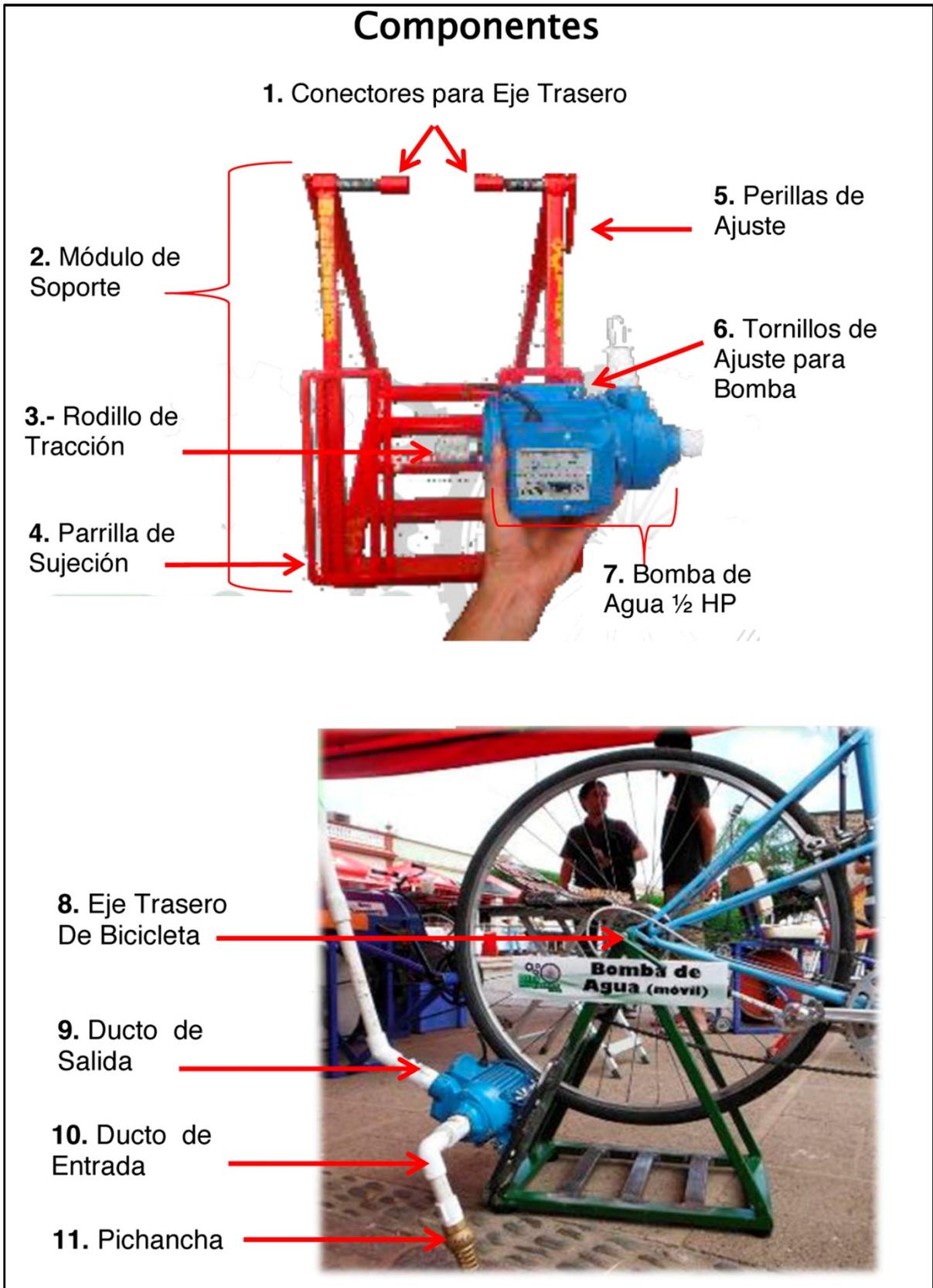


Figura 28. Ilustración del Manual de Usuario de bicibomba para agua. Fuente: elaboración propia.

## **9. Evaluar sistemas humanos sustentables. Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad. MESMIS**

### **9.1. Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad. Metodología.**

Respecto al dilema de cómo evaluar y medir la sustentabilidad de un sistema, con toda la complejidad que ello implica, se recurre a metodologías que permitan vincular la teoría de los ideales de los marcos conceptuales con herramientas prácticas que sistematicen las acciones específicas que ocurren dentro de los sistemas.

Si bien, como se ha argumentado anteriormente, el concepto de sustentabilidad aplicado a la relación del ser humano con su medio ecológico está sujeto a la interpretación social, la diversidad de intereses, valores, perspectivas y escalas involucradas en el discurso de la sustentabilidad, sobre lo que es *deseable perpetuar*, imposibilitan una definición universal de la misma, de acuerdo a Masera, et.al (1999), este concepto estará supeditado a la diversidad sociocultural y ambiental a la que se circunscriba. Es decir, según Saradón, et. al (2004) no existen un conjunto de indicadores válidos universalmente que pueden ser considerados parámetros certeros, estos valores se validan de acuerdo a una serie de objetivos en consideración a las características locales.

La sustentabilidad es un concepto dinámico que se define en la medida que los miembros de un sistema consideren como estado de bienestar, por medio de la satisfacción de las necesidades humanas en estrecha relación con sus recursos ambientales. De tal manera que el desempeño de la vida misma pueda ser dirigido hacia perspectivas de largo plazo que conciben y planean las dinámicas que ocurren en los sistemas, en donde *“los fines son tan importantes como los medios para llegar a ellos”* (Masera, Astier, & Ridaura, Sustainability and natural resource management, 1999). La interpretación de las necesidades, así como los medios idóneos para alcanzar las metas de complementariedad y reproducción a través del tiempo, cambiarán de acuerdo a la comunidad a la que nos concretemos.

Para hacer operativo el concepto es necesario reflexionar socialmente cuáles son las metas a largo plazo a las que se desea llegar, establecer los valores humanos que indican hacia esa dirección y actuar congruentemente, incorporando la variedad de preferencias, prioridades y percepciones implícitas en los objetivos de un sistema sustentable.

La evaluación de un sistema sustentable, como lo pretende ser la agroecología, debe medir el desempeño del agroecosistema en su capacidad de responder a las fluctuaciones normales del ambiente, de acuerdo a su habilidad de soportar fuerzas perturbadoras y seguir siendo productivos, resistentes, adaptables y funcionales para seguir siendo funcional de

acuerdo a Masera, et.al (1999).Esta idea, tiene relación con la concepción de lo que es un sistema de agricultura sustentable: *“una agricultura sustentable es la cosecha de cultivos constante a través del tiempo, por medio del uso apropiado de tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia biológica del sistema”* (Altieri M. A., Agroecology: the science of sustainable agriculture, 1995).Un objetivo tal en la realidad tendría que asegurar la justa y equitativa distribución de los recursos entre todos los miembros de un agro ecosistema, recuperar prácticas tradicionales de cultivo a favor de las comunidades y culturas, desarrollar tecnologías de manejo de sistemas que se ajusten a la diversidad ecológica, social y económica de las condiciones prevalecientes.

De tal manera que los indicadores que definirán la sustentabilidad de un agroecosistema son específicos al contexto y varían de acuerdo a las características de las condiciones prevalecientes, señala Altieri (2002), es decir surgen de una definición propia de sustentabilidad y pueden incluir consideraciones de viabilidad económica, protección ecológica, seguridad social y aceptabilidad cultural según Cedillo (2009). Por lo tanto, la sustentabilidad se concibe de manera dinámica, multidimensional y específica a un determinado contexto socio - ambiental y espacio-temporal.

*Un sistema es considerado sustentable tanto como produce, en un estado de equilibrio estable, una combinación específica de bienes y servicios, que satisfacen un conjunto de metas (productivo), sin degradar sus recursos base (estable); su nivel de sustentabilidad dependerá de sus capacidad de enfrentar (confiable) y recuperarse rápidamente de perturbaciones (resiliente); y encontrar nuevos estados alternativos de equilibrio estable (adaptable); sin comprometer su productividad y reproducibilidad. Toda actividad basada en la organización de los involucrados (autogestivo); evitando al máximo la dependencia del exterior en búsqueda de los mayores beneficios para todos con el fin de lograr equidad en sus relaciones internas y externas (equitativo)”* (Cedillo, 2009, pág. 22).

Los sistemas sustentables son aquellos que permanecen, manteniendo sus funciones, en un estado de constante transformación cambiando. Los protocolos para medir la sustentabilidad surgen en relación a sus estrategias para alcanzar sus metas de una lista potencial de indicadores apropiados para la situación particular a ser evaluada asignadas a las relaciones entre los componentes del sistema, para analizar las fuerzas de interdependencia y los conflictos que pudieran amenazar la sustentabilidad del sistema según Masera, et.al (1999).Estos atributos generales son de validación específica de acuerdo al sistema lugar, contexto y escala en el tiempo-espacio.

Para que un sistema humano perdure se identifican siete atributos:

- 1) Productividad: funcionamiento del sistema por sí mismo, su eficiencia y eficacia para ejecutar sus tareas o su capacidad para proveer la cantidad requerida de bienes y servicios según Masera, et.al (1999) y Cedillo (2009), por ejemplo sopesa la producción respecto a los retornos promedio, rentabilidad, diversidad, calidad y disponibilidad de los recursos de acuerdo con Astier, et.al (2008).
- 2) Equidad: se refiere a la distribución de costos y beneficios del proceso productivo y la eficiencia económica apuntan Astier, et.al (2008), pero también puede considerar la equidad social o intrageneracional e integridad ecológica, la justa distribución de recursos entre los involucrados de acuerdo con Cedillo (2009).
- 3) Estabilidad: reconoce las propiedades dinámicas del sistema e identificar los límites de sus estados sustentables y no sustentables, es decir, la conservación de los recursos base, su protección y reproducibilidad, su vulnerabilidad biológica y

económica apuntan Astier, et.al (2008) y Cedillo (2009). Los beneficios del sistema permanecen en un nivel constate a través del tiempo en condiciones normales continúan Masera, et.al (1999).

- 4) Resiliencia: Desempeño del sistema cuando experimenta cambios internos o externos en cuanto a su velocidad para recuperarse , después de estados de crisis o tensión según Cedillo (2009) o su capacidad de sostener su potencial productivo ante un disturbio severo de acuerdo con Masera, et.al (1999).
- 5) Confiabilidad: capacidad del sistema para mantener un estado de equilibrio con un rango de estabilidad para los cambios. Sus criterios de diagnóstico son: calidad, conservación y protección de los recursos naturales y vulnerabilidad económica menciona Cedillo (2009).
- 6) Adaptabilidad: Cedillo (2009) nombra la capacidad del sistema para adaptar su funcionamiento aun nuevo conjunto de condiciones, entiéndase como disposición para la asimilación a los cambios, algunos niveles de evaluación son la diversidad biológica y económica del sistema. Esto incluye la capacidad de encontrar nuevos niveles o estrategias para la producción, esto es desde modificar procesos de producción hasta la adopción de actividades y tecnologías que modifiquen los procesos de organización social, apuntan Masera, et.al (1999).
- 7) Autogestión: capacidad del sistema para generar y aplicar sus propias decisiones dirigidas a la resolución de conflictos en pro del mantenimiento de la sustentabilidad, a favor de reducir la dependencia a recursos externos de acuerdo con Cedillo (2009). El Marco de Evaluación de sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad se dirige a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios apuntan Masera, et.al (1999). Parten justo de que la sustentabilidad en sistemas humanos se define a partir de los siete atributos de acuerdo a la evaluación de sistemas específicos con un lugar geográficamente determinado dentro de un contexto social y político definidos, que podrán ser evaluados de forma interdisciplinaria gracias a la intervención de un equipo de pericia diversa señalan Astier, et.al (2008).

Masera, et.al (1999) mencionan que el manejo sustentable de sistemas se estima a través de la comparación respecto a una o más alternativas, o el mismo sistema respecto a si mismo, observando cambios en sus propiedades de un sistema a través de un periodo de tiempo determinado. La evaluación MESMIS considera estos atributos la base de donde se desprenden los indicadores que sirven como base comparativa entre dos o más sistemas, es decir la evaluación de la sustentabilidad es relativa a partir de la comparación de sistemas respecto a umbrales bien establecidos apuntan Astier, et.al (2000).

Las relaciones causa-efecto del sistema son analizadas, evaluando los ciclos de los recursos involucrados y obteniendo los índices de productividad, todo esto a partir de variables cuantitativas y cualitativas que contemplen el entorno económico, social y ambiental, menciona Cedillo (2009). Es decir, busca un entendimiento integral de las oportunidades y límites para la sustentabilidad del sistema forjado pro los procesos y las condiciones concretas.

Una característica importante de MESMIS es que ofrece una estructura para desglosar los atributos de un sistema y comprenderlos de manera comparativa, a partir de este análisis se puede identificar los aspectos clave, problemáticos o benéficos y entonces proponer estrategias para su manejo. La sustentabilidad de un sistema depende de las propiedades internas del sistema respecto a la incidencia de fuerzas externas, es necesario por lo tanto considerar ambas: las propiedades intrínsecas y las propiedades estructurales e interactivas.

La sustentabilidad articula una visión alternativa para el manejo de recursos naturales y el funcionamiento de los sistemas que deben coordinar estrategias sistémicas, interdisciplinarias y participativas. Al mismo tiempo, se contempla que la evaluación de la sustentabilidad debe ser un proceso cíclico iterativo y continuo para fomentar *“un proceso continuo de fortalecimiento de la sustentabilidad”* (Masera, Astier, Ridaura, & Miyoshi, 2008), como la forma de ser un proceso que identifica un problema y formula una acción a partir de una visión completa de la relación de fuerzas dentro del sistema, por medio de la construcción de una serie de indicadores que determinan los atributos de sustentabilidad para poder entender las dimensiones y fuerzas de los elementos y poder hacer a los sistemas resistentes ante un medio permanentemente cambiante de acuerdo con Masera, et. Al (2008).

La metodología propuesta en el libro *“Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos”* (2008), la metodología se describe en los siguientes pasos:

**1. Definir sistemas de evaluación**

- a) Identificar los sistemas de manejo en relación a su contexto.
- b) Establecer los sistemas a comparar, ya sean sistemas que incorporen innovaciones sociales o tecnológicas. Hacer una tabla con los elementos principales de las características de los agroecosistemas de acuerdo a sus componentes, entradas, salidas, actividades productivas, y las características sociales y económicas de la organización. Es decir caracterizar el sistema de referencia y el sistema alternativo según Masera, et. al (1999) y Masera et.al (2008).

**2. Identificar los puntos críticos del sistema.**

Identificar las características o los procesos principales que limitan o permiten la productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, adaptabilidad y autogestión del sistema. De tal manera que podemos reconocer qué hace vulnerable al sistema y medir el efecto de cada indicador de acuerdo con Masera, et. al (1999). Concretar los puntos críticos nos da idea de cuáles son las dimensiones que están dentro del alcance posible para controlar según Masera et.al (2008).

**3. Seleccionar criterios de diagnóstico e indicadores**

Definir lo que significan los criterios y los indicadores, conforme al siguiente análisis:

- a) El criterio de diagnóstico se elabora a partir de los atributos generales de sustentabilidad y son más detallados que los atributos pero menos que los indicadores y el análisis a partir del cual surge el ambiental, económico y social en relación a los atributos generales.
- b) Los indicadores son específicos de acuerdo a los procesos que ocurren bajo las condiciones operativas del contexto. Dependen de las características del problema estudiado, los alcances del proyecto y el tipo de acceso y disponibilidad a la información. Algunos indicadores comunes son los económicos: costo/beneficio, los de retorno interno de la inversión, empleo, acceso a la seguridad, nivel de seguridad para no contraer deudas, diversificación de actividades productivas, evolución de los precios de las entradas críticas y productos principales. En cuanto al sistema ambiental: productividad, eficiencia energética, evolución de las cosechas, índices de diversidad biológica, grado de dependencia a entradas externas, indicadores de la calidad del suelo y el agua, contaminación o degradación de los recursos naturales, etc. Otros indicadores sociales: sistema de beneficiarios, mecanismos de resolución de conflictos, índices de calidad de vida, generación de conocimiento y sesiones de entrenamiento, control de indicadores, participación y organización.

#### **4. Definir lo que significan los criterios y los indicadores.**

Para hacer operativos el concepto de sustentabilidad se requieren de elementos de medición adecuados para monitorear la evolución de los sistemas mencionan Masera et.al (2008). Estos deben ser específicos a los procesos a los que están sujetos, de ahí en adelante, se empieza a especificar y hacer relativos los indicadores de acuerdo a las características del sistema. *“Los indicadores deben conformar un conjunto sólido que proporcione información sobre los atributos de sustentabilidad y los procesos relevantes que tienen lugar en el sistema de manejo a evaluar”* (Astier & González, 2008).

a) El criterio de diagnóstico se elabora a partir de los atributos generales de sustentabilidad y son más detallados que los atributos pero menos detallados que los indicadores y el análisis a partir del cual surge es al ambiental, económico y social en relación a los atributos generales.

b) Definición de indicadores.

Son específicos de acuerdo a los procesos que ocurren bajo las condiciones operativas del contexto. Dependen de: las características del problema estudiado, los alcances del proyecto y el tipo de acceso y disponibilidad a la información. Algunos indicadores comunes son los económicos: costo/beneficio, los de retorno interno de la inversión, empleo, acceso a la seguridad, nivel de seguridad para no contraer deudas, diversificación de actividades productivas, evolución de los precios de las entradas críticas y productos principales. En cuanto al sistema ambiental: productividad, eficiencia energética, evolución de las cosechas, índices de diversidad biológica, grado de dependencia a entradas externas, indicadores de la calidad del suelo y el agua, contaminación o degradación de los recursos naturales, etc. Otros indicadores sociales: sistema de beneficiarios, mecanismos de resolución de conflictos, índices de calidad de vida, generación de conocimiento y sesiones de entrenamiento, control de indicadores, participación y organización.

#### **5. Medir y monitorear los indicadores.**

La sustentabilidad refleja el comportamiento de un sistema a través del tiempo, por lo tanto es importante llevar un control de los procedimientos de obtención de información que permitan el monitoreo de los procesos. Algunos métodos para la obtención de los datos cuantitativos es el acceso a literatura disponible, métodos de muestreo en campo, artefactos de monitoreo, simulación de modelos. En el caso de los cualitativos entrevistas, literatura y encuestas de acuerdo con Astier & González (2008) y Astier, et. al (2000).

#### **6. Integrar los resultados.**

Los resultados obtenidos monitoreando los indicadores serán sintetizados e integrados, por medio de elecciones que involucren una serie de consecuencias que impactan al sistema. La fase de diferenciación se concentra en reunir datos para cada indicador, seguida de una fase de síntesis precipita un valor para que la suma de todos refleje en comparación cuan sustentable es respecto al otro sistema.

a) Condensar resultados en una tabla usando las unidades originales de medición.

b) Determinar umbrales y valores base para cada indicador, los cuales se encuentran comúnmente en la literatura del tema.

c) Construir índices para indicadores cualitativos y cuantitativos. La creación de índices facilita la comparación de indicadores con unidades diferentes. Los índices pueden ser acordados a los umbrales de sustentabilidad o los valores base para cada indicador.

d) Presentación de técnicas diversas de medición que conforman el análisis de técnicas multi criterio.

a) Examinar las conexiones entre los indicadores.

#### **7. Conclusiones de la evaluación**

Para finalizar se aconseja sintetizar una estimación de cómo los sistemas de referencia y alternativos fueron comparados en términos de una sustentabilidad relativa, se debe incluir una discusión acerca los principales elementos que permiten o inhiben a los sistemas mejorar en sus sustentabilidad comparados con el sistema de referencia como apuntan Masera, et.al (1999).

## 9.2. MESMIS. Comparación entre los Sistemas de Biofiltración y Filtración Rápida de Arena. Desarrollo de metodología

El propósito de seleccionar la evaluación comparativa MESMIS es analizar los sistemas de filtración de acuerdo a sus objetivos y características, en relación al contexto específico de la Chinampa Apantle REDES, con el fin de identificar las debilidades y fortalezas de cada sistema y seleccionar el más adecuado. Para tales propósitos será imprescindible identificar las pautas que permitirán evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas propuestos. De acuerdo con la metodología se llevaron a cabo las siguiente etapas:

1. Definición de los sistemas de evaluación
  - a) Se definieron los elementos y dinámicas que intervienen en el sistema en la siguiente tabla de acuerdo a las condiciones biofísicas, tecnológicas y socioculturales existentes en la Chinampa Apantle REDES que puedan relacionarse directamente con el sistema de filtración.
  - b) La selección de las tecnologías de filtración que se van a comparar con la metodología MESMIS, se basaron en los criterios mencionados en el capítulo 6. Requisitos para la Innovación Tecnológica para el tratamiento del agua en la Chinampa Apantle REDES. Por medio de los siguientes diagramas se caracterizan las posibles dinámicas entre los dos diferentes sistemas de filtración, con los elementos internos y externos que confluyen en la Chinampa Apantle REDES, con el fin de observar las posibles relaciones entre el sistema y el medio donde se pretenden insertar.

<b>Tabla 15. Condiciones Biofísicas, Tecnológicas y Socio culturales del agroecosistema chinampero que se relacionan con el sistema de filtración</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Condicionantes</b>
Biofísicas	Factores bióticos del aguas
	Factores abióticos del aguas
	Temporadas de lluvias y secas
	Distribución y morfología de los canales
Tecnológicas	Organización espacial y cronológica . Agenda de cultivos
	Prácticas de producción de chapines, riego de cultivos y producción de abono
	Manejo de control de pestes: barbecho, fertilizante natural
Socio culturales	Nivel socioeconómico
	Capacidad de comprensión de tecnologías y herramientas
	Objetivo de la producción: Autoconsumo y comercio
	Escala de la producción: Tamaño de la unidad de producción
	Disponibilidad de recursos en la localidad
	Número de participantes en la producción: dos personas
Tipo de organización: ONG	

“Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco”

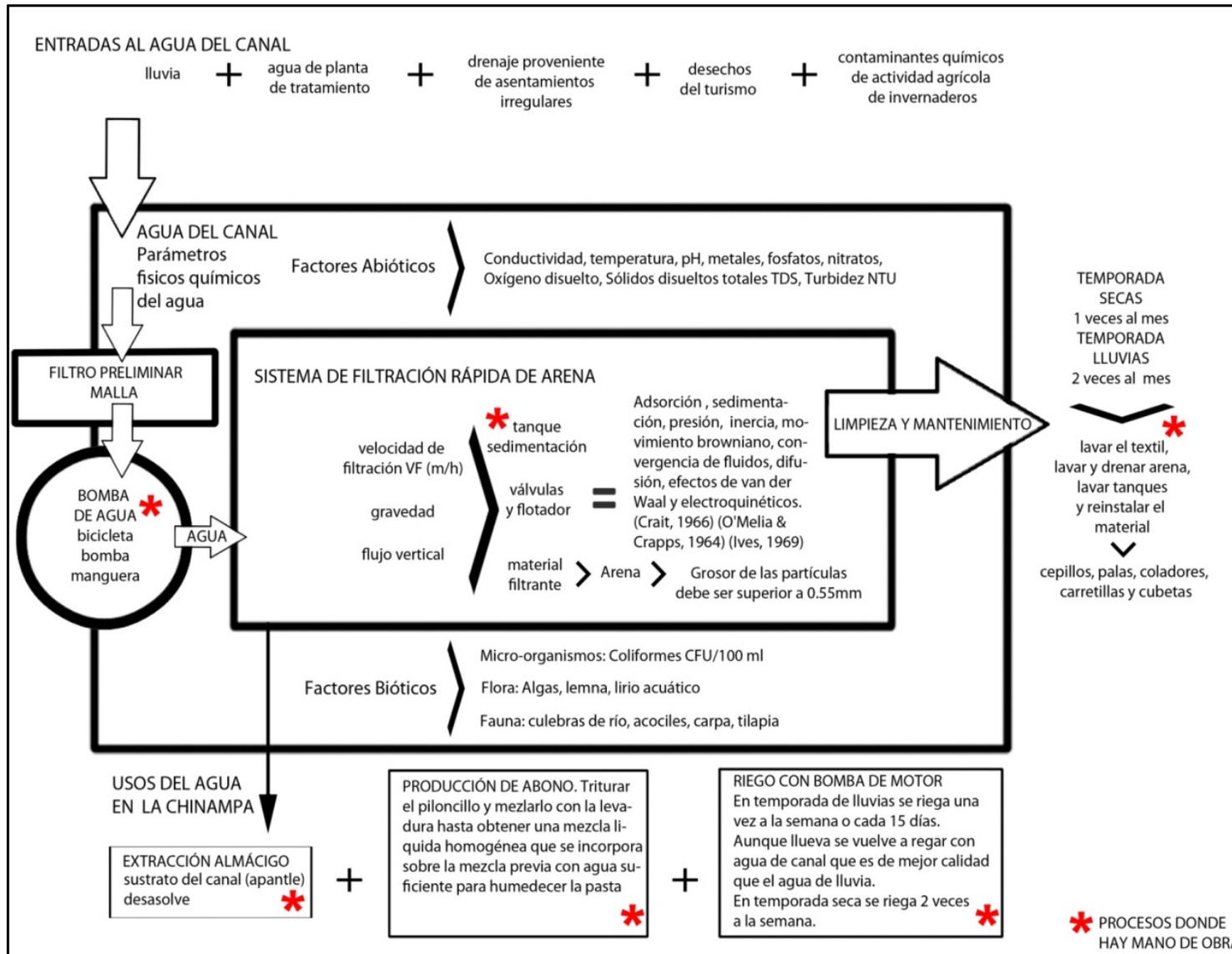


Diagrama 29. Caracterización del Sistema de Filtración Rápida de Arena. Fuente: elaboración propia.

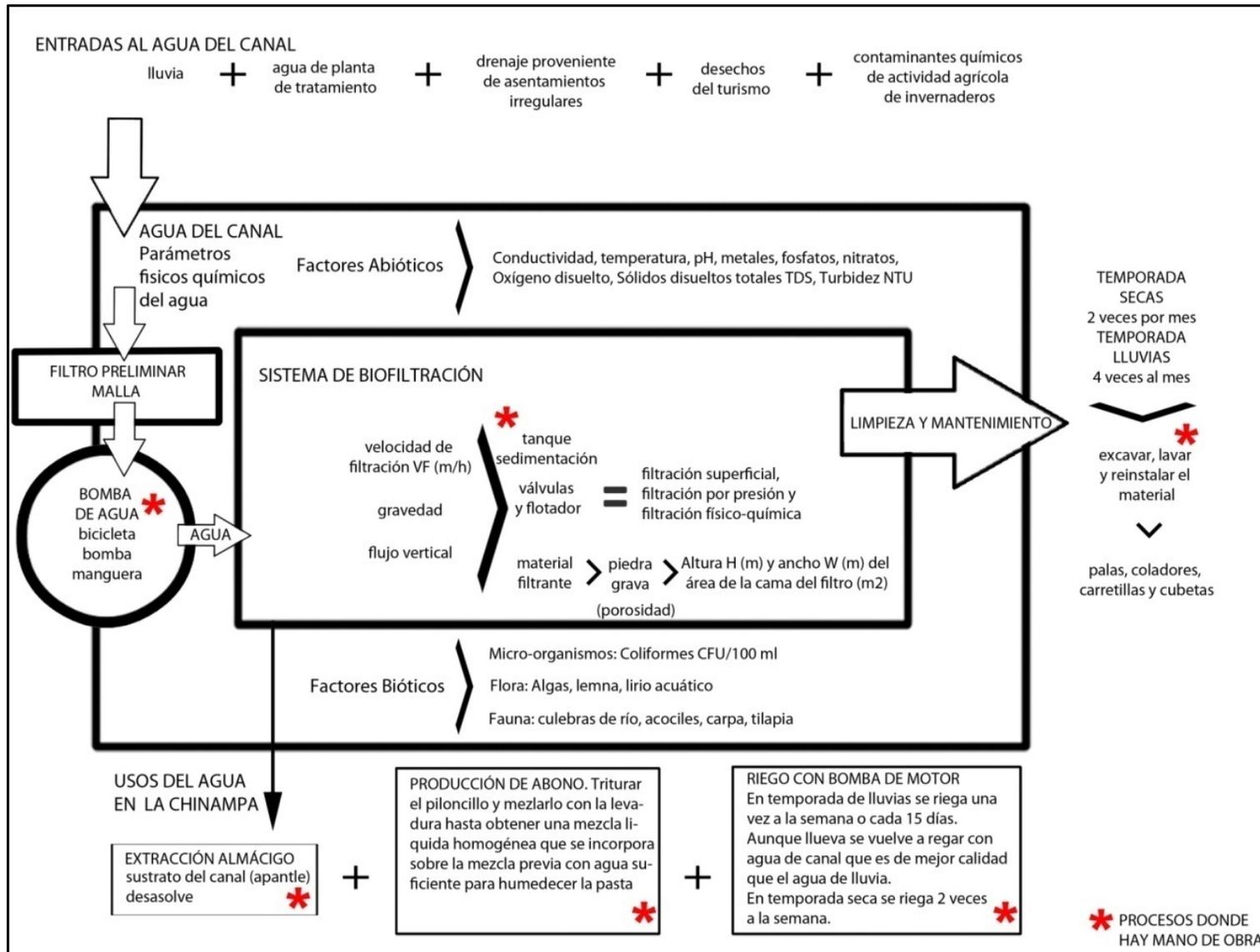


Diagrama 30. Caracterización de Sistema de Biofiltración. Fuente: elaboración propia.

## 2. Identificar los puntos críticos del sistema.

A partir de los diagramas de caracterización de los filtros se pudieron reconocer los procesos que definen las fortalezas y debilidades que auxilian o limitan, respectivamente la productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, adaptabilidad y autogestión del sistema, y consecutivamente, saber lo que hace vulnerable o consistente a cada sistema.

Los criterios de evaluación que se relacionaron con las dinámicas agroecológicas que tienen lugar en la Chinampa Apantle REDES en relación con las especificaciones del filtro fueron manufactura tiempo/costo, disponibilidad de los materiales y la tecnología, eficiencia en la remoción de contaminantes, impacto y aceptabilidad cultural.

## 3. Selección de los criterios de diagnóstico e indicadores

En esta parte de la evaluación el objetivo es definir qué características del sistema que encarnan los criterios y los indicadores.

<b>Tabla 16. Fortalezas y Debilidades de los Sistemas de Filtración</b>			
Debilidades	Criterio para evaluar debilidades	Fortalezas	Criterio para evaluar fortalezas
Bajo rendimiento y rentabilidad de los sistemas productivos	1. Eficiencia de rangos de filtración, disminución de la velocidad*** 2. Costo-inversión, amenazas y riesgos de fallo de los sistemas**	Conservación del agua, conservación de los recursos	1. Eficiencia del mejoramiento de los parámetros, de acuerdo a las fuentes ***
Degradación de los recursos locales	1. Ineficiencia de la calidad de filtración, capacidad de filtración de volúmenes de agua***	Reducción de insumos externos	1. Nivel de autonomía para asegurar agua de calidad suficiente para el riego**
Alta vulnerabilidad medioambiental	1. Mantenimiento** 2. Disposición de los efluentes secundarios del filtro, comparar mecanismos de remoción materiales y manufactura***	2. Mejoramiento y fortalecimiento de los procesos agroecológicos	1. Evaluación completa de ambos sistemas de filtración y determinar de acuerdo a los procesos agroecológicos ventajas y desventajas de cada sistema
Pérdida de diversidad biológica agrícola y cultural	1. Intromisión de los sistemas de filtración en el paisaje chinampero***	Capacidades técnicas y de gestión en las comunidades	1. Facilidad de mantenimiento y reparación de cada sistema de filtración*
Falta de mano de obra	1. Mantenimiento secuencia** 2. Secuencia de operación funcional y práctico*	Mejora las labores	1. Eficiencia filtración/tiempo invertido para mantener operando el sistema*
Alta dependencia de insumo y recursos externos	1. Refacciones de piezas. Facilidad de reemplazo y reparación**	Contribuye al acceso de agua de calidad para actividades concretas	1. Comparar volúmenes de agua que pueden ser obtenidos con cada tecnología***
Falta de empleo y deterioro de la capacidad organizativa de las comunidades	1. Inversión tiempo/costo** 2. Frecuencia y control dedicado al funcionamiento de los filtros*	Garantiza una vida más larga del sistema del suministro de agua	1. Frecuencia de mantenimiento y reparaciones que cada sistema de filtración requiere*
Falta de soporte técnico, legal, estudios geológicos, etc	1. Facilidad para mantener el buen funcionamiento de filtración, reparación del sistema*	Contribuye a la preservación del medio ambiente	1. Materiales/eficiencia en volumen de agua producida***
Dificultades para obtener acceso al sistema	1. Facilidad de reparación y encontrar piezas de refacción. Costos y facilidad para conseguir piezas**	Diversidad productiva	1. Accesibilidad a los recursos para operar el sistema de filtración*
Altos costos de manejo	1. Comparativo de costos de reparación y mantenimiento** 2. Evaluar riesgos y seguridad*	Seguridad alimenticia	1. Volumen de agua suficiente para el suministro del humedal***
Bajo índice de adopción a las innovaciones	1. Modificaciones necesarias en el entorno para la implementación de los sistemas***	Capacidad organizativa y de autogestión	1. Nivel de autonomía de insumos externos y de asesoría para el mantenimiento** 2. Dependencia a entradas externas, uso de recursos internos vs externos***
Labor y mantenimiento extra	1. Frecuencia de mantenimiento, determinar cuál es el más exhaustivo en tiempo invertido*		

NOTA: sociales\*económicos\*\*ambientales\*\*\*

- a) La interpretación de los criterios de evaluación identificados desde las fortalezas y debilidades de los sistemas de filtración, comprenden la serie de criterios de diagnóstico que medirán los atributos sustentables de cada sistema. Por lo tanto se tiene que los criterios de diagnóstico que medirán a los sistemas de filtración, en relación con los atributos que representan son los que se pueden observar en la siguiente tabla:

**4. Definición de indicadores**

Una vez definidos los criterios de diagnóstico se procede a especificar los indicadores. Estos ya son particulares a las propiedades del sistema. Para llevarlos en congruencia con la tabla de Debilidades y Fortalezas, los indicadores fueron ordenaron según su dimensión ecológica, económica o social

- a) Económica: costo de inversión, operación y mantenimiento, autogestión, y comparativo de costo anual
- b) Ecológica: eficiencia de filtración por volumen de agua, suficiencia de recursos para las labores de operación del filtro
- c) Sociales: tiempo de inversión en el sistema por cantidad de agua obtenida, evaluación de la interacción de los sistemas de filtración con el usuario, adopción cultural de la tecnología, complejidad del mantenimiento y reparación del sistema en relación al tiempo y evaluación de riesgos y seguridad

La siguiente tabla condensa el proceso de caracterización de los indicadores desde los criterios de diagnóstico y los atributos

Tabla 17. Criterios de diagnóstico los atributos de sustentabilidad en sistemas de filtración	
Atributos	Criterios de diagnóstico
Productividad, estabilidad y confiabilidad	Retornos de inversión en calidad y cantidad de agua
Estabilidad y confiabilidad	Eficiencias de filtración
Autogestión, adaptabilidad, resiliencia y confiabilidad	Capacidad de autogestión de la comunidad para manejar el sistema
Productividad y estabilidad	Distribución de costos y beneficios
Equidad, adaptabilidad y autogestión	Capacidad de participación para manejar la tecnología
Autogestión, adaptabilidad y resiliencia	Capacidad de cambio e innovación
Autogestión, productividad, adaptabilidad y confiabilidad	Organización/control de la tecnología en relación con las prácticas productivas

**5. Definición de lo que caracteriza en el sistema cada criterio e indicador**

Cada indicador mide situaciones específicas que ocurren en el sistema, en la siguiente tabla se describe lo que se pretende evaluar en cada uno.

<b>Tabla 18. Atributos, criterios de diagnóstico e indicadores para comparar los Sistemas de Biofiltración y Filtración Rápida de Arena</b>	
<b>Criterios de diagnóstico</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Dimensión económica:</b>	
Retornos de inversión en calidad y cantidad de agua	1.1. Costo-inversión
Retornos de inversión en calidad y cantidad de agua	1.2. Costo de operación
Retornos de inversión en calidad y cantidad de agua	1.3. Costo mantenimiento
Capacidad de autogestión de la comunidad para manejar el sistema	1.4. Autogestión económica frente a riesgos de fallo en el sistema
Distribución de costos y beneficios	1.5. Comparativo de costos por autosuficiencia
Retornos de inversión en calidad y cantidad de agua	1.6. Costo anual
<b>Dimensiones ecológica:</b>	
Eficiencias de filtración	2.1. Eficiencia sobre calidad y volúmenes de filtración
Capacidad de autogestión de la comunidad para manejar el sistema	2.2. Dependencia de recursos externos en labores de mantenimiento y reparación
Capacidad de autogestión de la comunidad para manejar el sistema	2.3. Eficiencia de la operación, reparación y mantenimiento del sistema
<b>Dimensiones sociales:</b>	
Organización/control de la tecnología en relación con las prácticas productivas	3.1. Tiempo de inversión en el sistema por cantidad de agua obtenida
Capacidad de participación para manejar la tecnología	3.2. Evaluación de interacción de los sistemas de filtración con el usuario. Porcentaje de facilidad de uso durante su construcción, operación y mantenimiento
Capacidad de cambio e innovación	3.3. Adopción cultural de la tecnología
Organización/control de la tecnología en relación con las prácticas productivas	3.4. Complejidad del mantenimiento y reparación del sistema en relación al tiempo
Capacidad de participación para manejar la tecnología	3.5. Evaluación de riesgos y seguridad

## 6. Medir y monitorear los indicadores

Para llevar a cabo la evaluación se procedió a reunir y organizar la información que cada indicador requería para poder llevar a cabo el análisis correspondiente de cada uno, de acuerdo a su dimensión económica, ecológica, y social.

## 7. Integrar los resultados

Los resultados obtenidos monitoreando los indicadores son resumidos en una tabla donde se indica los resultados según las unidades de medición, los resultados y las conexiones entre los indicadores, se hace una conclusión por cada resultado y se determina la aptitud de cada sistema.

<b>Tabla 19. Definición de los indicadores de acuerdo a sus procesos y unidades de medición</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Método para evaluar indicadores</b>
<b>1. Dimensión económica:</b>	
1.1. Costo-inversión	Costos de cada uno de los sistemas de filtración, costo en tiempo y materiales de construcción.
1.2. Costos de operación	Costos de las labores de operación en cada uno de los sistemas de filtración.
1.3. Costos de mantenimiento	Costo de labores de mantenimiento, inversión en tiempo y productividad dedicados al mantenimiento de filtros respecto a las labores cotidianas diarias.
1.4. Autogestión económica frente a riesgos de fallo en el sistema	Nivel de autonomía para asegurar el funcionamiento del sistema, disponibilidad de herramienta y refacciones de piezas.
1.5. Comparativo de costos por autosuficiencia de recursos	Porcentaje de autonomía de recursos materiales y operación X costo anual.
1.6. Costo anual por construcción, mantenimiento y operación	Evaluación del costo anual.
<b>2. Dimensión ecológica:</b>	
2.1. Eficiencia de rangos de filtración	Capacidad de filtración por volúmenes de agua, comparar mejores rendimientos en calidad y cantidad, comparación de la eficiencia del mejoramiento de los parámetros de acuerdo a las fuentes de consulta, tiempo/eficiencia en volumen de agua producida.
2.2. Dependencia de recursos externos en labores de mantenimiento y reparación	Nivel de autonomía de insumos externos y de asesoría para el mantenimiento, dependencia a entradas externas, uso de recursos internos vs externos, disposición de los efluentes secundarios del filtro.
2.3. Eficiencia de la operación, reparación y mantenimiento del sistema (hrs / frecuencia x año)	Comparativo de los rangos de filtración y la calidad en relación al tiempo dedicado a ello.
<b>3. Dimensiones sociales:</b>	
3.1. Tiempo de inversión en el sistema por cantidad de agua obtenida	Secuencia de operación funcional y práctico (simple complicada), frecuencia y control dedicado al funcionamiento de los filtros, Tiempo invertido, volumen de agua filtrada/tiempo invertido para mantener operando el sistema.
3.2. Evaluación de interacción de los sistemas de filtración con el usuario	Evaluar la facilidad del usuario para darle continuidad al buen funcionamiento de filtración.
3.3. Adopción cultural de la tecnología.	Integración del sistema (baja, media, alta) en congruencia con los sistemas cultivo tradicionales. Implementación del sistema evaluado por los posibles usuarios del Filtro. Porcentaje de aceptación.
3.4. Complejidad del mantenimiento y reparación del sistema	Reparación del sistema, mantenimiento (simple complicado), frecuencia de mantenimiento, determinar cuál es el más exhaustivo en cuanto a las reparaciones que cada sistema de filtración requiere, cada cuando será necesario reemplazar piezas, evaluar la facilidad de mantenimiento y reparación de cada sistema de filtración.
3.5. Evaluar riesgos y seguridad	Evaluar riesgos y seguridad para realizar las tareas que implican la implementación de los filtros, su operación y mantenimiento.

"Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco"

Tabla 20. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Económicos con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema					
Indicadores	Resultados Biofiltración	Resultados Filtración Rápida de Arena	Evaluación y comentarios	Biofiltración	Filtración Rápida de Arena
1.1. Costo inversión (tiempo de construcción X inversión económica en construcción y materiales)	15.3 hrs / \$8245.71	15 hrs / \$7293.65	El tiempo de construcción y los materiales del filtro requieren procesos similares		x
1.2. Costo de operación (tiempo X inversión económica)	1.15 hrs / \$42.78	1.15 hrs / \$42.78	La secuencia de operación se simplifica y se iguala gracias a la operación de la válvula de llenado y flotador del paso del tanque de sedimentación hacia ambos filtros	x	x
1.3. Costo mantenimiento (tiempo X inversión económica)	5.3 hrs / \$198.4	7.6 hrs / \$283.34	Las labores de mantenimiento para ambos filtros es uniforme en cuanto a su frecuencia, en temporadas de secas (oct-mar) se realizará una vez al mes, mientras que en temporadas de lluvias (abr-sept) dos veces al mes. La frecuencia anual es de 18 veces al año. En cuanto al costo de mano de obra y tiempo consumido en estas labores, la Filtración de Arena es más frecuente y por lo tanto, más cara y tardada, ya que requiere una mayor frecuencia de limpieza para evitar la formación de biopelícula que retarde el flujo de agua		x
1.4. Autogestión económica frente a riesgos de fallo en el sistema	46.15 % (42 pts)	46.15 % (42 pts)	Ya que los elementos que componen a cada sistema son similares, las tareas que se ocupan de corregir problemas de una posible disminución de la velocidad de filtración, la calidad del agua filtrada, y en la secuencia de filtración y los flujos de agua, son labores de inspección y corrección comunes	x	x
1.5. Comparativo de costos por autosuficiencia (porcentaje de autonomía de recursos materiales y operación X costo anual)	68%	68.87%	Aunque por poco (0.87%), la Filtración Rápida de Arena (68.87%) lleva una ventaja en la autosuficiencia y disponibilidad de recursos locales, respecto a la Biofiltración (68%)		x
1.6. Costo anual por construcción, mantenimiento y operación	\$27,757.33	\$35,989.95	La Filtración Rápida de Arena resulta ser 22.87% más cara. Aunque los costos de construcción y operación son similares, se requiere una mayor frecuencia de mantenimiento y limpieza para mantener la premisa de rangos de filtración rápidos (Biofiltración=\$27,757.33, Filtración Rápida de Arena=\$35,989.95 gasto anual)	x	
1.7. Costo por litro de agua	\$0.16	\$0.23	La Filtración Rápida de Arena debido principalmente al gasto en mano de obra en un mantenimiento más frecuente, que se traduce en mayor tiempo y dinero, es más cara que la Biofiltración	x	

Tabla 21. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Ecológicos con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema					
Indicadores	Resultados Biofiltración	Resultados Filtración Rápida de Arena	Evaluación y comentarios	Biofiltración	Filtración Rápida de Arena
2.1. Eficiencia sobre calidad y volúmenes de filtración	0.3 a 0.1 m/h. / 80.61%	5-12 m/h/ 73.5%	Según las fuentes consultadas el rendimiento de litros x hora es muy superior en la Filtración Rápida de Arena. Con una meta de 500 litros diarios, ésta aseguraría un abastecimiento de agua suficiente. Sin embargo, la Biofiltración al estar compuesto por materiales diversos y tener un rango de filtración menor, permite que la calidad de la filtración sea más completa, ya que el tiempo que permanece el agua retenida, asegura el desarrollo de una biopelícula, compuesta por flora que se alimenta de materia orgánica, que retiene una mayor cantidad de coliformes y turbidez. La frecuencia de limpieza que requiere la Filtración Rápida de Arena no permite el desarrollo de esta flora. Sin embargo de acuerdo a las fuentes consultadas ésta efectividad supera por apenas 8.14%		x
2.2. Dependencia de recursos externos en labores de mantenimiento y reparación	20% (35 pts de 175)	15.07% (19 pts de 126)	En cuanto al mantenimiento y tareas posibles de reparación, se les asignó valor a la cantidad de entradas externas al sistema (herramienta o refacciones), la frecuencia de entrada del recurso, si éste recurso se encuentra disponible localmente y la autosuficiencia para realizar cada acción. La Filtración Rápida de Arena demostró una mayor facilidad para reemplazar sus elementos y operativamente es más fácil de corregir, demostrando una mayor resiliencia.		x
2.3. Eficiencia de la operación, reparación y mantenimiento del sistema (hrs / frecuencia x año)	9300 hrs/47	15348 hrs/155	La cantidad de horas anuales dedicadas al mantenimiento al sistema de Filtración Rápida de Arena es 39.4% más respecto a la Biofiltración Cerámica. Este incremento considerable se debe a que se requiere una limpieza frecuente del filtro de arena, para evitar que se tape y mantener altos índices de filtración.	x	

Tabla 22. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Sociales con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema					
Indicadores	Resultados Biofiltración	Resultados Filtración Rápida de Arena	Evaluación y comentarios	Biofiltración	Filtración Rápida de Arena
3.1. Tiempo de inversión en el sistema por cantidad de agua obtenida	305.2 hrs/ 120 m3	431.2 hrs / 120 m3	La Filtración Rápida de Arena necesita 29.22% más inversión en tiempo que la Biofiltración, sin embargo el rendimiento de agua es muy superior		x
3.2. Evaluación de interacción de los sistemas de filtración con el usuario	85 puntos= 62.9%	70 puntos= 64.81%	Se evaluó la complejidad de cada una de las labores de construcción, operación y mantenimiento que requiere cada sistema. Los criterios de análisis fueron: 1 pto si la actividad requiere herramientas o funciones cognitivas sencillas, 2 ptos si la actividad requiere herramientas o funciones cognitivas más complejas y 3 ptos si la actividad requiere de la ayuda de alguien más o de un profesional. Al respecto el sistema de Filtración Rápida de Arena resultó ser apenas un 1.9% más complicado de operar, construir y mantener.	x	
3.3. Adopción cultural de la tecnología. Implementación e integración del sistema, evaluados por los posibles usuarios del Filtro. Porcentaje de aceptación	139 (177 pts) 78.53%	115 (138pts) 83.3%	Evaluación por los posibles usuarios del filtro. Accesibilidad a la tecnología, autogestión operativa (construcción, operación y mantenimiento) comprensión sobre el funcionamiento del filtro, integración a las actividades cotidianas, evaluación de la complejidad de las tareas.		x
3.4. Complejidad del mantenimiento y reparación del sistema	52.56% / 5.13 hrs	54.38% / 3.96 hrs	Aunque la complejidad de las tareas de mantenimiento y operación son bastante similares en ambas, con una diferencia en grado de dificultad de 1.82%, las labores de limpieza en la Filtración Rápida de Arena se efectúa en menos tiempo, sin embargo requieren ser 3 veces más frecuentes	x	
3.5. Evaluación de riesgos y seguridad	74.07%	68.51%	Se analizó cada tarea de acuerdo al nivel de riesgo que representa para la integridad física de quien lo lleva a cabo. La Biofiltración, al ser más compleja en mantenimiento y con un mayor número de tareas repetitivas, en las que se incluyen cargar y subir y bajar escaleras más repetidamente, es ligeramente más riesgosa y requiere de mayor esfuerzo físico que la Filtración Rápida de Arena.		x

### 9.2.1. Conclusiones de los resultados del modelo de evaluación MESMIS

De trece puntos evaluados hubo coincidencia de resultados en tres evaluaciones: 1.1. Costo inversión (tiempo de construcción X inversión económica en construcción y materiales), 1.2. Costo de operación (tiempo X inversión económica), 1.4. Autogestión económica frente a riesgos de fallo en el sistema. Esto se debe a que los elementos y materiales, así como el proceso de construcción y diseño entre ambos sistemas de filtración varía muy poco; sin embargo es el mantenimiento, el proceso que hace toda la diferencia en el manejo y los resultados entre ambos.

De las diez evaluaciones restantes, la Filtración Rápida de Arena obtuvo mejores resultados en seis de trece evaluaciones, frente a la propuesta original de Biofiltración: 1.3. Costo mantenimiento (tiempo X inversión económica); 1.5. Comparativo de costos por autosuficiencia (porcentaje de autonomía de recursos materiales y operación X costo anual); 2.1. Eficiencia sobre calidad y volúmenes de filtración; 2.2. Dependencia de recursos externos en labores de mantenimiento y reparación; 3.1. Tiempo de inversión en el sistema por cantidad de agua obtenida; 3.5. Evaluación de riesgos y seguridad. En general, aunque los periodos de mantenimiento son tres veces más frecuentes son también más cortos, además la eficiencia en la calidad del agua aunque es levemente menor se compensa por el volumen de agua que provee, ya que como está indicado un Biofiltro requiere menos limpieza para favorecer el desarrollo de un biopelícula, que es el medio principal de filtración hace que el flujo del agua sea mas lento. Para que un Biofiltro igualara la cantidad de agua, se tendría

que disponer de una mayor área de filtración, lo cual incrementaría los costos de construcción, operación y mantenimiento, además de ocupara una mayor parte en la chinampa, lo cual hace que sea una opción inviable.

En cuanto al sistema de Biofiltración, de trece evaluaciones fue el mejor en cuatro. En los indicadores: 1.5. Costo anual por construcción, mantenimiento y operación y 2.3. Eficiencia de la operación, reparación y mantenimiento del sistema (hrs / frecuencia x año); esto se debe a que los costos anuales son apenas un 1.9% más económicos que la Filtración Rápida de Arena, pues las operaciones de limpieza son menos frecuentes por la misma manera en la que funciona el filtro. Respecto a las otras dos evaluaciones, 3.2. Evaluación de interacción de los sistemas de filtración con el usuario y 3.4. Complejidad del mantenimiento y reparación del sistema, ocurre que aunque la Filtración Rápida de Arena sea más fácil de operar ya que en vez delidiar con la limpieza de tres medios de filtración (arena, grava y piedras) se hace solo con uno (arena), estas labores son más frecuentes.

Debido que la Filtración Rápida para cumplir con las premisas en cantidad de agua que supone, la frecuencia de limpieza del filtro debe ser mayor para remover la mayor cantidad posible de partículas que quedan atrapadas entre los granos de arena. Si bien la Biofiltración es un proceso más completo, en especial gracias a sus rangos lentos de filtración que permiten el desarrollo de una biopelícula compuesta por materia orgánica que tiene mecanismo de adhesión y descomposición para las partículas suspendidas en el agua, la cantidad de agua que suministra no cumple los requisitos que requiere la chinampa para el riego, ya que como tratamiento primario para habilitar el agua para riego, excede la calidad mínima necesaria, y en especial, no satisface la cantidad de agua requerida para ello.

Debido a que la Filtración Rápida de Arena aventajó a la Biofiltración, no solo en la cantidad de evaluaciones, sino que demostró su eficiencia en aspectos importantes como una eficiencia de filtración ligeramente menor, pero con mayores rendimientos de agua, a pesar de que ellos signifique una mayor repetición en las labores de limpieza, cumple de manera más eficiente con las expectativas fijadas por los requisitos, en cuanto a los criterios cuantitativos, como la eficiencia y productividad, como los cualitativos, al ser una tecnología ligeramente menos compleja de operar.

#### Consideraciones finales para el rediseño del Sistema de Filtración

1. Para simplificar el proceso de limpieza que será una operación frecuente para evitar que se tape el filtro, con el fin de cumplir con los rangos rápidos de filtración que se requieren para satisfacer la demanda de agua para el riego de la chinampa, (una vez a la semana en temporada de secas y dos en temporada de lluvias), será necesario un solo medio de filtración que simplifique el proceso, como en el caso de la Filtración Rápida de Arena.
2. Ya que el proyecto del Sistema de Filtración que se propone será el tratamiento de agua primario que prepare el efluente para pasar al tratamiento secundario final: la purificación del agua a través del humedal, se puede renunciar al pequeño porcentaje superior en remoción de turbiedad y coliformes (que son los parámetros principales que un tratamiento primario atiende) de la Biofiltración, por un suministro de mayor volumen, ya que el agua aún le espera un proceso final de filtración.
3. Para asegurar el abastecimiento de agua al humedal (con capacidad de  $1 \text{ m}^3$ , y considerando que se riega tres veces a la semana con un gasto de  $0.5 \text{ m}^3$  por cada vez, semanalmente para el riego y mantener la capacidad de retención de agua del humedal se requieren  $2.5 \text{ m}^3$  semanales. El filtro si es operado 6 veces a la semana puede producir hasta  $3 \text{ m}^3$ .

4. Ya que el medio de filtración del Filtro Rápido será solo arena, será necesaria una estrategia que distribuya uniformemente el agua sobre toda la superficie contenedora, y de esta manera aprovechar toda el área de filtración disponible.
5. Para evitar la proliferación de algas y el depósito de materia sobre el sistema de filtración, pero mantener cierta ventilación en los tanques, mantener las tapas de los tanques cerrados, pero con el orificio por donde pasa la tubería que conecta tanque con tanque abierto, protegido con una malla.
6. Los materiales de construcción son los mismos, excepto por el reemplazo de los medios filtrantes. En la Biofiltración se necesitan arena, grava y piedra, mientras que en la Filtración Rápida de Arena se necesitará una capa delgada de piedras y arena
7. Para obtener la cantidad de agua requerida el sistema tendrá que ser doble, esto es que los tanques de sedimentación, Filtración Rápida de Arena y agua filtrada tendrán cada uno dos tanques de 250 litros, para obtener el promedio diario de 500 litros ( $0.5m^3$ ).

## 9.3. Modelo de filtración de acuerdo a los resultados de la evaluación MESMIS

### 9.3.1. Secuencia del modelo de filtración preliminar y primario

De acuerdo a la figura 31, la secuencia de filtración queda compuesta por una primera etapa preliminar que se propuso desde la primera propuesta del capítulo 8. *Diseño del Tratamiento preliminar y primario*, sobre una compuerta que consta de un bastidor con malla sombra al 30%. En esta primera etapa se bloquea el paso de todos los sólidos flotantes en el agua superiores a 1.81 mm de diámetro.

Sin embargo en esta segunda propuesta se concreto una segunda compuerta con malla sombra al 70%, para bloquear sólidos superiores a 0.77 mm.

Con esto se logra una eliminación paulatina y parcial de los sólidos más voluminosos que pudieran causar algún problema a la bicimáquina para bombear agua.

Posteriormente el plan es dividir el canal del agua filtrada de la no filtrada, para lo cual, se necesitará del uso de sacos de arena que serán colocados, como punto estratégico debajo del puente que conecta una chinampa con otra. La tubería de la bicimáquina tomará el agua que se encuentra de un lado del canal para elevar el agua hasta el primer tratamiento, que es el tanque de sedimentación.

El tanque de sedimentación propuesto desde el capítulo 8. *Diseño del Tratamiento preliminar y primario* se conserva. En esta etapa que consiste en dejar el agua en reposo durante 24 hrs, los sólidos pesados hasta de 0.02 mm tienden a asentarse en el fondo del tanque, de manera que se eliminan cuando separa fácilmente el agua de estos remanentes, según la teoría de Wegelin (1996), revisada en el capítulo 7. *La filtración de agua*. Cuando se abre la llave de paso del tanque, se deja pasar el agua hacia el siguiente sistema de filtración, que es la Filtración Rápida de Arena.

De ahí el agua se encuentra con una primera capa de piedra braza de aproximadamente entre 10 y 20 cm de diámetro, el propósito de esta es administrar el agua uniformemente hacia la capa inferior de arena. La arena es el principal medio filtrante de este método, cuyo principal característica es la remoción de sólidos y turbidez. A diferencia de la primera propuesta, la Biofiltración, en esta los flujos de agua son mucho más constantes ya que el medio de filtración debe ser constantemente limpiado para evitar el desarrollo de la biopelícula (compuesta microorganismo alimentados por materia orgánica presente en el agua), por lo tanto la filtración no es tan exhaustiva, pero hay un mayor rendimiento. En este tipo de tecnología la remoción de la turbidez es enteramente física, pues la materia suspendida en el agua se acumula y es interceptada entre los granos de arena, de acuerdo con Huisman & Wood (1974), tres granos de arena compactados permitirán el paso a partículas de hasta 1/7 parte de su tamaño.

Finalmente el agua filtrada irá cayendo paulatinamente en un tercer tanque que tendrá como función administrar el agua que será regada al humedal. En el siguiente esquema se esquematizan los mecanismo de las tres etapas de remoción de sólidos, que es la tarea principal del Tratamiento Preliminar y Primario de filtración de agua que desarrolla el presente proyecto.

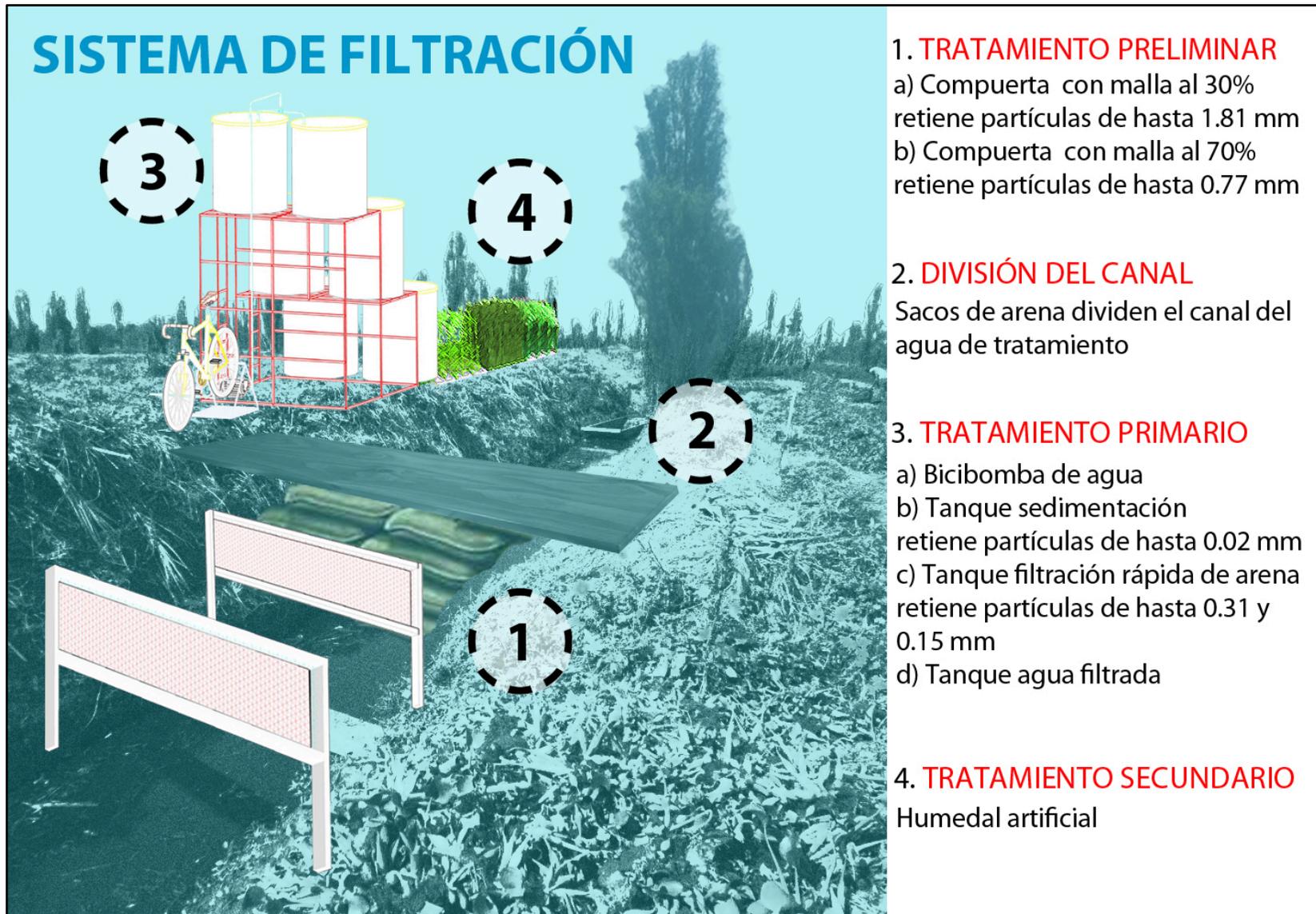


Figura 31. Infografía del Sistema de Filtración Preliminar, Primario y Secundario. Fuente: elaboración propia.

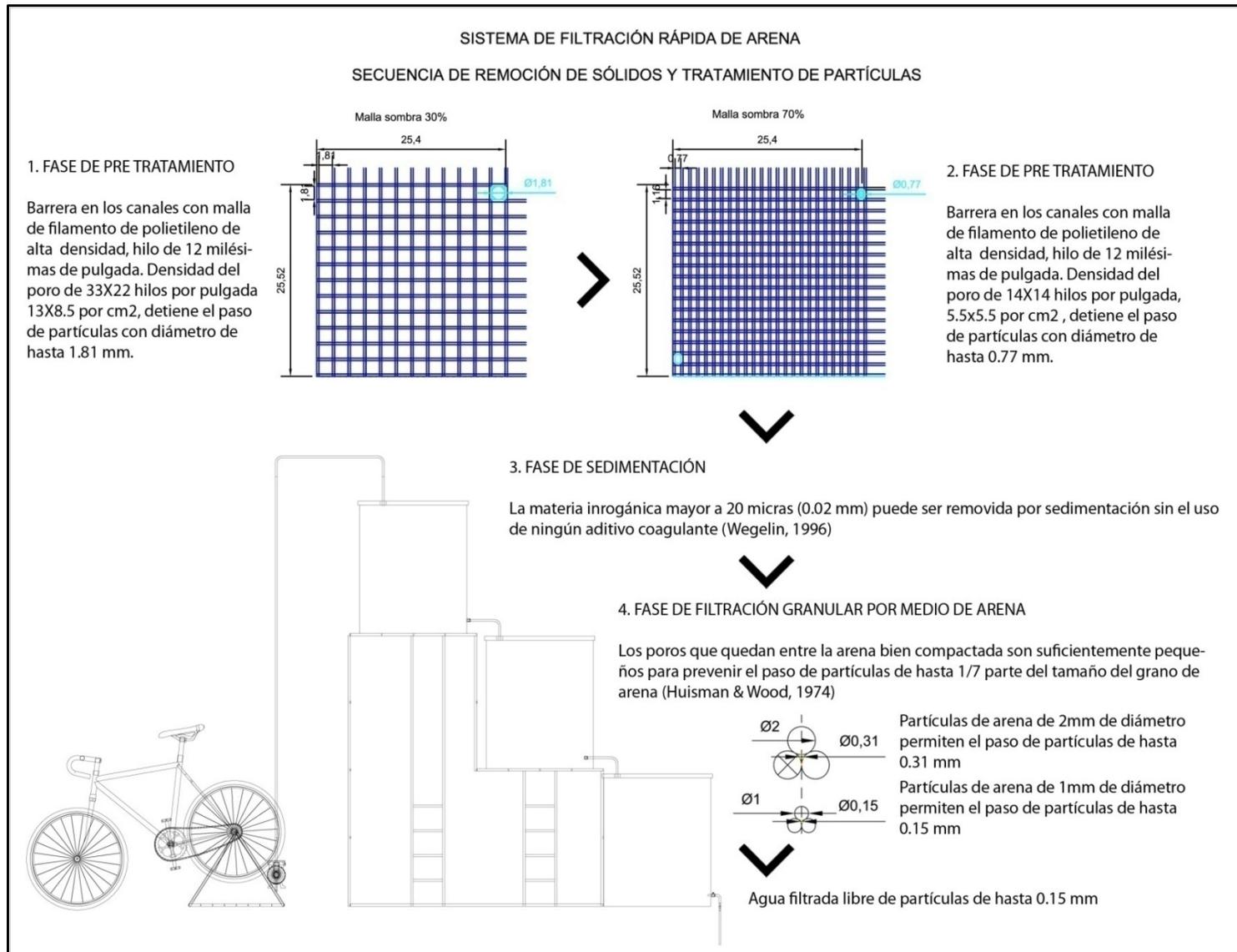


Figura 32. Diagrama de la secuencia de Remoción de Sólidos del Tratamiento Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

En el siguiente plano se muestra la localización del Sistema completo de filtración dentro de la configuración espacial de la Chinampa Apantle REDES. Se puede observar la red de canales que componen la morfología geográfica del sitio, el agua no filtrada del canal está representada por una línea naranja, hasta que es interceptada por el sistema de filtración, a partir de entonces el agua está representada por una línea azul. Igualmente el plano ordena la secuencia de filtración: 1. Agua del canal no filtrada.

2. Tratamiento preliminar, se señalan las dos compuertas que retienen los sólidos por medio de malla 30% y 70% consecutivamente.

3. Debajo del puente que conecta la porción de la Chinampa Apantle REDES con otra chinampa, se bloqueará con sacos de arena el canal.

4. Inmediatamente después del otro lado del puente se coloca la bicimáquina cuya tubería se alimenta del agua que está entre los sacos de arena y la última compuerta.

5. Se comienza la fase del tratamiento primario con el tanque de sedimentación, la filtración rápida de arena y se contiene el efluente en un tercer tanque.

6. El agua libre de sólidos pasa a la fase secundaria de filtración que es el humedal artificial, donde se terminarán por ajustar los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua.

7. De ahí el agua se deposita en el canal aislado del agua de los canales circundantes.

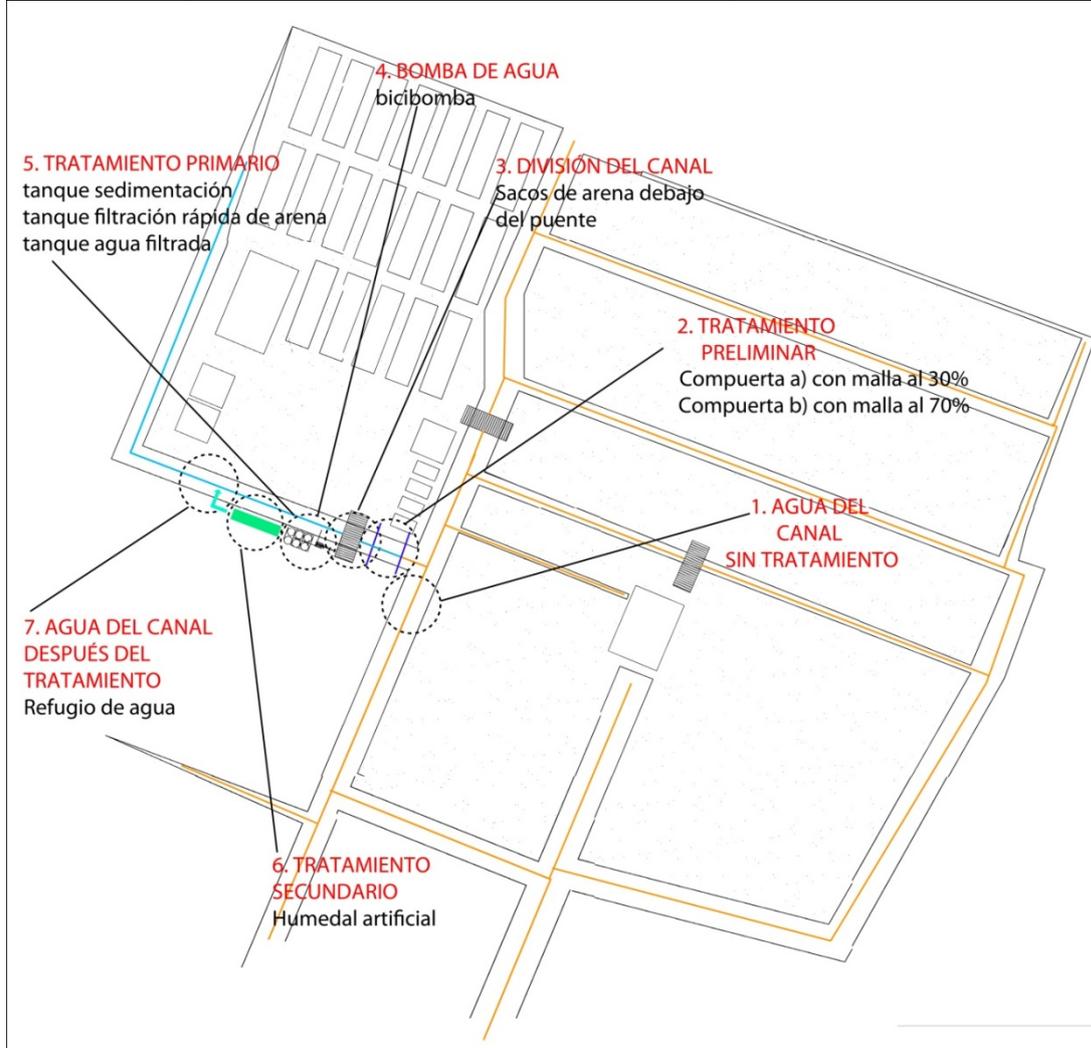


Figura 33. Plano de ubicación y secuencia del Sistema de Filtración Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

### 9.3.2. Fase de Pre-tratamiento: Diseño de compuerta

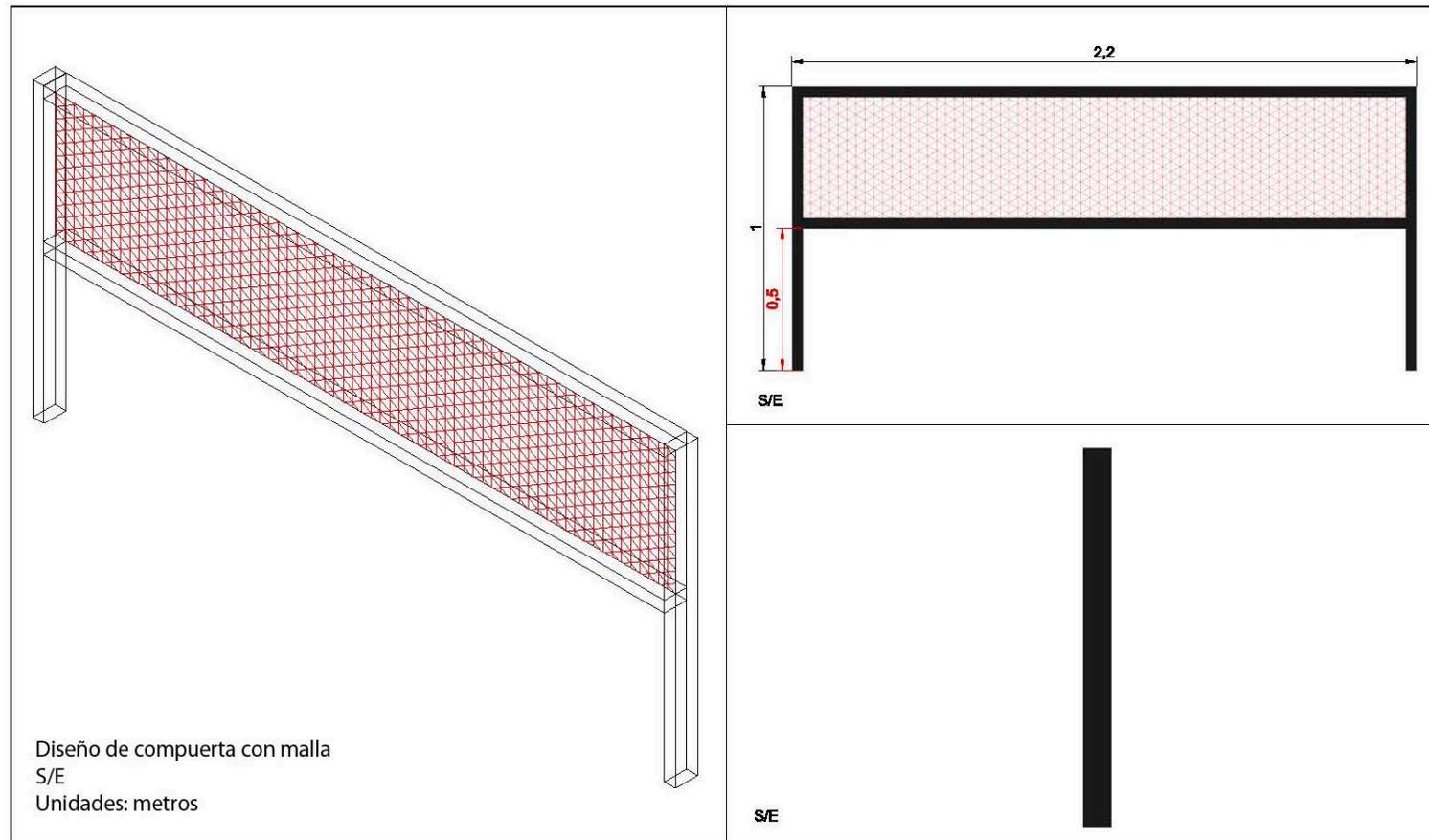


Figura 34. Diseño de Compuerta para el Tratamiento Preliminar. Fuente: elaboración propia.

### 9.3.3. Sistema de Tanque de Sedimentación y Filtración Rápida de Arena

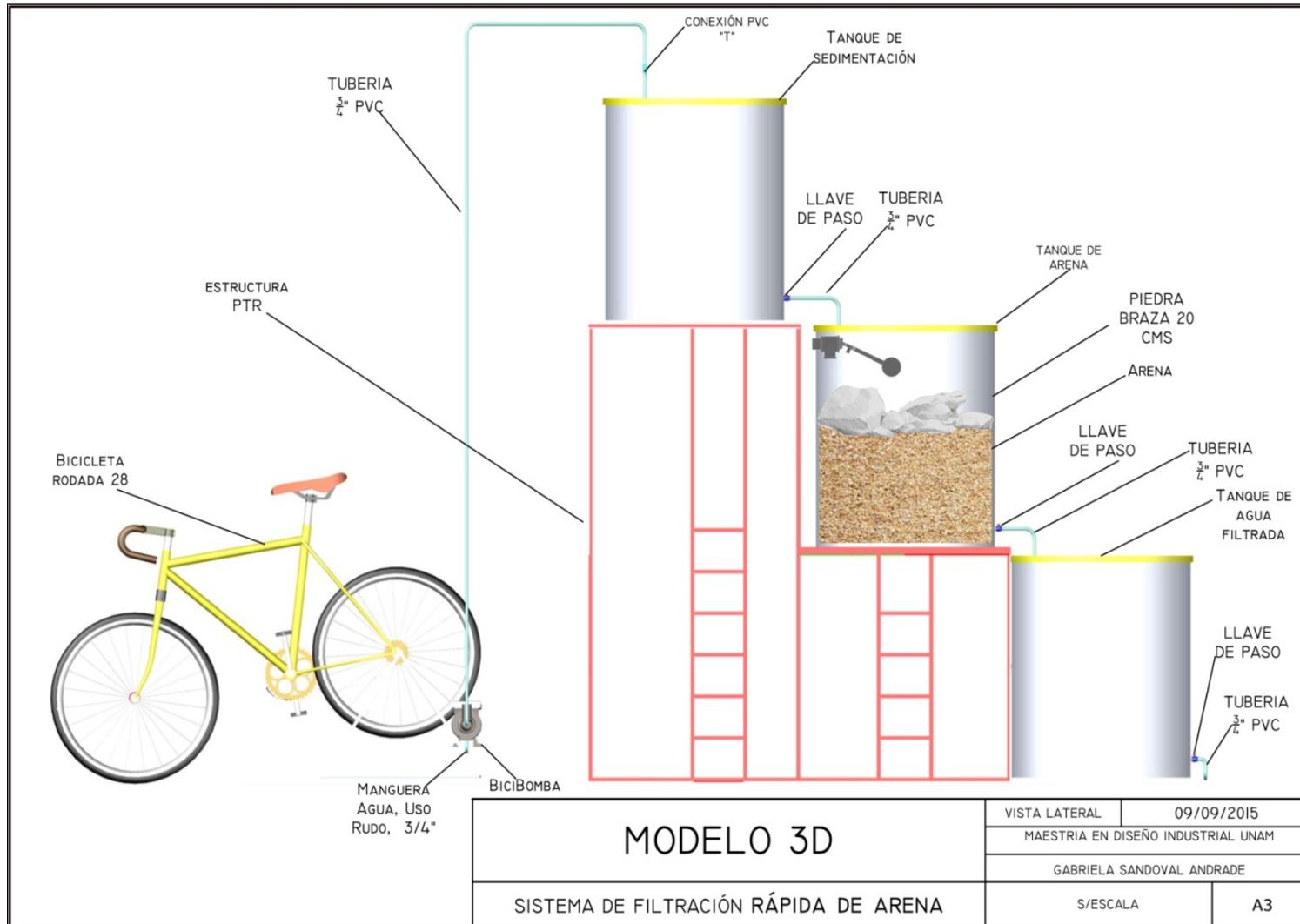


Figura 35. Diagrama de Sistema de Filtración Primaria. Tanques de Sedimentación, Filtración Rápida de Arena y Tanque de agua filtrada.  
Fuente: elaboración propia.

<b>Tabla 23. Especificaciones de la composición del tanque de Filtración Rápida de Arena</b>		
<b>Composición</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>
Número de unidades de filtración	secciones	2
Velocidad de filtración	Vf	4 a 21 m/h (Ives, 1969)
Diámetro de la cama de filtración	A	62.5 cm
Altura de la cama de filtración	H	1 m
Área de filtración por unidad	A	6.25 m <sup>2</sup>
<b>Material filtrante</b>	<b>Diámetro de partículas</b>	<b>Profundidad</b>
1° piedra braza	10-20 cm	10 cm
2° arena	1-2 mm	40 cm

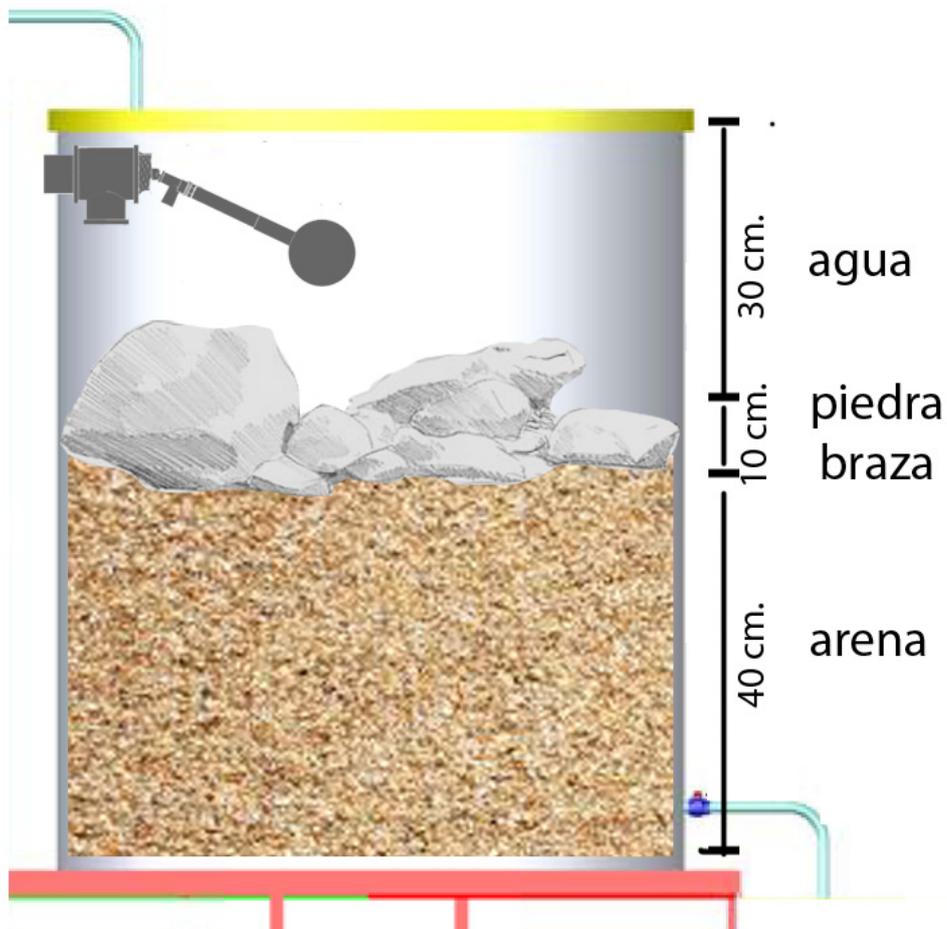


Figura 36. Diseño del tanque de Filtración Rápida de Arena. Fuente: elaboración propia.

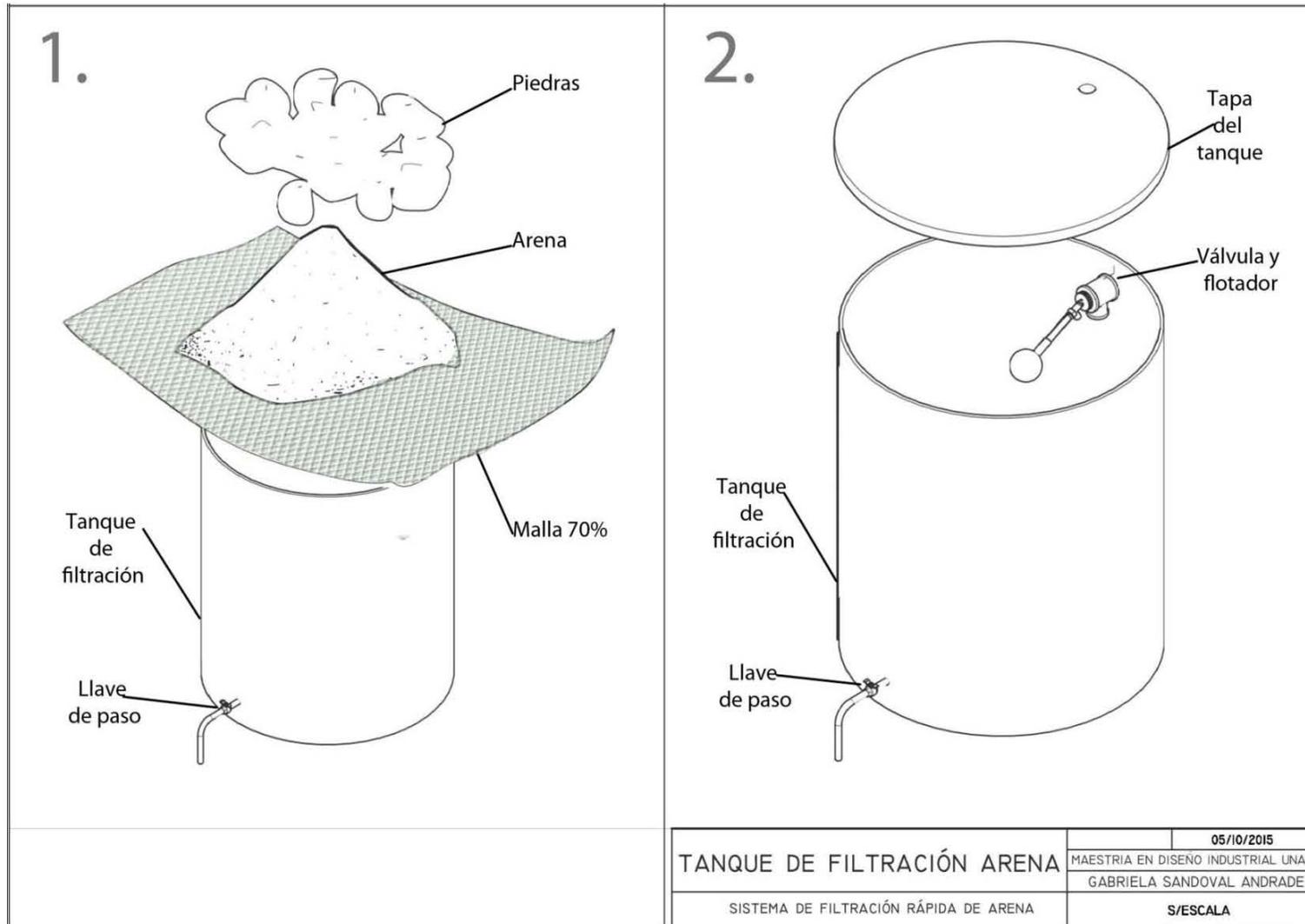


Figura 37. Detalle de tanques del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

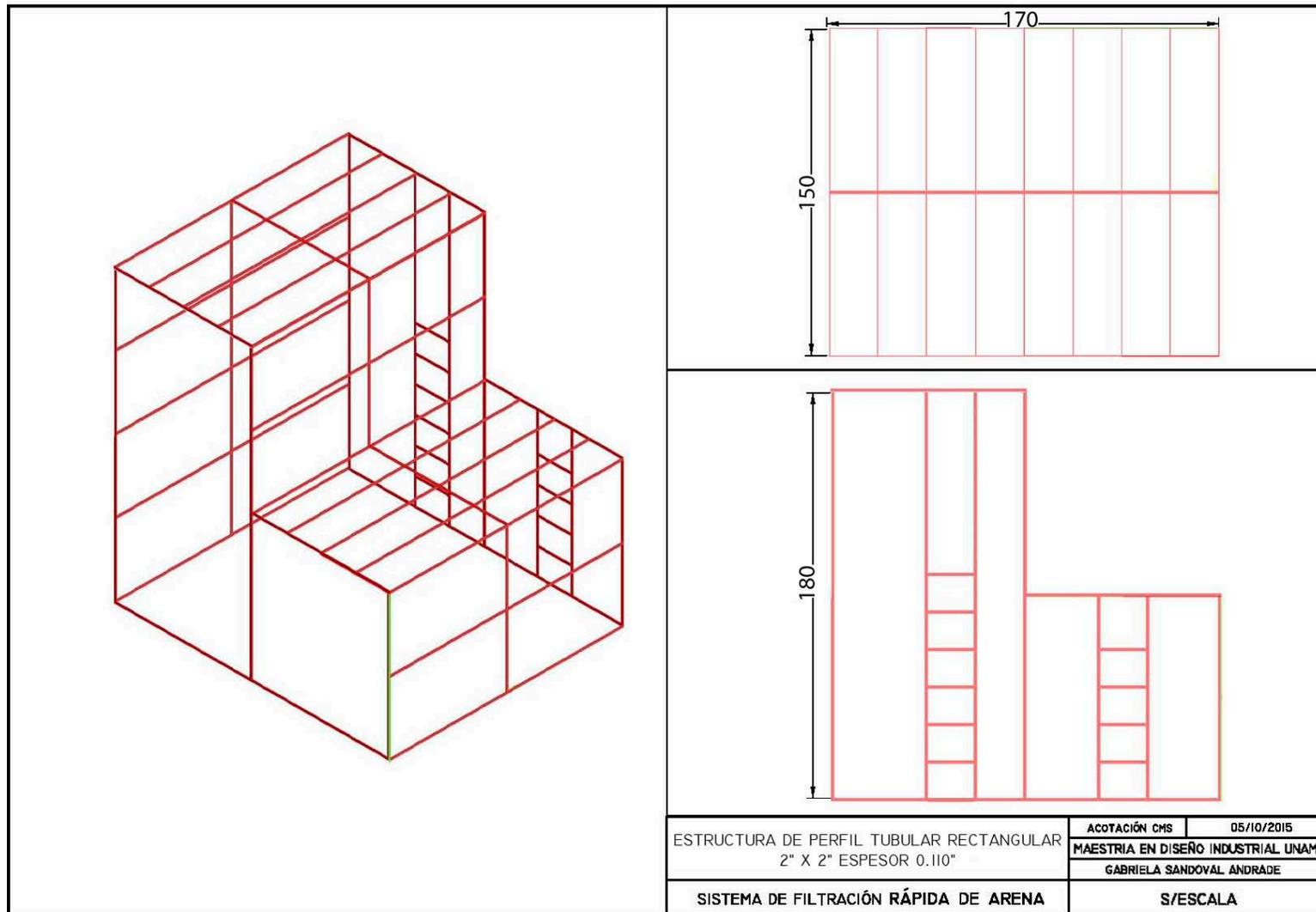


Figura 38. Detalle y diseño de estructura de PTR. Fuente: elaboración propia.

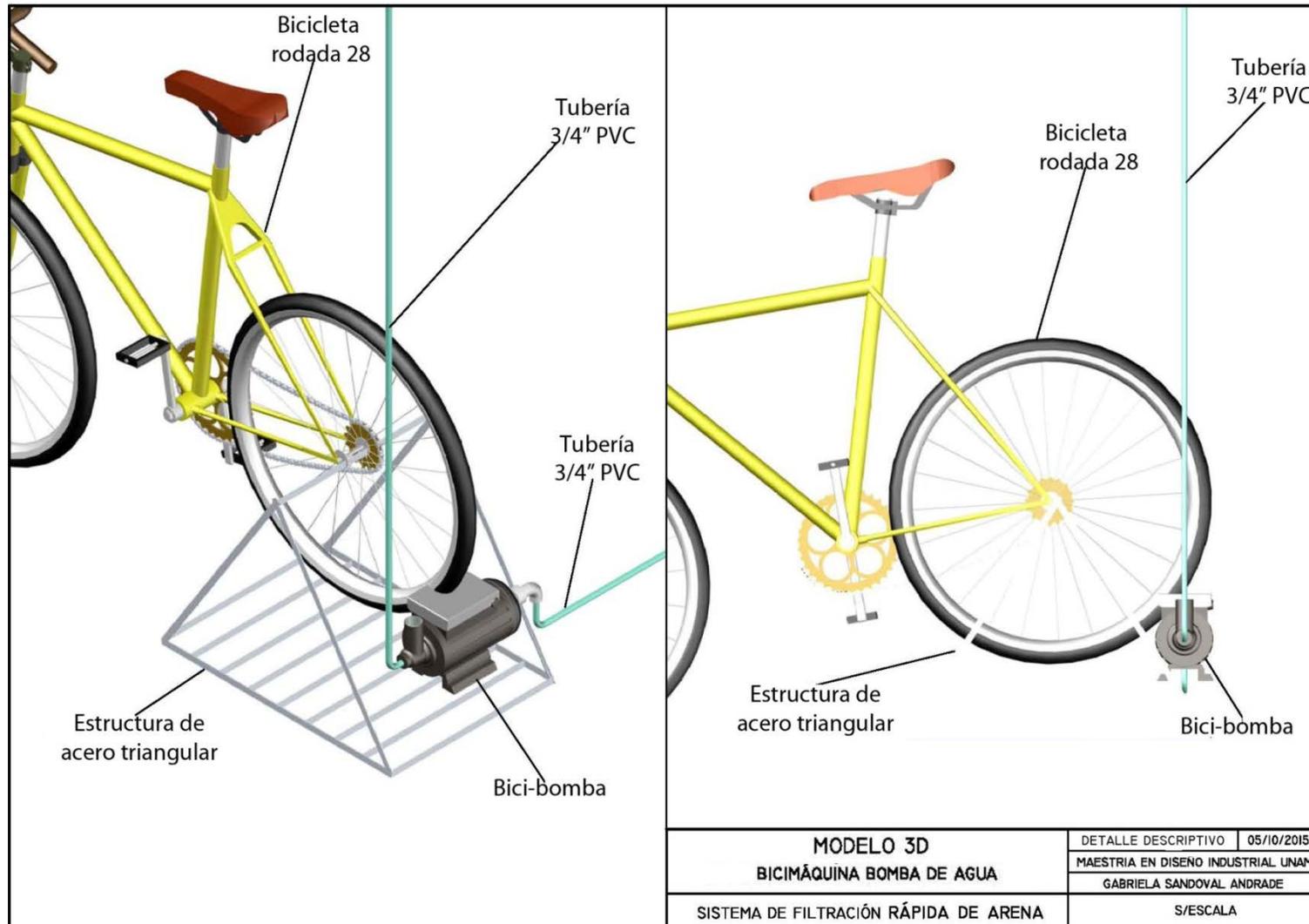


Figura 39. Detalle de Bicimáquina para bombear agua. Fuente: elaboración propia.

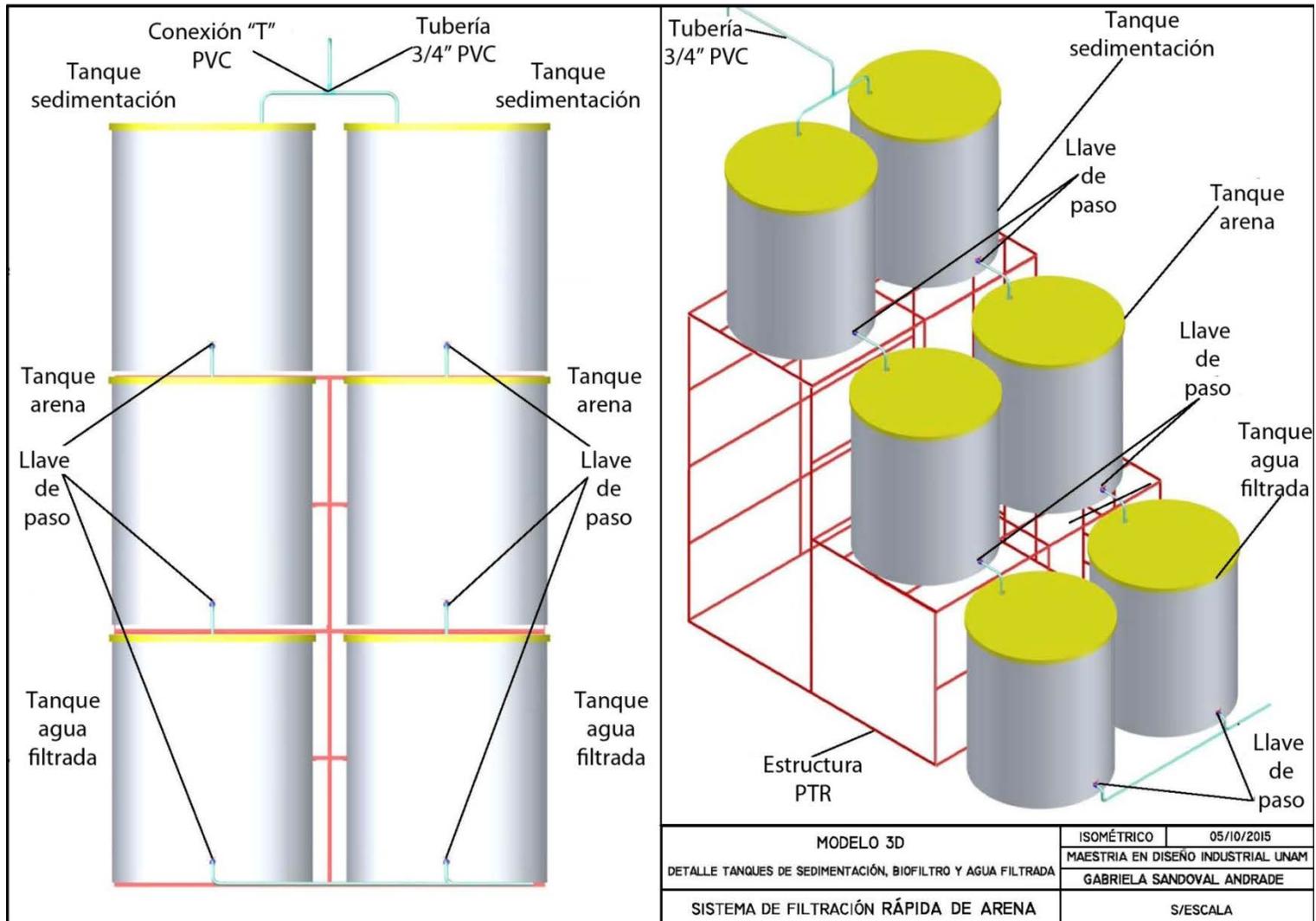


Figura 40. Detalle de de tanques del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

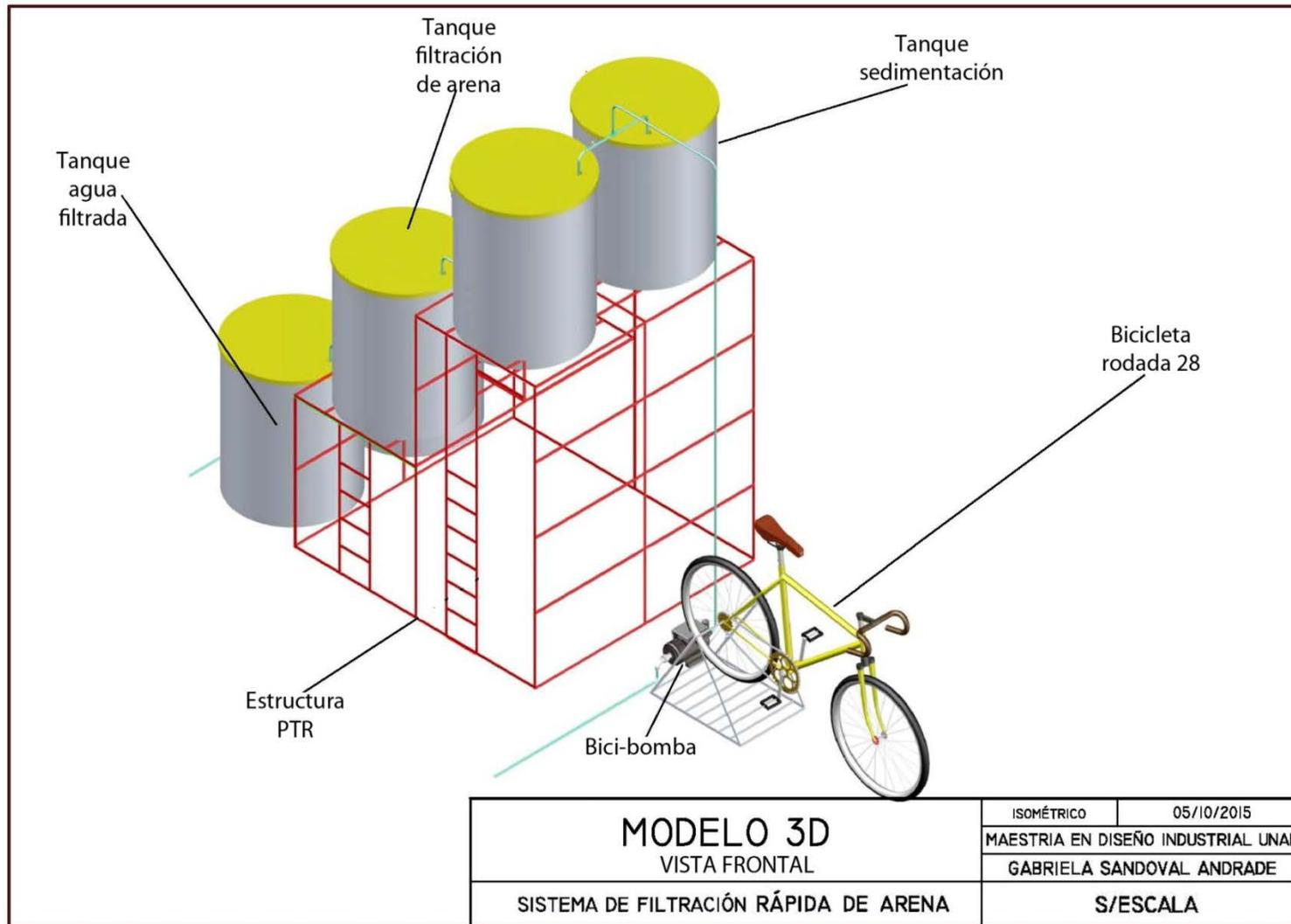


Figura 41. Isométrico del Sistema de Filtración Primario vista frontal. Fuente: elaboración

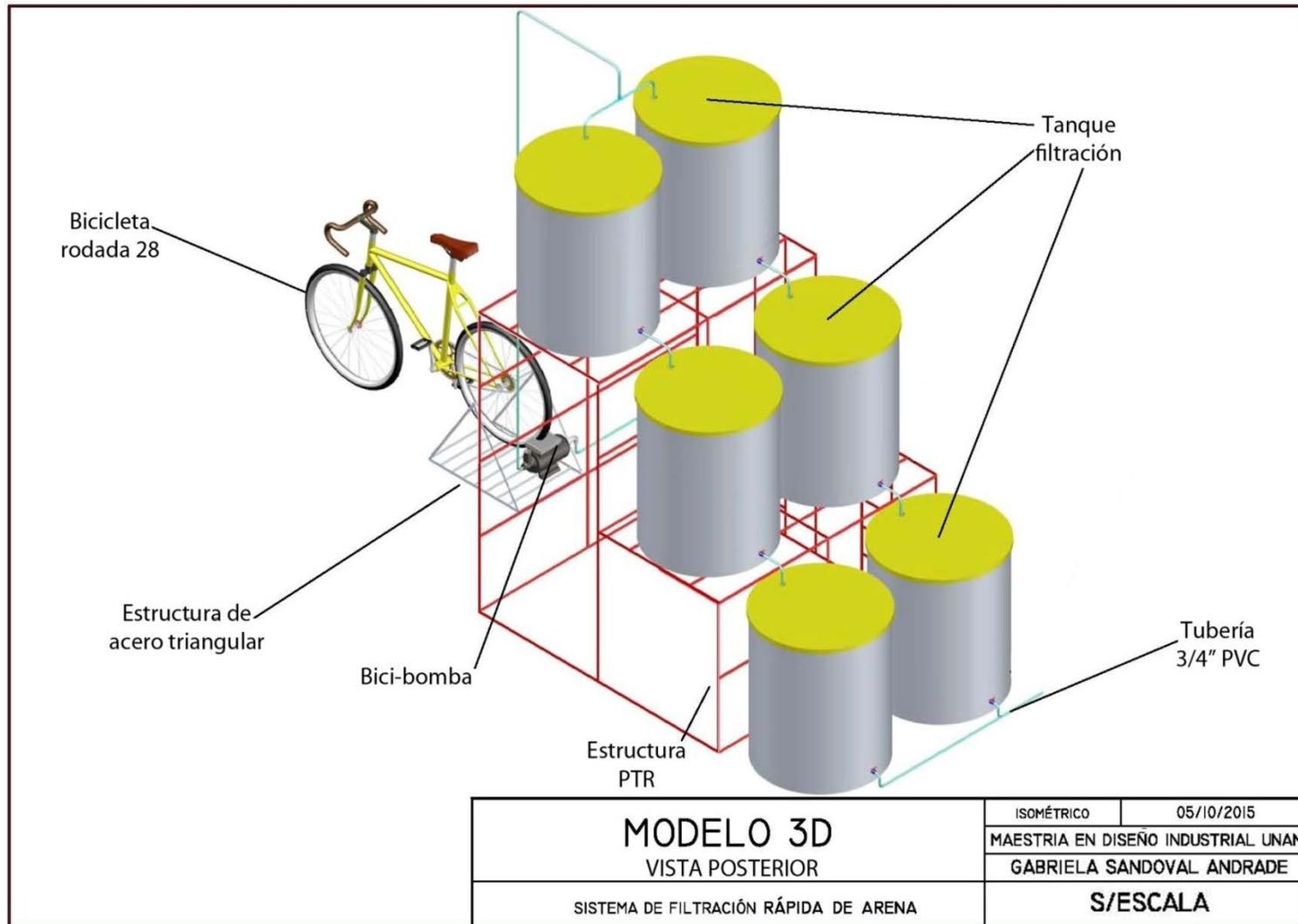
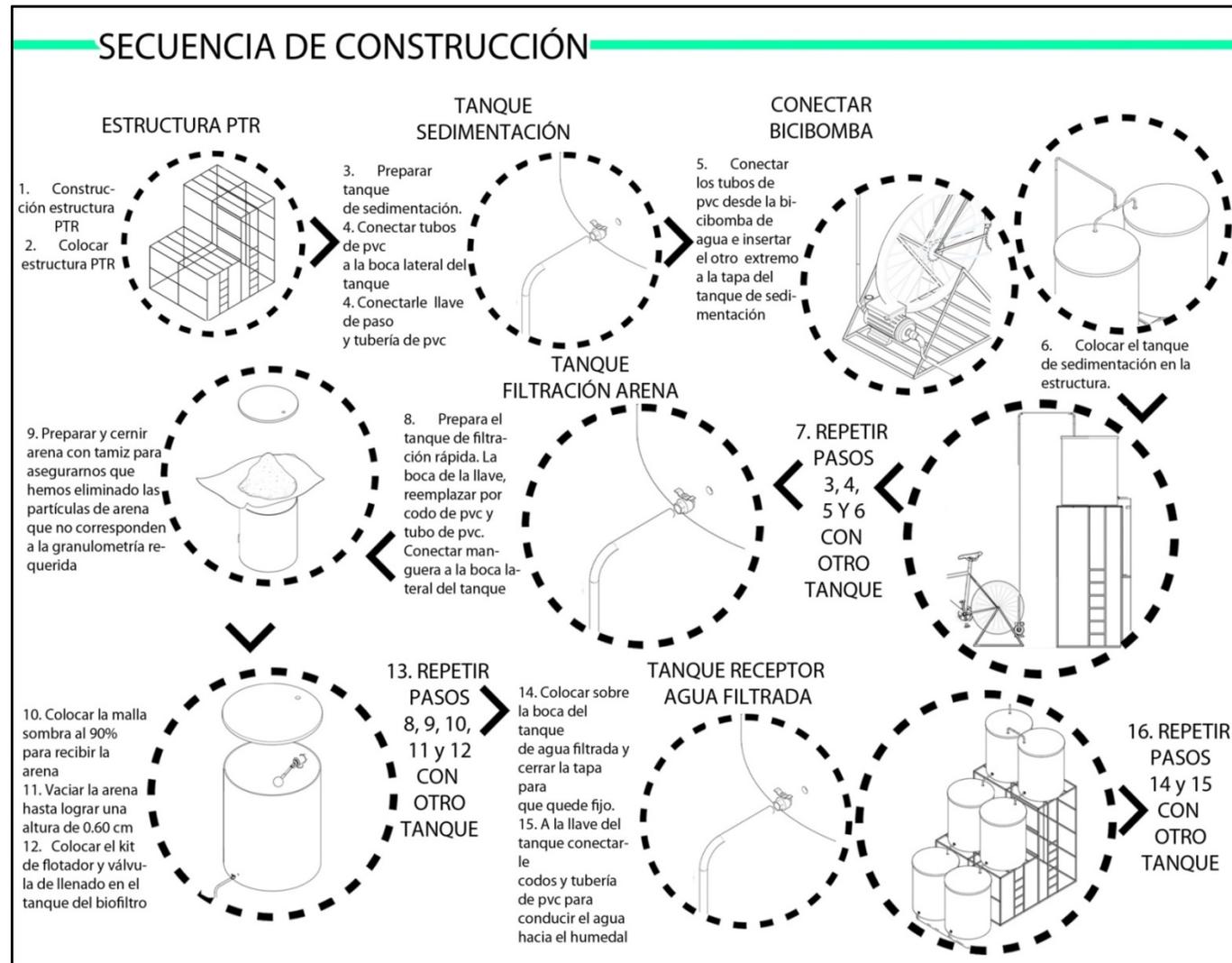


Figura 42. Isométrico del Sistema de Filtración vista trasera. Fuente: elaboración propia.

### 9.3.4. Construcción, operación y mantenimiento.



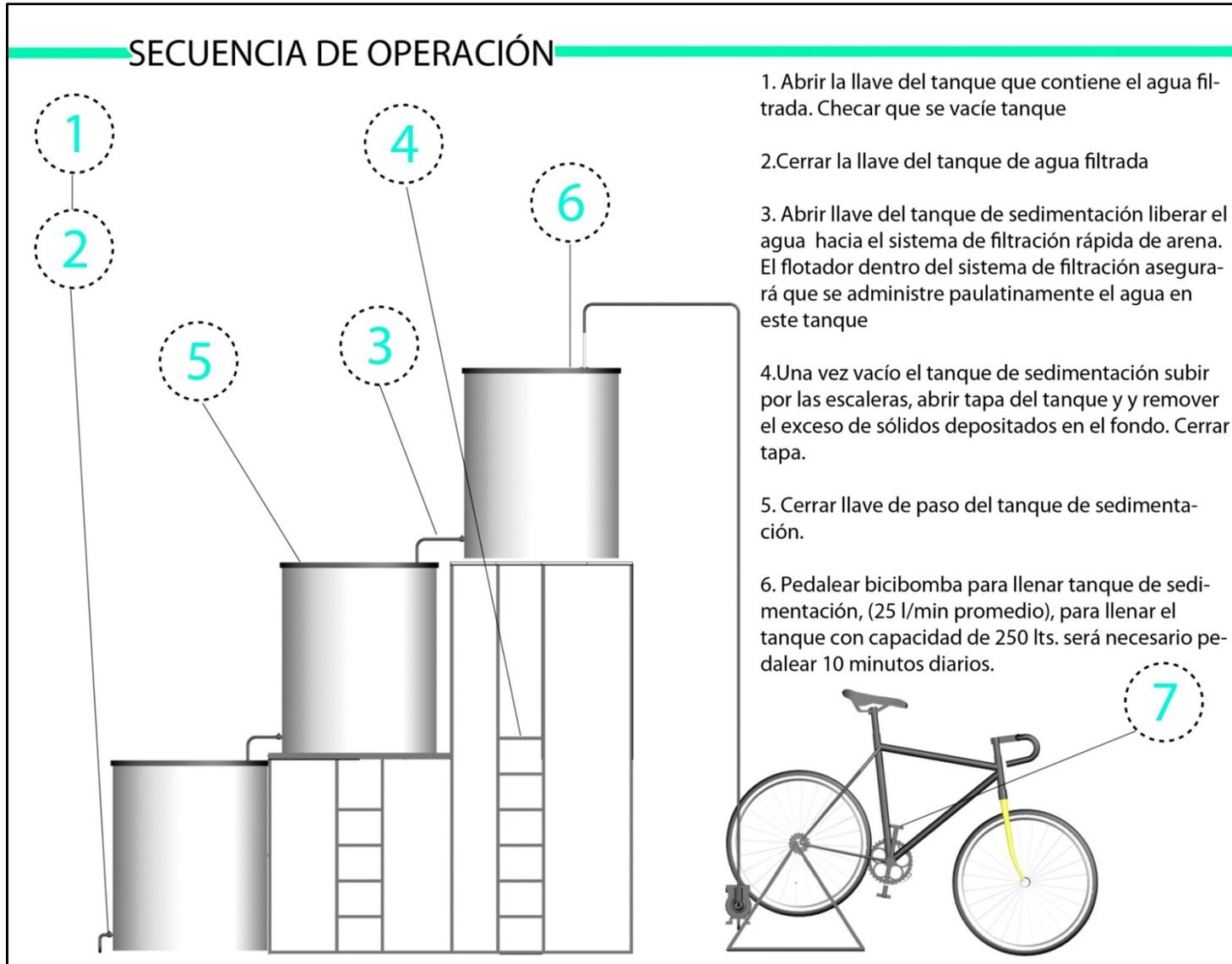


Figura 44. Secuencia de operación del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

### Secuencia de mantenimiento

1. Desmontar el tanque de sedimentación vacío de la estructura. Asegurarse de cerrar la llave del tanque
2. Lavar el tanque con cepillo y enjuagar hasta que quede limpio. Colocarlo de nuevo en la estructura
3. Fijar de nuevo la tapa, y asegurarse que quede ajustada la tubería de la bicibomba
4. Abrir el tanque y remover el agua superficial
5. Sacar la red que contiene la arena y que servirá como tamiz.
6. Remover la arena fuera del tanque, tallar (la fricción mecánica saca las impurezas del material a la superficie) y enjuagarla al chorro de agua. Reservar.
7. Enjuagar y tallar el interior del tanque que contiene el medio de filtración
8. Volver a colocar la malla en la llave del tanque
9. Llenar el tanque con 0.60 m con la arena limpia
10. Desmontar el tanque del agua filtrada, una vez vacío, tallar con el cepillo, enjuagar y volver a colocar.
11. Montar nuevamente en la estructura, de tal manera que las llaves de los tres tanques de tratamiento queden alineados
12. Pedalear para bombear agua hasta que el flotador llene el tanque de sedimentación nuevamente y comience el proceso de filtración.

"Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco"

<b>Tabla 24. Consulta para la resolución de problemas, monitoreo y reparación del sistema</b>		
<b>Mantenimiento</b>	<b>Equipo</b>	<b>Acciones</b>
Monitorear el proceso y desempeño para evaluar la calidad del agua, turbidez, color	Válvulas, medidores de flujo y calibradores, turbidímetro, tubo de NTU	a) Tomar muestras b) Incrementar la frecuencia de toma de muestras
Operación del filtro	Herramienta varia: llave española, llave allen, desarmador, navaja	a) Checar el ciclo completo del proceso de filtración b) Cerrar y abrir llaves de paso para checar cada parte.
Evaluación del medio filtrante	Equipo de limpieza recipientes y contenedores	a) Checar la profundidad de la cama de filtración b) Checar la limpieza. Reemplazar el medio, añadir nuevo si es necesario, limpiar
Checar el funcionamiento de las bombas	Herramienta varia: llave española, llave allen, desarmador, navaja	Hacer ajustes en el equipo. Atender cualquier ruido, vibración, o goteo
Checar la limpieza de los tanques	Equipo de limpieza recipientes y contenedores	Observar el interior de los tanques y la calidad del efluente
Mantener motores eléctricos libres de suciedad, polvo, humedad, y animales	Equipo de limpieza recipientes y contenedores	Limpiar el equipo
Checar bombas, tuberías y válvulas libres de goteos, ruidos inusuales o vibraciones	Herramienta varia: llave española, llave allen, desarmador, navaja	Limpiar el equipo, observar el funcionamiento
Inspeccionar el alineamiento de coples y tuberías	Herramienta varia: llave española, llave allen, desarmador, navaja	Alinear con la herramienta las tuberías con los tanques
Checar la correcta operación de válvulas	Herramienta varia: llave española, llave allen, desarmador, navaja	Checar el funcionamiento de la bicibomba y el flotador
Inspeccionar las condiciones del medio de filtración	Equipo de limpieza recipientes y contenedores	Hacer cambio del medio de filtración si es necesario, tamizar y enjuagar
Considerar los siguientes parámetros para la limpieza del filtro: head loss, nivel de turbidez del efluente, tiempo normal entre limpieza y limpieza.	Válvulas, medidores de flujo y calibradores, turbidímetro, tubo de NTU	Mantener records a) Calidad del agua, turbidez b) Proceso de operación: rangos de filtración y frecuencia de limpieza y mantenimiento c) Operación del equipo: reemplazos y ajustes

### 9.3.4. Conclusiones del sistema de filtración de Pre-tratamiento y Primario

La caracterización del sistema de filtración permite su desempeño para el cumplimiento de las demandas del contexto:

a) Biofísicos:

- Eficiencia de filtración de sólidos. Desde la primera etapa se impide el paso al sistema partículas mayores a 1.81 mm hasta la última etapa que retiene partículas de 0.02 mm. Cumplimiento con la normatividad NOM-032-ECOL-1993 de acuerdo a los límites de sólidos disueltos (TDS) 120 mg/l en el agua respecto al promedio de 458,4-411,1 mg/l actuales en la Chinampa Apantle REDES.
- Secundario a la eliminación de sólidos bacterias de coliformes fecales que se adhieren a estos son removidas también. Con ellos se refiere a la normatividad NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-CCA-033-ECOL/1993 respecto a los límites de colonias de coliformes fecales de 1000/100mg, al mantener un promedio en el agua del canal cuyos valores actuales van desde el nivel más aceptable de 400/100 mg al de 1500/100mg.
- Con la filtración de sólidos se garantiza una reducción de riesgos salubres en los cultivos.
- Se satisfacen los flujos de agua requeridos equivalentes a 0.5 m<sup>3</sup> diarios de agua. El gasto de agua para el riego de las hortalizas de 1 m<sup>3</sup> de dos a tres veces por semana.
- Toda la energía usada para el paso del flujo del agua a través del sistema es labor humana y por acción de la gravedad.
- Se garantiza una reserva de agua disponible, ya que para el funcionamiento del sistema es necesario delimitar una sección del canal para asegurar un refugio de agua que separe el recurso adecuado para riego del resto del agua del canal no filtrada.

b) Socioeconómicos,

- La tecnología es sencilla y de fácil comprensión, su construcción, operación y mantenimiento no requiere de tareas cognitivas complejas, ni requiere el empleo de dos personas al mismo tiempo, sin embargo si el sistema es operado en equipo se reduce el tiempo de inversión en el sistema.
- El equipo es accesible para su reparación, esto permite darle continuidad al sistema de filtración frente a cualquier eventualidad. La primera etapa consta de una malla montada en un marco de polines de madera. La segunda etapa requiere de tanques de agua, kit de válvula y flotador, arena, tubos de pvc, conexiones y válvulas.
- Para la construcción se necesita herramientas básicas como navaja, segueta, flexómetro, y un marcador permanente. Se requiere conocimiento previo sobre el manejo de estas herramientas básicas y el funcionamiento de cisterna de un inodoro.
- El tiempo de operación diaria toma 1 hr con 9 minutos, intermitentemente, ya que es necesario esperar que se vacíen los tanques. Bombear la cantidad de agua necesaria con la bicimáquina toma 20 minutos.

- El sistema requiere labor de mantenimiento una vez a la semana y esto toma 2 hrs aproximadamente.
- No hay operaciones ni mantenimiento complicado que requiera del conocimiento especializado de miembros ajenos a la comunidad. La reparación del sistema requiere de tareas como inspeccionar el alineamiento y ensamble de tubería, llaves y conexiones, verificar algún bloqueo, limpiar el sistema, o reemplazar la arena que es el medio de filtración.
- Es posible encontrar en ferreterías material de reemplazo. Excepto por la bicimáquina que es el equipo más caro de todo el sistema (\$3250), respecto al resto del equipo, lo más costoso son los tanques (\$651.36) y lo más barato los coples de pvc (\$5). Nota: precios de junio 2015.
- El sistema es relativamente costeable de acuerdo al ingreso percibido por los miembros del agro ecosistema. La inversión total es de del sistema es de \$13, 272. El ingreso de un jornalero es de aproximadamente \$10,000 mensuales, la compra entre varios miembros beneficiados de la comunidad es viable. Nota: precios de junio 2015.
- El tiempo estimado de construcción entre dos personas es de 7 hrs.

## 10. Conclusiones

Durante la exploración de la problemática y el planteamiento de soluciones probables que den respuesta a la necesidad de un abastecimiento de agua con calidad y cantidad suficiente para suplementar las labores agrícolas llevadas a cabo en la Chinampa Apantle REDES, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- De la hipótesis planteada, la innovación tecnológica se concreta a partir de estrategias elaboradas del ejercicio del pensamiento de Diseño para la formación de discursos, gracias a una visión sistémica que integra el análisis de los componentes biofísicos, políticos, históricos, sociales y culturales que componen la realidad actual de las chinampas de Xochimilco. Producto de la articulación del discurso se pudieron establecer criterios y alcances para una propuesta de estrategias para la innovación tecnológica.

La problemática fue concebida bajo un entendimiento del paradigma de la Sustentabilidad, que fue la óptica bajo la que se interpretó y aprehendió la realidad, como un concepto dinámico cuyas metas sobre la perpetuación de la vida se construyen de acuerdo a una interpretación de las condiciones sociales y ecológicas locales.

- La deliberación que conllevó el proceso de investigación determinó que la consumación de la Sustentabilidad, aplicado dentro de la escala de los sistemas humanos, adquiere una dimensión utópica, desde el punto de vista que su definición depende de los criterios con los que sea interpretada la noción sobre lo que es deseable perpetuar para la posteridad, por lo tanto no existe una definición única y objetiva para decretarla.

Sin embargo desde el deseo de conducir un sistema hacia su conservación es posible establecer metas a largo plazo fundadas desde la experiencia de las comunidades locales, que tengan la intención de orientar el comportamiento humano hacia prácticas más sustentables, es decir, es plausible proponer dinámicas que mantengan el funcionamiento de un sistema a largo plazo de manera que se procure el equilibrio de las actividades humanas con su medio ecológico.

- Desde estas aspiraciones, el proceso de investigación advierte que los patrones de desarrollo vigentes difieren con las metas de conservación y restauración de la agricultura chinampera y su entorno característico. La propuesta de innovación tecnológica demuestra teóricamente que es un medio que consume un cambio de enfoque a través de acciones consecuentes para detonar el potencial agroecológico de las chinampas y convertirse en un modelo productivo social y ambientalmente sustentable. La tecnología fue identificada como el medio apropiado para recrear y replantear otras posibilidades de participación de la comunidad sobre su entorno para el aprovechamiento controlado de los recursos. El Diseño y sus disposiciones acerca de la elección tecnológica anticipan ciertas relaciones con el medio ambiente y el medio social, son mecanismos articulados para encaminarse a los anhelos previstos. El sistema de filtración para la gestión del recurso hídrico es una reconfiguración de los elementos del espacio para integrar una unidad que encauza la actividad humana de manera controlada para el abastecimiento de agua apta para el riego agrícola vital en las actividades productivas de las chinampas.
- De acuerdo al planteamiento del Diseño como una disciplina capaz en la gestión y planteamiento de sistemas, la deliberación teórica coordina y respalda la configuración tangible de una estructura capaz de mantener los parámetros

suficientes que aseguran la calidad del agua en el complejo chinampero para las actividades agrícolas.

A pesar de que esto no fue comprobado en campo, pues no hubo contacto del sistema de filtración con la comunidad, las premisas del modelo de filtración y el discurso que lo respalda, justifican y revelan que las estrategias de diseño pueden elaborar alternativas significativas a favor de una transición positiva en un sentido previsto para ordenar las relaciones existentes entre las diferentes escalas que integran al medio ambiente, desde los objetos hasta la integración completa de los elementos del contexto para conducir las interacciones del ser humano con el propósito de conformar una unidad sistematizada.

El sistema de filtración anticipa una conducción orientada de la actividad humana sobre el recurso hídrico para permitir su regeneración como una fuente vital para las actividades que le dan sustento a la comunidad, para lo cual es necesaria una infraestructura a través de la cual se reconstruyan las sinergias entre los miembros del agroecosistema, de tal manera que estas nuevas prácticas canalicen el uso de los recursos hacia una transición para su recuperación continua a través del tiempo.

- El análisis multidimensional de una realidad compleja permitió coordinar, componer y articular soluciones estratégicas para la composición de un sistema que contempla los diversos niveles que constituyen la problemática. El Diseño como una disciplina formadora de estrategias quedó explícito durante todo el proyecto, sin embargo se pudieron identificar dos etapas fundamentales, en una primera instancia se acotaron una serie de situaciones que formularon una problemática a partir de la cual se planteó una dirección hacia donde se quiere llegar; consecutivamente en un segundo momento, se definieron los medios adecuados para consumir los objetivos.
- El Diseño se sirve de un enfoque sistémico para abarcar los alcances de una serie de circunstancias identificadas como problemáticas y entonces, homogeneiza un discurso que argumente la pertinencia de su intervención, apoyada por una práctica interdisciplinaria; esta es una característica imprescindible en la planeación de estrategias que intervengan significativamente respecto a la heterogénea composición de las problemáticas socio-ambientales actuales.

Los rasgos de sustentabilidad que caracterizaron al sistema propuesto, están diseñados de acuerdo a un espacio y tiempo específicos, son una solución temporal que responden a una serie de requisitos que dieron las pautas para emprender decisiones durante el transcurso del proyecto.

De las características operativas del sistema, de acuerdo a los resultados del “Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad”, se pudieron definir las cualidades de los atributos que le dan un carácter sustentable a la serie de tecnologías de filtración que componen el sistema final:

- a. Innovadora, porque mediante el diseño del sistema de filtración se pretenden organizar las interacciones entre el recurso hídrico del agroecosistema y el ser humano de una manera sin precedentes.
- b. Simple y confiable, porque los elementos que la conforman están diseñados para ser de fácil comprensión, construcción, mantenimiento y operación de acuerdo al nivel de conocimientos generales y los recursos económicos de la comunidad.
- c. Autogestiva, porque es una tecnología que puede ser dominada, ya que la comunidad cuenta con las herramientas necesarias para disponer y resolver conflictos en pro del mantenimiento y gestión del agua.
- d. Eficiente, porque cumple con los objetivos de filtración de sólidos.

- e. Productiva y autosuficiente, porque satisface la cantidad de agua filtrada requerida diariamente.
- f. Estable, porque la solución reside en la disponibilidad local de la mano de obra y los materiales para su funcionamiento.
- g. Resiliente, porque al estar planeada para funcionar en medida de las posibilidades de la comunidad, el desempeño del sistema puede reponerse o adaptarse ante las contrariedades y los cambios.
- h. Adaptable, porque al ser un sistema pensado modularmente, puede ser implementado bajo otras configuraciones geográficas e igualmente puede ser reconfigurada conforme a otros objetivos de filtración de agua.

## Recomendaciones

Al emprender cualquier proyecto que plantee un desarrollo productivo autogestivo en una comunidad, es importante reflexionar cómo se concibe la naturaleza y cuál es la postura ante ella, ya que de este planteamiento dependerán las relaciones que culturalmente sucedan. La toma de decisiones sobre los recursos tecnológicos disponibles, manifiestan cómo se concibe la naturaleza, ostenta la voluntad y lo que se espera sobre el medio ambiente. Desde el paradigma de la Agroecología, la relación de la naturaleza se concibe a partir de su reciprocidad con la productividad de la tierra, una sinergia equilibrada y complementaria entre el medioambiente y la sociedad, en donde ninguno de los elementos del sistema es prioritario sobre el otro, ya que la fortaleza del agroecosistema radica en los principios de unidad de sus interacciones.

La innovación tecnológica que se formula desde la disciplina del Diseño para la actualización de las prácticas productivas bajo las expectativas sustentables, tiene la intención de ser un medio para cooperar con el desarrollo de la agroecología chinampera hacia la meta de ser un proyecto autogestivo en sus recursos y con ello, apoyar el empoderamiento de la comunidad chinampera tradicional de Xochimilco.

El escenario anhelado, cuya realización queda pendiente, es la apropiación de la tecnología que se supone conveniente a las condiciones sociales de la comunidad que asegure el acceso a un recurso de calidad para el riego agrícola en el complejo chinampero, independientemente de los fenómenos y dinámicas externas que amenaza su calidad y disponibilidad. Es decir, el sistema de tratamiento de agua pretende la rehabilitación del recurso hídrico para el riego de cultivos de consumo humano, sin que esta posibilidad esté subordinada a las condiciones y dinámicas prevaletentes de su entorno, o que esto dependa de la intromisión de un cuerpo regulador que tenga la extensa labor de controlar todas aquellas circunstancias que inciden y afectan el cuerpo de agua de los canales.

Con la aplicación de los principios teóricos y lineamientos éticos, queda latente la posibilidad que los miembros que gestionan el agroecosistema, mediante la planeación estratégica y controlada de sus actividades y recursos, se atribuya el derecho de decidir su concepto de bienestar y forjarlo. Esta investigación pretende postular que el Diseño es una disciplina apropiada para precisar y proyectar disposiciones sobre el medio ambiente de forma congruente en acciones concretas.

Al respecto, la tecnología es un instrumento propicio para programar el medioambiente consecuentemente, el tratamiento de agua puede aportar a limitar las dependencias y carencias de agua de la comunidad, hacia mejoras sociales derivadas de sus capacidades productivas y ambientales para gestionar el recurso hídrico vital para el agroecosistema, de tal manera que la instrucción y aleccionamiento sobre la técnica, encauzadas por una visión a largo alcance, puede asegurar un abastecimiento de agua apta para el riego, independientemente de los fenómenos y procesos que afectan el agua de los canales y que no están dentro de sus alcances intervenir. El acceso a un recurso con las cualidades idóneas

o esperadas, permiten más allá de su conservación y regeneración, encaminarse hacia una relación socio ambiental armónica.

La chinampería que subsistió marginada del proceso de urbanización, actualmente con los discursos sobre Sustentabilidad que vislumbran esquemas productivos que reemplazan las prioridades de las estructuras vigentes por una racionalidad basada en otros valores, resiste y se reinventa. La innovación tecnológica, más que una reapropiación de los recursos, representa un símbolo de re significación y apreciación de los mismos.

Algunas reflexiones generales fruto del proceso de investigación, es la tensión y contradicción entre lo que se plantea desde la Sustentabilidad ecológica y cultural, con las dinámicas vigentes en el entorno urbano

Ante el concepto dinámico de Sustentabilidad como un ideal que se construye localmente, en el caso de las chinampas de Xochimilco no se pretende regresarlas a su estado original en un ideal bucólico de lo que alguna vez fueron, ya que tal postura sería retrógrada frente a las condiciones temporales y espaciales actuales. Si bien, las dinámicas prevalecientes del desarrollo urbano, dentro del que quedaron atrapadas las chinampas de Xochimilco, y los argumentos sustentables sobre la restauración y conservación ecológica, tienen retóricas y motivaciones antagónicas e irreconciliables, la existencia de estos recintos es capaz de suscitar fenómenos favorables y mejores prácticas que mejoran la calidad de vida en el entorno ciudadano.

La estimación de la chinampería ha sido reinterpretada de acuerdo al cambio de valores que surgen de las diferentes tendencias ambientalistas, es entonces que emergen argumentos para revalorarlas como lugares emblemáticos e imprescindibles de la Ciudad de México. Su riqueza reside de la coyuntura de sus características ecológicas como un refugio de la naturaleza y de biodiversidad, con su potencial alimenticio, recreativo, cultural y arqueológico.

Es de considerarse que la capitalización de los cultivos por medio del comercio no se contrapone a las metas de conservación y restauración, en la medida que se cumpla con los preceptos agroecológicos respecto al balance de la biodiversidad, la retribución económica es necesaria para la comunidad dado que esos ingresos contribuyen a su supervivencia en su contexto urbano actual.

Otra reflexión que se derivó del proceso de exploración de la problemática, es referente a la disparidad entre el discurso oficial y la realidad operativa. Se aprecia en el panorama de Xochimilco, una tensión entre las actividades humanas productivas sobre el medio ambiente y la incongruencia del manejo de la región con las políticas institucionales que designan al sitio como Patrimonio de la Humanidad, Área Natural Protegida, Zonas de Conservación Ecológica del DF, y Sitio Ramsar.

El desequilibrio del cauce original del agua, dentro de una cuenca originalmente hidrológica alteró completamente el medioambiente social y ecológico. Los fenómenos derivados de la explotación y la falta de planificación sobre la gestión del recurso hídrico en Xochimilco es prueba del manejo incongruente, la ausencia de orden y regulación sobre las actividades que se llevan a cabo en el territorio, las consecuencias imprevistas son palpables en una mayor presión sobre los recursos y alteraciones en el paisaje de toda la zona. Las distinciones y decretos hechos sobre Xochimilco debieran garantizar que el gobierno de la zona es dirigida congruentemente para perpetuar las características que lo hacen excepcional.

La problemática que aborda esta tesis es una porción ínfima de un problema de mayor complejidad y magnitud que rebasa los alcances de este trabajo, existe urgentemente la necesidad de una infraestructura que ordene territorialmente el cauce del agua, un plan completo que controle y administre el recurso de acuerdo a su temporalidad y espacio para gestionar razonablemente su manejo y disponibilidad de acuerdo a las actividades propias de la región. Cualquier propuesta de estas dimensiones debe atender no solo el mantenimiento y salud de la red de canales, sino el problema se extiende hacia los

hundimientos de la zona debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, el control de las fuentes de contaminación y las fallas en los demás sistemas que inciden en la disposición del recurso.

Una posibilidad que el presente trabajo abre hacia otras brechas de investigación es la necesidad de los filtros de agua sustentables, no solo para el consumo humano sino lo que respecta al riego agrícola dentro del panorama actual de las comunidades campesinas y de pequeños productores. Cada vez es más restringido y complicado el acceso al agua potable, siendo menos común la posibilidad de hallar fuentes no contaminadas, quedando reservado el recurso con esta calidad para consumo humano.

La insuficiencia o mala calidad del agua es una situación frecuente en el campo y las comunidades, el riego de cultivos se realiza con los medios disponibles que no siempre son los idóneos, como aguas residuales de actividades domésticas, industriales o agropecuarias, lo cual representa un riesgo para la salud de los consumidores y para los agroecosistemas.

Si una comunidad que ha experimentado la escasez o mala calidad del recurso, tiene la ocasión de aprender acerca de la conservación del agua y acceso a tecnología sobre cómo gestionarla, esto representaría una oportunidad para incrementar su calidad de vida y optimizar sus prácticas cotidianas.

En general el panorama sobre la administración del agua para las comunidades campesinas y los pequeños productores no es muy alentador, esta circunstancia se suma a una serie de condiciones sociopolíticas adversas (reformas agrícolas, políticas sobre una posible privatización del agua, acuerdos comerciales extranjeros, desmantelamiento de la red de apoyos al campo) que fomentan el empobrecimiento y crisis de estos grupos, en detrimento de la diversidad y soberanía alimenticia de México.

El Diseño en su capacidad de orquestar y estructurar *escenarios deseables* que vinculan a las sociedades con su medio ambiente, desde la integración de un discurso unívoco que suscitan la aportación de diversas disciplinas desde una serie de circunstancias específicas, recurre a la aplicación tecnológica para consumir las intenciones de antemano proyectadas. En relación a ello, las tecnologías pueden ser consideradas como sustentables cuando las condiciones del contexto así las determinan, de acuerdo a ellos algunas de sus atributos imprescindibles es que son innovadoras, simples e incorporan exclusivamente los recursos disponibles localmente. Desde las perspectivas e inferencias que permitieron esta investigación, parecen ser una vía adecuada para colaborar en el desarrollo de comunidades, especialmente útiles para intervenir en aquellas que han atravesado crisis ecológicas y sociales, porque son medios cuyo funcionamiento es inocuo social y ecológicamente, pero benéfico en ambos sentidos.

# 11.

## Bibliografía

Aguilar, M. d. (2011). El ahuejote en la restauración del paisaje de Xochimilco. *Bitácora UNAM*, 50-53.

Alcances, D. (22 de diciembre de 2014). <http://www.institut-gouvernance.org/fr/experienca/fiche-experienca-27.html>. Obtenido de El Proyecto Unesco-Xochimilco (PUX), en la Ciudad de México.

Allen, P. a. (2000). The Capitalist Composition Of Organic: The potential of markets in fulfilling the promise of organic agriculture. *Agriculture And Human Values Vol 17*, pp.221-322.

Alonso, J. S. (2006). *Epistemología, Historia y Sociología de la Ciencia*. Barranquilla: Cencys.

Altieri, M. A. (1995). Boulder Westview Process.

Altieri, M. A. (2001). California: Universidad de California, Berkeley.

Altieri, M. A. (2002). Berkeley, USA: Department of Environmental Science Policy and Management, University of California.

Altieri, M. A. (2001). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. California: Universidad de California, Berkeley.

Altieri, M. A. (2002). *Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments*. Berkeley, USA: Department of Environmental Science Policy and Management, University of California.

Altieri, M. A. (1995). *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder Westview Process.

Altieri, M. A. (1987). *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Boulder: Westview Press.

Altieri, M. A. (1999). *The ecological role of biodiversity in agroecosystems*. Berkeley CA, USA: Department of Environmental Science, Policy and Management, University of California.

Astier, M., & González, C. (2008). Valencia, España: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM, GIRA.

Astier, M., & González, C. (2008). *Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos*. Valencia, España: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM, GIRA.

Astier, M., Maser, O. R., & Miyashi, G. (2008). En O. M.-R. Yankuic Galván-Miyoshi. Valencia España: CEAE, ECOSUR, CIECO, SIGA, UNAM, GIRA.

Astier, M., Masera, O. R., & Miyashi, G. (2008). Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico y multidimensional. En O. M.-R. Yankuic Galván-Miyoshi, *Las evaluaciones de sustentabilidad* (págs. 41-58). Valencia España: CEAE, ECOSUR, CIECO, SIGA, UNAM, GIRA.

Astier, M., Masera, O. R., & Miyashi, G. (2008). Evaluación de sustentabilidad un enfoque dinámico y multidimensional. En R. G. Barrios, & L. G. Barrios, *La sociedad controlable y la sustentabilidad* (págs. 173-192). Valencia España: CEAE, ECOSUR, CIECO, SIGA, UNAM, GIRA.

Astier, M., Ridaura, L., Agis, P., & Masera. (2000). *El marco de evaluación MESMIS y su aplicación en un sistema agrícola campesino en la región purépecha*. México DF: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C.

AWWA, (. W. (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Ayers, R., & Westcot, D. (1985). *Water quality for agriculture*. Rome Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Baldor, Á. F., Boni, A., & Hueso, A. (2012). Technologies for Freedom: Una visión de la tecnología para el desarrollo humano. *Estudios de Economía Aplicada*, vol. 30, núm. 3, diciembre, , 971-995.

Beder, S. (1994). The Role of Technology in Sustainable Development. *Technology and Society*, Vol. 13, no. 4, Winter 1994 , pp. 14-19.

Bernardo, L. d. (2006). *Rapid filtration. Performance of two stage filtration system for treating high turbidity water*. Sao Paulo: University of Sao Paulo Brazil.

Board, N. O. (1995). <http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/ofp/ofp.shtml>.

Boehm Schoendube, B. (2006). Reseña de "A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX" de María Eugenia Terronez López. *Historia Mexicana*, vol. LVI, núm. 1, julio-septiembre, , pp. 350-357.

Bookchin, M. (1964). *Ecology and Revolutionary Thought*. The Anarchist Library .

Bourdieu, P. (2010). *"El sentido social del gusto". Elementos para una sociología de la cultura*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores.

Buchanan, R. (2006). Design Research and the New Learning. *Design Issues* , March 13 Autumn 2001, Vol. 17, No. 4.

Buchanan, R. (1999). Introduction: Design and Organizational Change. *Design Issues* , Design Issues: Volume 17, Number 4.

Calinescu. (1998). *Five faces of modernity*.

- Calva, J. L. (1982). *Probables Efectos de un Tratado de Libre Comercio en el campo mexicano*. San Jose State University: National Association for Chicana and Chicano Studies Annual Conference.
- Capra, F. (1997). *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems*. NY, USA: Anchor (September 15, 1997).
- Capuz Rizo, S., & Gómez Navarro, T. (2011). *Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Cedillo, J. G. (2009). *Evaluación de la sustentabilidad en agro ecosistemas*. Estado de México: Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cisneros, L., & Zambrano, L. (2007). Aplicaciones prácticas para la conservación y restauración de humedales. En O. Sanchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (págs. pp 167-188). México DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. United Fish and Wildlife Service julio.
- Claver Enrique, L. J. (España 1998). Organizational culture for Innovation and new technological behaviour. *The Journal of High Technology Management Research, Volume 9, Number 1* , pages 55-68.
- CONAGUA. (2009). *Estadísticas del Agua de la Región Hidrológico-Administrativa XIII, Aguas del Valle de México*. México DF: Comisión Nacional del Agua.
- Concepción, V. A., Heydrich, S. C., & Gaonai, C. F. (2006). *Evaluación de las prácticas agrícolas y la Sustentabilidad de la zona lacustre en Xochimilco*. México DF: Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias, Unidad de Análisis Ambiental UNAM.
- Cristiani, B. C. (1989). *La chinampería actual en el Valle de México*. Obtenido de <http://www.pa.gob.mx/publica/pa070510.htm>.
- Crouch, P. C. (2012). *Doing Research in Design*. London Uk: Oxford: Berg.
- Dorst, K. (2006). Design Problems and. *Design Issues: Volume 22, Number 3* .
- Durgananda Singh Chaudhary, S. V.-H. (2003). *Biofilter in Water and Wastewater Treatment*. Faculty of Engineering, University of Technology, Sydney.
- Ekins, P. (London UK 2011). *System Innovation for Environmental Sustainability: Concepts, Policies and Political Economy*. "Eco-Innovation Policies for a Green Economy". Editorial Physica-Verlag .
- EPA. (2011). *Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plan Operators, Engineers and Managers*. Cincinnati Ohio USA: land Remediation and Pollution Control Division. Office of Research and Development US Environmental Protection Agency. August.

Espinosa, J. G. (15 de junio de 2013). Cronista del Pueblo de San Luis Tlaxiátemalco. Hortalizas en las chinampas de Xochimilco. *La Jornada del campo* .

FAO. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura:¿Beneficios para todos?* Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO, & SAGARPA. (2012). *Línea de base del Programa de Sustentabilidad de Recursos. Subíndice de Uso Sustentable del Agua Metodología de Cálculo*. México D.F.

Friedrich, T. (2014). *Marco Teórico: Intensificando la producción de manera sostenible. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO.

Fry, T. (2009). *Design Futuring: Sustainability, ethics and new practice*. Oxford: Berg Publishers Ltd.

Furtado, C. (1967). *Teoría y política del desarrollo económico*. México DF: Siglo Veintiuno Editores.

Gaceta Oficial DF, D. F. (11 de enero 2006). *Órgano del Gobierno del Distrito Federal*. México Distrito Federal,; DÉCIMA SEXTA ÉPOCA No. 5.

Gaceta Oficial DF, D. F. (11 de enero 2006). *Órgano del Gobierno del Distrito Federal*. México Distrito Federal,; Décima Sexta Época No. 5.

Gallegos Ramirez, M. ( 2011 ). El desarrollo humano sustentable no es posible en el capitalismo. La construcción de (algunas) alternativas desde abajo. *Ediciones Herramienta. Rivadavia 3772 - 1º "B" (1204) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Octubre Año XV* .

García, B. M. (2014). *Alimentos sustentables a la carta, de la tierra a la mesa*. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO.

George, P. R. (2000). *Agricultural Water Quality Criteria Irrigation Aspects*. Director General, Department of Agriculture Western Australia 2004: Resource Management Technical Report No.30.

González Carmona, E., & Torres Valladares, C. I. (2014). La Sustentabilidad agrícola de las chinampas en el Valle de México: caso Xochimilco. *Revista Mexicana de Agronegocios vol XVIII núm. 34 enero-junio. Sociedad Mexicana de Admnsitración agropecuaria AC Torreón México* , pp 699-709.

González, E. L. (2012). *Interdisciplina y transdisciplina:aportes desde la investigación y la intervención social universitaria*. Guadalajara: ITESO.

Grammont, H. C. (2001). El campo mexicano a finales del siglo xx. *Revista Mexicana de Sociología, Vol. 63, No. 4* , 81-108.

Grammont, H. C. (1991). El futuro del campo mexicano frente al Tratado de Libre Comercio. *Revista Mexicana de Sociología, Vol. 53, No. 3, El Tratado de Libre Comercio y la Frontera* , 125-141.

- Habermas, J. (1968). *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos.
- Hamm, M. W. (2003). Community Food Security and Nutrition Educators. *Journal of Nutrition Education and Behaviour* , Volume 35, Issue 1, 37-43.
- Hernández, M. L., Espinosa, G. R., Torres, G. F., Macías, A. F., & Lind, O. T. (2010). Efecto de agua tratada sobre la biomasa del perifiton de dos sitios del área lacustre de Xochimilco utilizando un microcosmos artificial. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente Vol. 10 Núm 19* , 39-61.
- Hope, P., Esperón, E., & Granados, F. (1951). *Estudio físico, químico y microbiológico de los suelos de Xochimilco*. México DF: UNAM Memoria del Congreso Científico Mexicano vol 2.
- Ibarra, A. A. (2010). Calidad del agua, un enfoque multidisciplinario. En B. E. Cisneros, *Soluciones tecnológicas a la calidad del agua* (págs. 177-199). México DF: Instituto de Investigaciones Económicas UNAM.
- INAFED, E. d. (2006). <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM09DF/delegaciones/09013a.html>.
- Kemp, R. (2001). Technology and the Transition to Environmental Sustainability. *Futures. MERIT, PREST in Manchester* .
- Kemp, R. (2001). Technology and the Transition to Environmental Sustainability. *Futures. MERIT, Prest in Manchester* .
- Lage, J. G. (2012). Agricultura y desarrollo rural. *Agendas* .
- Leff, E. (2004). *"Racionalidad Ambiental, la reapropiación social de la naturaleza"*. México DF: Editorial Siglo XXI.
- Leff, E. (2004). México DF: Editorial Siglo XXI.
- Leff, E. (2011). Sustentabilidad y racionalidad ambiental:hacia "otro" programa de sociología ambiental. *Revista Mexicana de Sociología 73, núm 1 (enero-marzo). Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales* , 5-46.
- Legorreta, J., Contreras, M. d., Flores, M. d., & Jiménez, N. (2007). *Los pozos y sus efectos: El hundimiento de la Ciudad*. México DF: Planeta.
- Lelé, S. M. (1991). Sustainable Development" A Critical Review. En *World Development vol. 19, no. 6* (págs. 607-621). London UK: Pergamon Press.
- Lomelí, L. F. (2009). *El Ambientalismo*. México DF: Nostra Ediciones.
- López, M. E. (2004). *A la orilla del agua. Política, urbanización y medio ambiente. Historia de Xochimilco en el siglo XX*. México DF: Colección Proyectos Especiales, Editorial Mora.
- Madge, P. (1997). Ecological Design: A New Critique. *Design Issues, Vol. 13, No. 2, A Critical Condition: Design and Its Criticism* , 44-54.

- Manzini, E. (1996). *Artefactos*. Barcelona España: Celeste.
- Manzini, E. (2008). *Collaborative organisations and enabling solutions. Social Innovation and design for Sustainability. In Collaborative Services*. Milan Italy: Edizioni Polidesign.
- Manzini, E. (2007). *Design, social innovation and sustainable ways of living*. Milan Italy: DIS-Indaco, Politecnico di Milano.
- Manzini, E. (2003). Scenarios of sustainable well-being. *Design Philosophy Papers Issue 1* .
- Manzini, E., Meroni, A., & Jegou, F. (2009). *Design oriented scenarios: generating new shared visions of sustainable product service systems*. Delft: Delft University of Technology, United Nations Environment Programme.
- Margolin, V. (1998). Design for a Sustainable World. *Design Issues, Vol. 14, No. 2* , 83-92.
- Masera, O., Astier, M., & Ridaura, S. L. (1999). *Sustainability and natural resource management*. Ciudad de México: Mundiprensa, GIRA, UNAM.
- Masera, O., Astier, M., Ridaura, S. L., & Miyoshi, Y. G. (2008). En O. Masera, M. Astier, S. L. Ridaura, Y. G. Miyoshi, T. O. Ávila, L. E. Barrios, y otros. Valencia España: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM, GIRA.
- Masera, O., Astier, M., Ridaura, S. L., & Miyoshi, Y. G. (2008). Evaluación de sustentabilidad. En O. Masera, M. Astier, S. L. Ridaura, Y. G. Miyoshi, T. O. Ávila, L. E. Barrios, y otros, *El proyecto de evaluación de Sustentabilidad MESMIS* (págs. 13-22). Valencia España: SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM, GIRA.
- Mazari-Hiriart, M., Ponce de León, S., Vidal, Y. L., Macias, P. I., Fernandez, R. I., & Falconi, F. Q. (2008). *Microbiological Implications of Periurban Agriculture and Water Reuse in Mexico City*. México DF: PLoS ONE 3(5): e2305. doi:10.1371/journal.pone.0002305.
- McEntee, J. (2010). Contemporary and traditional localism: a conceptualisation of rural. *Local Environment Vol. 15, Nos. 9–10, October–November* , 785–803.
- Mebratu, D. (1998). *Sustainability and sustainable development: historical and conceptual view*. New York, USA: International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University. Elsevier Science Inc.
- Meroni, A. (2007). *Creative Communities. People inventing sustainable ways of living*. Milán Italia: Edizioni Polidesign.
- Meroni, A., & Sangiorgi, D. (2011). *Design for services*. Surrey: Gower Publishing Limited.
- Mhaisalkar, V. A., Bassin, J. K., Paramasivam, R., & Khanna, P. (1993). Dynamic programming optimization of water treatment plant design. *Journal of Environmental Engineering Vol. 119, No. 6* , 1158-1175.
- Moreno, M. J. (2013). *Resiliencia y adaptabilidad del sistema chinampero de Xohimilco*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México.

Næss, A. (1973). *The Shallow and the Deep, Long range ecology movement. A summary*. Oslo Norway.

Nicholls, C., & Altieri, M. A. (2005). México DF: United Nations Environment Programme PNUMA, University of California, Berkeley.

Nicholls, C., & Altieri, M. A. (2005). *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture*. México DF: United Nations Environment Programme PNUMA, University of California, Berkeley.

Nicholls, C., & Altieri, M. A. (2005). *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture*. México DF: United Nations Environment Programme PNUMA, University of California, Berkeley.

Norman, D. (1994). *Things That Make Us Smart: Defending Human Attributes In The Age Of The Machine*. NY USA: Basic Books; Reprint edition (April 21, 1994).

Onyeka Nkwonta, G. O. (2009). *Roughing filter for water pre-treatment technology in developing countries: A review*. Pretoria 0001, South Africa: Department of Civil Engineering, Tshwane University of Technology,.

Otto Stephan, E. (2006). *Xochimilco hoy una realidad insustentable*. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

Otto, E. S. (1997). México DF: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales Universidad Nacional Autónoma de México, 9 de septiembre.

Otto, E. S. (1998). *Asamblea de CONferencias Legislativa del DF "Plan de Manejo Integral de la zona chinampera"*. México DF: Salón Verdey Auditorio Benito Juárez 4 y 7 de diciembre.

Otto, E. S. (1998). Ciclo de conferencias "Las chinampas y los canales de Xochimilco y Tláhuac". *Asamblea de CONferencias Legislativa del DF "Plan de Manejo Integral de la zona chinampera"*. México DF: Salón Verdey Auditorio Benito Juárez 4 y 7 de diciembre .

Otto, E. S. ( 1997). *La chinampa, "cosa jamás vista en este mundo y sus creadores"*. México DF: Facultad de Ciencias Políticas y Sociales Universidad Nacional Autónoma de México, 9 de septiembre.

Pablo Torres-Lima, B. C.-C.-R. (buscar año). *Urban sustainable agriculture: The paradox of the chinampa*. México DF: Universidad Autonoma Metropolitana-Xochimilco.

PAOT, P. A. (2013). *"Estudio para la elaboración de un seguimiento participativo de la zona chinampera para identificar los riesgos relacionados con la afectación de la calidad de agua y los hundimientos en Xochimilco"*. México DF: Consultores en Gestión Política y Planificación Ambiental S.C. (GPPA) diciembre.

PAOT, P. A. (2013). *"ESTUDIO PARA LA ELABORACION DE UN SIG PARTICIPATIVO DE LA ZONA CHINAMPERA PARA IDENTIFICAR LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA AFECTACION DE LA CALIDAD DE AGUA Y LOS HUNDIMIENTOS EN XOCHIMILCO"*. México DF: Consultores en Gestión Política y Planificación Ambiental S.C. (GPPA) diciembre.

Pardo Tovar, A. (1970). *Historia de la filosofía y filosofía de la historia*. Bogotá: Ediciones Tercer Mundo.

Patil V.B., K. G. (2012). Performance of Horizontal Roughing Filters for Wastewater. *International Research Journal of Environment Sciences Vol. 1(2), September*, 53-55.

Patris Cecile, G. V. (28 February 2001). "Technological Innovation fostering sustainable development". "Levers for sustainable development": Work & Technology Research Centre Foundation Travail-Université.

Pescod, M. (1992). *Wastewater treatment and use in agriculture FAO irrigation and drainage paper 47*. Rome, Italy: FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Pozo, A. G. (2010). *Las chinampas de Xochimilco al despuntar del siglo XXI: Inicio de su catalogación*. México DF: Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Reyes-Ortigoza, A. L., & García-Calderón, N. E. (2004). *Evolución de las fracciones húmicas de suelos en la zona chinampera de la Ciudad de México*. México: TERRA Latinoamericana, Vol. 22, Núm. 3, julio-septiembre, 2004, Universidad Autónoma Chapingo.

Rigby, D., & Bown, S. (2003). *Organic Food and Global Trade: Is the Market Delivering Agricultural Sustainability?* Manchester UK: The University of Manchester. School of Economic Studies, Discussion Paper Series.

Rivera, C. (2009). *¿El desarrollo sostenible al servicio del capitalismo o del medio ambiente?* Santiago de Calí, Colombia: Colegio Bolívar.

Rudy, A., & Light, A. (1995). Social ecology and social labor: A consideration and critique of Murray Bookchin. *Capitalism Nature Socialism Volume 6, Issue 2*, pp 75-106.

Sánchez, C., & Díaz-Polanco, H. (2011). *Cuicuilco núm 52 septiembre-diciembre*, 2-34.

Sánchez, C., & Díaz-Polanco, H. (2011). Pueblos, comunidades y ejidos en la dinámica ambiental de la Ciudad de México. *Cuicuilco núm 52 septiembre-diciembre*, 2-34.

Sánchez, C., & Polanco, H. D. (2011). México DF: Cuicuilco, vol 18 num 52 septiembre-diciembre 2011 pp 191-224 Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Sánchez, C., & Polanco, H. D. (2011). *Pueblos comunidades y ejidos en la dinámica ambiental de la Ciudad de México*. México DF: Cuicuilco, vol 18 num 52 septiembre-diciembre 2011 pp 191-224 Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Sánchez, H. Á. (2009). *Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades*. México DF: Estudios Agrarios. Procuraduría Agraria.

Sarandón, S. J., Zuluaga, M. S., Cieza, R., Gómez, C., & Eliana, L. J. (2004). *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas de misiones en Argentina, mediante el uso de indicadores*. La Plata Argentina: 1Agroecología, CIC Pcia. de Bs. As, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales.

- SEDESOL, S. d. (1994). *Gaceta Ecológica*. México DF: Vol 6 Núm 28 Marzo.
- Segrelles Serrano, J. A. (2008). La ecología y el desarrollo sostenible frente al capitalismo: una contradicción insuperable. *Revista NERA. Año 11, n. 12 Universidad de Alicante. Departamento de Geografía Humana*, Universidad de Alicante. Departamento de Geografía Humana.
- SEMARNAT. (1997). *Normas Oficiales Mexicanas. Máximos permisibles de ocnaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola*. México DF: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales. Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 1996.
- SEMARNAT. (2006). *Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas*. México, D. F.: CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Silva, F. O., Heikkila, T., Filho, F. d., & Silva, D. C. (2010). *Developing sustainable and replicable water supply systems in rural communities in Brazil*. Ceará, Brazil: The International Journal of Water Resources Development. Federal University of the State of Ceará, Brazil.
- SMA, S. d. (2011). <http://www.sma.df.gob.mx/corena/conservacion/anps/xochimilco.php>. Obtenido de <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/>.
- Solis, C., Sandoval, J., Pérez-Vega, H., & Mazari-Hiriart, M. (2006). *Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy metal analysis*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research.
- Soto, H. d. (2001). El misterio del capital. *Finanzas & Desarrollo Marzo de 2001*, 29-33.
- Stefano Bocchi, M. M. (2014). *Agro-ecology, sustainable agro-food systems, new relationships between the countryside and the city*. SCIENZE DEL TERRITORIO Firenze University Press ISSN 2284-242X (online) n. 2, pp. 101-106 2/2014.
- Stefano Bocchi, M. M. (2014). *Agro-ecology, sustainable agro-food systems, new relationships between the countryside and the city*. Scienze del territorio Firenze University Press ISSN 2284-242X (online) n. 2, pp. 101-106 2/2014.
- Torres-Lima, P., Canabal-Cristiani, B., & Burela-Rueda, G. (1994). Urban sustainable agriculture: The paradox of the chinampa. *Agriculture and Human Values, December, Volume 11, Issue 1*, 37-46.
- UNESCO. (2006). *Resumen del plan integral y estructura de gestión del polígono de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta*. México DF: Organización de la Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura.
- Uribe, Y. M. (2009). *Evaluación de dos sistemas de manejo de recursos naturales de Xochimilco con indicadores de sustentabilidad*. Tesis de Maestría. Xalapa Veracruz: Instituto de Ecología AC.
- Valdez, C., & Luna, R. (2011). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) 02 junio*, pp 1-13.

- Varengo, S. (2008). La Revolución Ecológica. *A revista anarchica febrero año 38, Nº 1, Milán* .
- Wagner, E., & Lanoix, J. N. (1959). *Water supply for rural areas and small communities*. Geneva: World Health Organization, WHO.
- WEF, W. E. (2007). Trickling Filters, Rotating Biological Contactors, and Combined Processes. En *Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants* (pág. Capítulo 1). USA: McGraw-Hill Professional.
- Wegelin, M. (1996). *Surface Water Treatment by Roughing Filters*. Dubendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology EAWAG, Department Water and Sanitation in Developing Countries SANDEC.
- Whiteley, N. (1993). El diseñador valorizado.
- WHO, W. H. (2004). *Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving*. London, UK.: Edited by Mark W LeChevallier and Kwok-Keung Au. Published by IWA Publishing,.
- Zambrano, G. L. (2011). *Programa de Análisis y Restauración del sistema Lacustre de Xochimilco y del Ajolote. Informe Final*. México DF: Laboratorio de Restauración Ecológica, Instituto de Biología, UNAM.
- Zúñiga, E. S., Cuevas, G. V., Castro Moctezuma, J. A., Vidal, L. A., & Reyes, S. S. (2004). *Evaluación del Programa limpieza de canales: aplicado en el Canal Nacional de Xochimilco. Rescate de Xochimilco*. México DF 2 diciembre: UAM-Xochimilco.

## 12. Lista de Tablas

### 3. Antecedentes

Tabla 1. Cronológica del análisis de la evolución del recurso hídrico y su repercusión en el ecosistema. Fuente: Elaboración propia.

### 4. Caso de estudio

Tabla 2. Objetivos de REDES AC de acuerdo a los objetivos de desarrollo social, conservación y restauración ambiental. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Parámetros y métodos de medición para el estudio de la calidad del agua. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resultados de los parámetros de la calidad del agua en la Chinampa Apantle REDES17/12/2014\*\*. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Comparativo de los parámetros obtenidos en la Chinampa Apantle REDES con los límites máximos permitidos en la normatividad mexicana. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Comparativo de los resultados de la presencia de metales pesados de la Chinampa Apantle REDES presentados en el Informe “ Irrigation water quality in sohtern Mexico City based on bacterial and heavy metal analysis” con los límites máximos de la Normatividad Mexicana.

### 6. Requisitos para la Innovación Tecnológica para el tratamiento del agua en la Chinampa Apantle REDES

Tabla 7. Criterios cuantitativos y su justificación para la Innovación tecnológica en la Chinampa Apantle REDES. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Criterios cualitativos y su justificación para la Innovación tecnológica en la Chinampa Apantle REDES. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Criterios sociales, económicos y ambientales para la selección de la tecnología de filtración acorde a los principios agroecológicos. Tabla adaptada: (Silva, Heikkila, Filho, & Silva, 2010).

### 7. La filtración de agua

Tabla 10. Grados de filtración de acuerdo a la eliminación del tamaño de las partículas. Fuente: WHO, W. H. (2004). Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving. London, UK.: Edited by Mark W LeChevallier and Kwok-Keung Au. Published by IWA Publishing.

Tabla 11. Etapas de tratamiento de aguas residuales y sus tecnologías. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Consideraciones para el Diseño de un Biofiltro. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Recomendaciones para el diseño de un Biofiltro. Fuente: Elaboración propia.

## **8. Diseño del Tratamiento preliminar y primario**

Tabla 13. Algoritmo de Wegelin para el Diseño de la secuencia de tratamiento de agua por medio de Biofiltro y filtros de Arena. Tabla adaptada de Wegelin, Martin (1996) "Surface Water Treatment by Roughing Filters". Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology EAWAG, Department Water and Sanitation in Developing Countries SANDEC.

Tabla 14. Diseño del tratamiento de Biofiltro. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Especificaciones Bici Máquina para bombear agua. Fuente: Elaboración propia.

## **9. "Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad" Marco de Evaluación para la Sustentabilidad MESMIS**

Tabla 16. Condiciones Biofísicas, Tecnológicas y Socio culturales del agroecosistema chinampero que se relacionan con el sistema de filtración. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Fortalezas y Debilidades de los Sistemas de Filtración. Tabla adaptada de: Astier, Marta; González, Carlos (2008). Recuperado de: "Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos". Cuadro 7. Fortalezas y debilidades por criterio de diagnóstico.

Tabla 18. Criterios de diagnóstico los atributos de sustentabilidad en sistemas socioambientales. Tabla adaptada de: Astier, Marta; González, Carlos (2008). Recuperado de: "Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos". Cuadro 6. Criterios de diagnóstico más utilizados para cubrir los atributos de sustentabilidad en sistemas socioambientales.

Tabla 19. Atributos, criterios de diagnóstico e indicadores para comparar los Sistemas de Biofiltración y Filtración Rápida de Arena. Tabla adaptada de: Astier, Marta; González, Carlos (2008). Recuperado de: "Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos". Cuadro 2. Fortalezas y debilidades e indicadores de sustentabilidad frecuentemente utilizados en los estudios de caso.

Tabla 20. Definición de los indicadores de acuerdo a sus procesos y unidades de medición. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Económicos con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Ecológicos con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Resultados de Evaluación MESMIS de los Indicadores Sociales con conclusiones y determinación de la aptitud de cada sistema. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Especificaciones de la composición del tanque de Filtración Rápida de Arena. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Secuencia de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Consulta para la resolución de problemas, monitoreo y reparación del sistema. Fuente: Elaboración propia.

#### **14. Anexos**

Tabla 27. Parámetros de calidad del agua y sus símbolos y unidades de medición. Tabla adaptada de: Pescod, M.B. (1992). Recuperado de: Wastewater treatment and use in agriculture FAO irrigation and drainage paper. FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. Tabla 7: Parámetros usados en la evaluación en la calidad del agua en la agricultura.

Tabla 28. Límites básicos permisibles para contaminantes básicos en agua para riego agrícola según NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-CCA/032-ECOL/1993, NOM-CCA-033-ECOL/1993, NOM-CCA-001-ECOL/1993.

Tabla 29. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Presupuesto sistema de Biofiltración para el tratamiento primario. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Presupuesto sistema de Bicimáquina Bomba de Agua. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Comparativo entre la Tecnología de Filtración Rápida de Arena y Filtración Lenta de Arena. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Efectividad de filtración de los parámetros de calidad de los Filtros Rápidos de Arena y Filtros Lentos de Arena según literatura. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Presupuesto sistema de Bicimáquina Bomba de Agua. Fuente: Elaboración propia.

# 13.

## Lista de figuras

### 3. Antecedentes

Figura 1. Ramírez Eduardo (2011) Ilustración artículo de revista "El ahuejote en la restauración del paisaje de Xochimilco" (figura) Corte Esquemático del sistema de chinampas. Recuperado de: Bitácora UNAM [Ciudad de México 2011] [www.revistas.unam.mx/index.php/bitacora/article/download/.../24649](http://www.revistas.unam.mx/index.php/bitacora/article/download/.../24649).

Figura 2. Gómez-Pompa, Arturo (2011) Ilustración artículo electrónico "Antecedentes de los proyectos de construcción de chinampas en el trópico (1975-1976)" (figura 3) *Pintura de una chinampa prehispánica*. Recuperado de: Arturo Gómez-Pompa [Ciudad de México 2011] <http://www.reservaeleden.org/agp/libro/cap17.html>.

### 4. Caso de estudio

Figura 3. Servicios ecosistémicos que el área de chinampas provee a la Ciudad de México. Servicios ecosistémicos que el área de chinampas provee a la Ciudad de México. Imágen adaptada de: Rentería Nieto, Natalia (2013). Infografía de artículo electrónico "Se requiere de otra mirada de Xochimilco". Recuperado de: Academia Mexicana de Ciencias Boletín AMC/443/13 (Ciudad de México 2013) <http://www.comunicacion.amc.edu.mx/comunicados/se-requiere-de-otra-mirada-para-xochimilco/>

Figura 4. Diagrama de labores promovidas por REDES AC. Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Camas de cultivo en chinampa Tezhuilo. Fuente: Archivo personal.

Figura 6. Delegación Xochimilco. Delegación Xochimilco. Imagen adaptada de: IEDF (2006). Ilustración Mapa Delegaciones Distrito Federal. Recuperado de: [http://www.iedf.org.mx/secciones/elecciones/estadisticas/2006/\\_mapaIEDF\\_JGdel\\_por.html](http://www.iedf.org.mx/secciones/elecciones/estadisticas/2006/_mapaIEDF_JGdel_por.html)

Figura 7. Localización chinampa Tezhuilo en la Delegación Xochimilco. Fuente: Google Earth (2014). Coordenadas: 19°16'40.73" N, 99°04'16.48" O. Elevación 2242m. Recuperado de: <https://www.google.es/earth/index.html>

Figura 8. Localización chinampa Tezhuilo en la Delegación Xochimilco. Fuente: Google Earth (2014) Coordenadas: 19°16'40.73" N, 99°04'16.48" O. Elevación 2242m. Recuperado de: <https://www.google.es/earth/index.html>

Figura 9. Trazado de la chinampa Tezhuilo. Fuente: Google Earth (2014) Coordenadas: 19°16'40.73" N, 99°04'16.48" O. Elevación 2242m. Recuperado de: <https://www.google.es/earth/index.html>

Figura 10. Plano chinampa Tezhuilo. Perímetro: 220 m. Área: 156.65 m<sup>2</sup>. Profundidad: 1.5 m. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Chinampa Tezhuilo dimensiones generales. Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Plano de la localización de actividades en la chinampa Tezhuilo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Árbol de procesos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Diagrama de producción de chapines. Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de Preparación de camas de cultivo. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de Elaboración de abonos orgánicos fermentados. Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Localización en plano de los puntos de prueba para el estudio de los parámetros del agua. Imagen adaptada de: Google Earth (2009). Coordenadas: 19°16'30.39" N, 99°05'13.60" O. Elevación 2244m. Recuperado de: <https://www.google.es/earth/index.html>

Figura 18. Plano de puntos de prueba para el estudio de los parámetros del agua. Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Resultados preliminares para pH en dos canales del Paraje Texhuiloc, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

Figura 20. Resultados preliminares para sólidos disueltos totales en dos canales del Paraje Texhuiloc, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

Figura 21. Resultados preliminares para turbidez en dos canales del Paraje Texhuiloc, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

Figura 22. Resultados preliminares para coliformes fecales dos canales del Paraje Texhuiloc, aislados de las especies introducidas. Redes 2 es el canal que se intervendrá con el Filtro mecánico y Redes 3 será el canal control. Fuente: Restauración Ecológica y Desarrollo A.C., 2015. Programa por el Agua Earthwatch-HSBC. Datos preliminares.

## **6. La filtración de agua**

Figura 23. Materia sólida contenida en el agua. Fuente: Wegelin, Martin (1996). Ilustración del libro “Surface Water Treatment by Roughing Filters”. Figura 2. Solid content in water. Recuperado de: Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology EAWAG, Department Water and Sanitation in Developing Countries SANDEC.

Figura 24. Mecanismos de separación de sólidos en Biofiltros. Ilustración adaptada de Wegelin, Martin (1996). “Surface Water Treatment by Roughing Filters”. Swiss Federal

Institute for Environmental Science and Technology EAWAG, Department Water and Sanitation in Developing Countries SANDEC.

## **7. Diseño del Tratamiento preliminar y primario**

Figura 25. Secuencia de Tratamiento de Agua Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Ilustración del diseño de Compuerta para el Tratamiento Preliminar. Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Ilustración de la secuencia de filtración del Tratamiento Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Elementos de bicibomba. Fuente: Bicimáquinas Guadalajara (2015). Ilustración del Manual de Usuario. Figura 1. y Figura 2. Componentes.

## **9. “Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales mediante indicadores de Sustentabilidad” Marco de Evaluación para la Sustentabilidad MESMIS**

Figura 29. Diagrama de caracterización de Sistema de Filtración Rápida de Arena Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Diagrama de caracterización del Sistema de Biofiltración. Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Infografía del Sistema de Filtración Preliminar, Primario y Secundario. Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Diagrama de la secuencia de Remoción de Sólidos del Tratamiento Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Plano de ubicación y secuencia del Sistema de Filtración Preliminar y Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Diseño de Compuerta para el Tratamiento Preliminar. Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Diagrama de Sistema de Filtración Primaria. Tanques de Sedimentación, Filtración Rápida de Arena y Tanque de agua filtrada. Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Diseño del tanque de Filtración Rápida de Arena. Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Detalle del tanque de Filtración Rápida de Arena. Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Detalle y diseño de estructura de PTR. Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Detalle de Bicimáquina para bombear agua. Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Detalle de tanques del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Isométrico del Sistema de Filtración Primario vista frontal. Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Isométrico del Sistema de Filtración Primario vista trasera. Fuente: elaboración propia.

Figura 43. Secuencia de construcción del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Secuencia de operación del Sistema de Filtración Primario. Fuente: elaboración propia.

# 14.

## Anexos

### 14.1.

#### Descripción de los parámetros físico químicos de la calidad del agua.

La estimación de la calidad de agua de uso agrícola analiza ciertos parámetros cuyos límites máximos usados para el riego de alimentos pudiera representar riesgos para la salud humana y animal.

La evaluación de los efluentes está basada en un criterio, que se refiere a los valores límites permitidos de ciertos niveles de saturación físicos, químicos y biológicos que pudieran tener consecuencias desfavorables si se consumen. Ayers & Westcoat (1985) expresan que estos niveles nos dan una idea sobre la usabilidad del agua tratada y su nivel de pertinencia para propósitos de riego agrícola.

#### **Parámetros químicos:**

##### 1. Acidez pH

El pH es un indicador de la acidez o basicidad del agua. Los valores fuera del rango de 6.5-8.4 de pH indican que la calidad del agua es anormal (Pescod, 1992). El rango normal del pH oscila entre 6.5 a 8.4, según Ayers y Westcot (1985), un valor fuera de este rango es una señal de que el agua necesita una evaluación que busque los motivos de esta anormalidad, ya sea un desequilibrio nutricional o algún ion tóxico.

Tabla 25. Parámetros de calidad del agua y sus símbolos y unidades de medición		
Parámetro	Símbolo	Unidad
<b>Químicos</b>		
Acidez/basicidad	pH	
<b>Físicos</b>		
Sólidos totales disueltos TDS	TDS	mg/l
Turbidez		NTU
Coliformes totales	CFU	mg/l

#### **Parámetros físico-biológicos:**

##### 1. Sólidos totales

El término TDS, sólidos totales disueltos y suspendidos, es aplicado al material residual de la evaporación de una muestra de agua y su subsecuente secamiento a una temperatura definida.

Los sólidos totales suspendidos son visibles y consisten en partículas muy pequeñas, son una de las causas de turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua. Los sólidos suspendidos además, regresan los nutrientes que estaban sedimentados hacia arriba en la columna de agua (Cisneros & Zambrano, 2007).

2. Turbidez mg/l NTU

Cisneros & Zambrano (2007) dicen que la penetración de luz es fundamental para la posibilidad del crecimiento de plantas acuáticas que son alimento y refugio para otras especies, asimismo permite la visibilidad para que las especies desarrollen sus actividades de sobrevivencia. Un cuerpo de agua turbio representa la disminución de diversidad viva. Jurries (2003) menciona que la turbidez reduce la penetración de la luz, incrementa la temperatura del agua, promueve los hábitats con corrientes de fondo suave, larvas, así como reduce la oxigenación en el agua.

3. Total Coliformes /100 mg

Ashbolt, Grabow, & Snozzi (2001) mencionan que la presencia de patógenos se manifiesta en los indicadores de concentración de micro-organismos. Las posibilidades de contaminación por micro-organismos son variadas: por procesos microbiológicos (bacterias coliformes), indicadores fecales (organismo que indican la presencia de heces fecales) y organismos tipo modelo (patógenos). Su presencia en el agua de consumo humano son causas de enfermedades específicas. Pajares & Orlando (2007) mencionan que los indicadores de contaminación por bacterias de estreptococos se presentan cuando hay una presencia de excreciones de humanos y otros animales de sangre caliente, especialmente cuando las concentraciones exceden la presencia de agua limpia propia de ambientes que no están en contacto con el ser humano, proliferando más en aguas de reuso.

Pescod (1992) dice que los coliformes fecales es un grupo de bacterias, cuyas especies más comunes son citrobacter, enterobacter, escherichia coli y klebsiella, que son propensas a crecer fuera del intestino, especialmente en climas cálidos. Los streptococos fecales es un grupo de organismos que incluyen especies asociadas con animales. Se infiere que cuando no hay registro de bacterias de coliformes fecales las bacterias patógenas están también ausentes.

## 14.2.

### **Descripción de las características contempladas en la Normatividad mexicana y estándares internacionales para el agua de uso agrícola.**

Descripción de las características contempladas en la Normatividad mexicana y estándares internacionales para el agua de uso agrícola.

#### **A) Normatividad Mexicana**

De acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-003-CNA-1996:

*“el agua para uso agrícola se define como agua nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial”* (FAO & SAGARPA, Línea de base del Programa de Sustentabilidad de Recursos. Subíndice de Uso Sustentable del Agua Metodología de Cálculo, 2012, pág. 7).

Se encontraron tres tipos de normas que hacen referencia a las cualidades que debe poseer el agua de riego agrícola, las normas que hacen referencia a parámetros físicos, químicos y biológicos, son:

#### 1. NOM-001-SEMARNAT-1996

Acerca de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales:

*“Esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas”* (SEMARNAT, Normas Oficiales Mexicanas. Máximos permisibles de ocntaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola, 1997).

Esta norma clasifica los contaminantes como dos tipos:

#### a) Contaminantes básicos

Se consideran en esta norma parámetros como: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno<sup>5</sup>, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl, de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

Al respecto se publica la siguiente tabla que contempla el agua con calidad de uso de riego agrícola, proveniente de embalses naturales, artificiales y ríos.

#### b) Contaminantes patógenos

Son aquellos microorganismos, que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

Para determinar la contaminación por patógenos se enfoca en las concentraciones de coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por

cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente (SEMARNAT, Normas Oficiales Mexicanas. Máximos permisibles de ocnaminantes en las aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola, 1997).

#### 1. NOM-CCA/032-ECOL/1993

En cuanto a la calidad de las aguas residuales con fines de riego en suelos agrícolas, existen límites máximos permisibles normativos referidos como estándares de calidad de agua (NOM-CCA/032-ECOL/1993). Estos estándares se relacionan con lo estético y el uso del medio ambiente receptor para suministro público del agua, recreación, mantenimiento de la vida acuática y silvestre o agricultura.

Considerando:

*Que las aguas residuales de origen urbano o municipal sin tratamiento o mezcladas, son utilizadas en gran proporción para el riego agrícola, por lo que para prevenir el deterioro ecológico y asegurar una calidad de agua satisfactoria para el bienestar de la población, es necesario fijar los parámetros físicos, químicos y en su caso bacteriológicos de los mismos (SEDESOL, 1994, pág. 62).*

Los parámetros considerados en la normativa son: demanda química de oxígeno, fósforo total, grasas y aceites, nitrógeno total, metales pesados, absorción de sodio, y conductividad.

#### 2. NOM-CCA/032-ECOL/1993

Asimismo la NORMA Oficial Mexicana, establece las condiciones bacteriológicas para el uso de aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de estas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas.

Considerando:

*Que las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, son utilizadas en gran proporción para el riego de cultivos hortícolas, hortofrutícolas y otros productos que se caen crudos, y considerando que las mismas contienen microorganismos patógenos que pueden afectar la salud humana es necesario determinar las condiciones bacteriológicas para su uso y asegurar una calidad de agua satisfactoria para el bienestar de la población. (SEDESOL, 1994, pág. 68).*

Esta norma se refiere a contaminantes patógenos como aquellos microorganismos, que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna y pueden estar presentes en las aguas residuales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

Las restricciones de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, que se dispongan a través de su uso en el riego de hortalizas de consumo crudo, en lo relativo a parámetros bacteriológicos se clasifican en los siguientes tipos para efectos de determinar las clases de cultivos no permitidos

- I.- Tipo 1.- La que contenga menos de 1,000 coliformes totales por cada 100 ml. y ningún huevo de helminto viable por litro de agua.
- II.- Tipo 2.- La que contiene de 1 a 1,000 coliformes fecales por cada 100 ml. y cuando más un huevo viable de helminto por litro de agua.
- III.- Tipo 3.- La que contiene de 1,001 a 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml.
- IV.- Tipo 4 - La que contiene más de 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml. (SEDESOL, 1994).

**Tabla 26. Límites básicos permisibles para contaminantes básicos en agua para riego agrícola según NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-CCA/032-ECOL/1993, NOM-CCA-033-ECOL/1993 , NOM-CCA-001-ECOL/1993**

Párametros	Agua de riego en ríos	Agua de riego en embalses artificiales y naturales
<b>Químico</b>		
Conductividad eCW	2000	2000
Acidez pH	6.5-8.5	6.5-8.6
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	120	120
Nitrógeno total mg/l	40	60
Fósforo Total mg/l	20	30
<b>Biofísicos</b>		
Sólidos suspendidos totales mg/l	150	75
Coliformes CFU/100 mg	1000	1000
<b>Metales pesados</b>		
Aluminio (mg/l)	50	50
Arsénico (mg/l)	1	1
Boro (mg/l)	1.5	1.5
Cadmio (mg/l)	0.01	0.01
Cianuros (mg/l)	0.02	0.02
Cobre (mg/l)	0.2	0.2
Cromo (mg/l)	0.1	0.1
Fierro (mg/l)	5	5
Fluoruro (mg/l)	3	3
Manganeso (mg/l)	0.2	0.2
Níquel (mg/l)	0.2	0.2
Plomo (mg/l)	50	50
Selenio (mg/l)	0.02	0.02
Zinc (mg/l)	2	2

### 14.3. Presupuesto Primera propuesta de Diseño de Filtración. Pre-tratamiento y Filtro Primario de Biofiltración.

Tabla 27. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar					
Concepto	Especificaciones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	Precio total
1. Malla sombra 30%	Mono filamento de polietileno de alta densidad. 100% virgen, hilo de 12 milésimas de pulgada. De línea 1.70 metros de ancho por 100 metros de largo. 14X14 hilos por pulgada, 5.5x5.5 por cm2	0.03	MALLA PLASTICA SAN ANTONIO SA de CV Ing. Francisco Javier Almeida Valdés Poniente 8 mz 45 lote3 Colonia Cuchilla del tesoro Deleg. Gustavo A. Madero México DF AEVF 801203 7RA Tel 01-55-57-99-28-78 Cel. 044-55-43-49-48-22	\$7,785.60	\$233.57
2. Barrotes de madera de pino, preservada a presión con sales de boro y cobre	Barrote de madera de pino tratado Tipo 1: 3" X 1.5" X 8.¼'	6	SEQUOIA Calle 8 Poniente N° 118. Col. Ferrocarrilero, Xalapa. Veracruz, México Teléfonos y Fax: (228) 815 8544 y (228) 814 9655 contacto@sequoia.com.mx	\$87.00	\$522.00
3. Mano de obra construcción de bastidor para el Tratamiento preliminar		1		\$1,200.00	\$1,200.00
				<b>SUBTOTAL</b>	\$1,955.57
				<b>IVA</b>	16%
				<b>TOTAL</b>	\$2,268.46

Tabla 28. Presupuesto sistema de Bicimáquina Bomba de Agua					
Concepto	Especificaciones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	Precio total
1. BiciBomba Móvil	Estructura de acero triangular tipo parrilla con pintura electrostática, ajustes laterales para su adaptación en eje trasero de bicicleta con terminación en tornillo. Diseño ajustable para la bomba pudiendo moverla de acuerdo con el rodado de la bicicleta (28). Accesorios 1 Bomba de 1/2 caballo adaptada para tracción con rueda de bicicleta. 1 válvula check.	1	BICIMÁQUINAS GUADALAJARA Ventas: Saúl Polino Cabañas Innovación y Desarrollo Bicimaquinas MR. Calle José del Fierro #458. Colonia Pedro Moreno. Zapopan, Jalisco. México. C.P 45185 C. 33 34 76 30 35	\$3,250.00	\$3,250.00
2. Bicicleta rodada 28	Bicicleta Aguila Plateada R28 1V. -Asiento tradicional con resortes para mayor confort. -Freno T/PH Benotto. -Cuadro diseñado en acero. -Doble barra en cuadro.	1	BENOTTO Oriente 233 No. 341 Col. Agrícola Oriental, Del. Iztacalco, C.P. 08500, México D.F. Tel.: (55) 5716 9600 Depto Vtas: DOLORES ROMERO pedidos@benotto.com.mx Ext:9640	\$1,960.00	\$1,960.00
				<b>SUBTOTAL</b>	\$5,210.00
				<b>IVA</b>	16%
				<b>TOTAL</b>	\$6,043.60

## **14.4.**

### **Análisis Tecnología Filtración Rápida de Arena y Filtración Lenta de Arena**

Ives (1969) indica que los filtros rápidos de arena se usan para la clarificación de suspensiones dilutas de menos de 500 mg/l de partículas que están en un rango de 0.1 a 50 micras. Por lo general el agua a tratar tiene sólidos suspendidos de 30 mg/l para lograr un efluente de 10 mg/l o menor.

La principal diferencia entre filtros de arena rápidos y lentos es que los primeros son eficientes en remover la turbidez del agua, mientras que los segundos conllevan un proceso más eficiente para la remoción de microorganismos en el agua, gracias a que de acuerdo con su proceso, el paso lento del agua permite el desarrollo de una biota que retiene mayor cantidad de elementos.

Deboch & Faris (1999) mencionan que el propósito de la filtración rápida de arena es remover la turbidez remanente después del proceso de sedimentación. La remoción de partículas suspendidas es directamente proporcional a la concentración de partículas. Este tipo de filtros sólo retendrá aquellos sólidos que se encuentren en suspensión y no los disueltos. La remoción de turbidez puede alcanzar porcentajes del 98.1%.

Bar-Zeev, Belkin, Liberman, Berman, & Berman-Frank (2011) dicen que la acción filtrante de la arena es enteramente mecánica, la materia suspendida en el agua es acumulada en los espacios que se encuentran entre los granos de arena. Un filtro de arena rápido reducirá la turbidez a menos de 1 NTU, sin embargo la filtración rápida no es muy eficiente en la remoción de microorganismos, aunque bien, algunos son microorganismos que se adhieren a los sólidos son parcialmente eliminados, estos son removidos por mecanismos de exclusión y adsorción (nota al pie).

Huisman & Wood (1974) nos dicen que la filtración por la acción de la presión del paso de las partículas a través del medio de filtración granular es más eficiente con poros pequeños, mientras que la sedimentación y adsorción mejoran en superficies que ofrecen un área mayor del medio de filtración. Sin embargo, una combinación de varios medios de filtración fomenta una serie de procesos diversos para remover los agentes externos al agua, acelerando las reacciones químicas y el flujo de agua. Se requiere una altura de agua por encima de la arena que sirve de dos propósitos: permite un cierto proceso de sedimentación y ofrece la presión necesaria para que el agua atraviese el medio de filtración. Belsare (1976) menciona que la máxima altura para ejercer presión permitida es de 1 a 1.2 m, por lo tanto la altura del agua debe ser de 1 a 1.2 m, para que la arena no se seque.

Para el diseño de un filtro rápido se deben tomar en cuenta cuatro parámetros:

1. Huisman & Wood (1974) dice que la calidad del agua que se requiere filtrar.
2. Wagner & Lanoix (1959) mencionan el presupuesto y cantidad de personal, costos de operación.

3. Crait (1966) y Bernardo (2006) mencionan disponible la composición y características del medio de filtración, el ancho de la cama de filtración, la profundidad del supernatant agua, el rango de filtración y la limpieza.

Ives (1969) indica que los factores de diseño se basaron en experiencias obtenidas en casos de tratamiento de aguas con problemas similares en la calidad del agua, cualquier modelo tentativo para predecir la eficiencia del proyecto de filtración tiene sus limitaciones, pues las situaciones idealizadas se desvían significativamente de las situaciones reales. Entre las variables que influyen en el proceso de filtración están: a) las partículas suspendidas en el influente (tamaño, forma, fortaleza del floc y su distribución); b) las características del medio de filtración, si es a través de un medio granular la distribución de partículas en el filtro es un proceso azaroso, la remoción de partículas por unidad de profundidad a través del filtro es similar la probabilidad de distribución; c) el tiempo de filtración está relacionado a la velocidad del flujo de agua y las condiciones que encuentre en el filtro (Mhaisalkar, Bassin, Paramasivam, & Khanna, 1993).

Tabla 30. Comparativo entre la Tecnología de Filtración Rápida de Arena y Filtración Lenta de Arena		
Criterio	Filtros Rápidos de Arena	Filtros Lentos de Arena
Mejoramiento en la calidad del agua	Con un proceso de pretratamiento previo, la calidad del agua puede reducirse a menos de 1 NTU, un 90% remoción de coliformes (Huisman & Wood, 1974).	La calidad de filtración en agua con una turbidez menor a 1 NTU, 95% remoción de coliformes, y la eliminación del 10% del contenido total de orgánicos (Huisman & Wood, 1974).
Tasa de flujo[1]	El flujo puede ser de 4 a 21 m/h. (20-50 veces más rápido que el de arena).	El flujo varía de 0.1 -0.4 m/h.
Medio de Filtración	Los filtros rápidos de arena usan una capa adicional de material más grueso con el fin de lograr una distribución uniforme del agua al área de filtración e incrementar el flujo (15- 45 cm) (Ratnayaka, Brandt, & Johnson, 2009). El grosor de las partículas debe ser superior a 0.55mm con un coeficiente de uniformidad de 1.5.	Los filtros de arena lentos requieren de partículas más finas para lograr que el paso del agua sea menor y desarrollar la biota que limpiará el agua. Se esperan partículas entre 0.15 – 0.35mm, y un coeficiente de uniformidad de 1.5 – 3.
Penetración de la materia sólida	La penetración del material es más profunda dentro de la cama del material filtrante, gracias a que el material mas grueso se localiza en la parte superior.	Debido a la bio película que se desarrolla los sólidos no penetran más allá de 2 cm, permitiendo que se pueda retirar la capa de sólidos más fácilmente. Los poros se tapan y por lo tanto el proceso de filtración es más lento pero más profundo.
Fase de Pre-tratamiento	El pre tratamiento es necesario, con coagulación-floculación en agua con valores mayores a los 25 NTU, sedimentación o screening.	Para aguas con una turbidez menor a los no es necesario ningún pretratamiento 10 NTU. Sin embargo hasta los 50 NTU aún hay resultados satisfactorios.
Mecanismos de filtración	Adsorción[2], sedimentación, presión, inercia, movimiento browniano, convergencia de fluidos, difusión, efectos de van der Waal y electroquinéticos. (Crait, 1966) (O'Melia & Crapps, 1964) (Ives, 1969)	Schmutzdecke (compuesto de materia orgánica, hierro, magnesio, aluminio y silica) esta capa tiende a absorber la materia orgánica. Capa superior en la arena de algas, bacterias y protozoa este biofilme retiene la materia orgánica, descompone el plankton y usa el nitrógeno disponible, los fosfatos y el dióxido de carbón para proveerse de oxígeno (zona autotrófica).
Mecanismos de limpieza del filtro	Agitación del medio de filtración por aire, por medio de la acción de frotación, romper la capa superficial y separar la suciedad de los granos de arena, (Ives, 1969).	Se retira aproximadamente la capa superficial, los primeros 12-25 mm y se recupera el nivel con arena nueva.
Rangos de turbidez capaces de manejar	10 NTU	30 NTU
NOTAS:		
[1] La unidad para medir el rango de filtración es la velocidad, dividido por el área de filtración. La velocidad intersticia en una cama es mas alta entre mas el rango de filtración sea dividido por la porosidad promedio del medio de filtración (Bernardo, 2006).		
[2] Adsorción proceso en el que por medio de cargas electrostáticas, hay una adhesión de las partículas con una carga eléctrica a los granos de arena, entre mas minerales contenga el agua hay menos efectos de las fuerzas electrostáticas (Bernardo, 2006)		

<b>Tabla 31. Efectividad de filtración de los parámetros de calidad de los Filtros Rápidos de Arena y Filtros Lentos de Arena según literatura</b>						
Tecnología de filtración	Tamaño de las partículas de arena	Profundidad de la cama de filtración[1]	Rango de filtración	Turbidez	Coliformes	Fuente
FILTRACIÓN RÁPIDA	0.85-1.7 mm	Profundidad 0.9-1 m.	6-12 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup>	n/s	n/s	(Ratnayaka, Brandt, & Johnson, 2009)
	0.41-2.0 mm	0.6-0.8 m	5-7.5 m/h	n/s	n/s	(Bernardo, 2006)
	0.5-1.0 mm	0.75 m	7.64 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> xh	n/s	n/s	(Farizoglu, Nuhoglu, Yildiz, & Keskinler, 2003)
	0.4-0.7 mm	0.60-0.75 mm	2 gpm/sqft	n/s	n/s	(O'Melia & Crapps, 1964)
	1-2 mm	1 m	12 m/h	n/s	n/s	(Ives, 1969)
	1.22-0.60 mm	1.5	12.2-24.4 m/h	84-69%	63-78%	(Williamsa, Sheikhb, Holdenc, Kouretasc, & Nelsona, 2007)
FILTRACIÓN LENTA	0.21-0.30 mm	0.6-1.25	0.1-0.3 m/h	n/s	n/s	(Ratnayaka, Brandt, & Johnson, 2009)
	0.35 mm	1 m	48 l/h	n/s	n/s	(Abudi, 2011)
	0.3-0.4 mm	0.75 m	2.4-2.9 m/h	n/s	n/s	(Ives K., 1971)
	0.20-0.45 mm	0.76 m	0.1-0.3 m/h	87.9-96.5 %	96.4-99.7%	(Muhammad, Ellis, Parr, & Smith, 1996)
<p>[1] La superficie del área puede incrementarse haciendo más profunda la cama de filtración, sin embargo hay que considerar la superficie de los granos de arena, una cama de 0.60 m de arena con granos de 0.15 mm de diámetro presenta la misma superficie que una cama de 1.4 m de arena con granos de 0.35 mm</p>						
*n/s no disponible						

## Conclusiones

1. Si las aguas a ser tratadas superan los rangos de turbidez, para usar estos métodos de filtración es necesario un pre-tratamiento.
2. Bernardo (2006) dice que debido a la arena más gruesa los poros de la cama de filtración son más grandes y las impurezas penetran más profundamente en la cama, de tal manera que la capacidad de la cama de filtración para depositar impurezas es mejor aprovechada, e incluso se puede tratar agua más turbia.
3. Bernardo (2006) menciona que en la filtración rápida el straining de impurezas no es tan exhaustiva como en la filtración lenta, ya que en esta el agua pasa solo unos minutos por la cama de filtración mientras que en la segunda, le tarda horas recorrerla. Hay muy poco tiempo para que se desarrolle cualquier oportunidad de materia orgánica, antes de que sea tiempo de su limpieza.
4. En los filtros lentos de arena las altas concentraciones de materia orgánica en el agua, es decir, con tendencias eutróficas puede tapar los filtros prematuramente. La concentración de nutrientes debe ser baja, la concentración de clorofila debe ser

menor a 15 micrometro/litro. No son el tratamiento adecuado para aguas eutróficas ya que por medio de este tratamiento se promueve el crecimiento de ésta biota y puede resultar excesiva.

5. Huisman & Wood (1974) dicen que el agua con bajos niveles de turbidez, requerirá arena más gruesa, para que penetre más rápidamente en la cama de arena, mientras que aguas muy turbias requerirán de un doble proceso de sedimentación y posteriormente pasar a filtros lentos.
6. La fase de pre tratamiento es aconsejable cuando la calidad del agua fluctúa frecuentemente.

### Tratamiento Bacteriológico Secundario

Una vez que el agua turbia ha cambiado su apariencia gracias a los tratamientos previos, aún requiere de un tratamiento para la remoción de patógenos y sólidos muy finos. La filtración lenta de arena puede ser apropiada, ya que reduce la presencia de elementos bacteriológicos. Materia orgánica e inorgánica dispuesta en partículas muy finas es separada y los compuestos orgánicos disueltos en el agua son oxidados.

Los filtros lentos de arena constan de una caja abierta llena con una capa de arena de aproximadamente 0.8 a 1 metro de profundidad. El agua es depositada de tal manera que escurra por gravedad a través de la cama de arena, entonces el agua filtrada es recolectada por un sistema de drenado para ser transportada a un tanque de agua limpia. Para ser efectivo, el tamaño de las partículas de la arena varían entre 0.15 a 0.30 mm.

Operan en rangos de 0.1 a 0.2 m/h, consecuentemente en un área de 1 m<sup>2</sup> de arena se obtiene de 2.5 a 5 m<sup>3</sup> de agua. El flujo es controlado y mantenido por una efluente de la pipa, la resistencia de un filtro limpio de arena varía de 0.20 a 0.30 m., y debe ser limpiado cuando la resistencia aumente a 1 m.

Una capa delgada en la superficie de la cama de arena se forma gracias a los residuos orgánicos e inorgánicos, que generan una gran variedad de microorganismos activos responsables del mejoramiento físico, químico y biológico del agua. Esta película biológica se desarrolla en un periodo de dos a cuatro semanas. El punto es saturar la cama de agua de agua con agua relativamente “clara” con agua cuya turbidez no sobrepase los 20-30 NTU. Una mayor turbidez con mayor concentración de sólidos, rápidamente tapaná la superficie del agua e imposibilitará la creación de los procesos biológicos. Por lo tanto es recomendable que se suministre agua pre tratada.

Para asegurar el adecuado funcionamiento se debe verificar que un correcto control del flujo de agua, un tamaño adecuado de las partículas de la arena.

La filtración de arena puede ser un recurso seguro, estable, simple y confiable que echa mano de materiales locales, que prescinde de la entrada de insumos externos, y cuyo principal requisito es un afluente con baja turbidez.

## 14.5. Presupuesto Segunda propuesta de Diseño de Filtración. Pre-tratamiento y Filtro Primario de Arena Rápida.

Tabla 32. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar					
Concepto	Especificaciones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	Precio total
<b>1. Malla sombra 70%</b>	Mono filamento de polietileno de alta densidad. 100% virgen, hilo de 12 milésimas de pulgada. De línea 1.85 metros de ancho por 100 metros de largo. $\pm$ 5%. 33X22 Hilos por pulgada 13X8.5 por cm <sup>2</sup>	0.03	MALLA PLASTICA SAN ANTONIO SA de CV Ing. Francisco Javier Almeida Valdés Poniente 8 mz 45 lote3 Colonia Cuchilla del tesoro Deleg. Gustavo A. Madero México DF AEVF 801203 7RA Tel 01-55-57-99-28-78 Cel. 044-55-43-49-48-22	\$8,956.00	\$268.68
<b>2. Malla sombra 30%</b>	Mono filamento de polietileno de alta densidad. 100% virgen, hilo de 12 milésimas de pulgada. De línea 1.70 metros de ancho por 100 metros de largo. 14X14 hilos por pulgada, 5.5x5.5 por cm <sup>2</sup>	0.03	MALLA PLASTICA SAN ANTONIO SA de CV Ing. Francisco Javier Almeida Valdés Poniente 8 mz 45 lote3 Colonia Cuchilla del tesoro Deleg. Gustavo A. Madero México DF AEVF 801203 7RA Tel 01-55-57-99-28-78 Cel. 044-55-43-49-48-22	\$7,785.60	\$233.57
<b>3. Barrotes de madera de pino, preservada a presión con sales de boro y de cobre</b>	Barrote de madera de pino tratado Tipo 1: 3" X 1.5" X 8.14'	6	SEQUOIA Calle 8 Poniente N° 118. Col. Ferrocarrilero, Xalapa. Veracruz, México Teléfonos y Fax: (228) 815 8544 y (228) 814 9655 contacto@sequoia.com.mx	\$87.00	\$522.00
<b>4. Mano de obra construcción de bastidor para el Tratamiento preliminar</b>		1		\$1,200.00	\$1,200.00
				<b>SUBTOTAL</b>	\$2,224.25
				<b>IVA</b>	16%
				<b>TOTAL</b>	\$2,580.13

"Innovación tecnológica para la producción agroecológica chinampera.  
Proyectos de restauración y conservación ecológica de Xochimilco"

Tabla 33. Presupuesto sistema de filtración para el tratamiento preliminar					
Concepto	Especificaciones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	Precio total
1. Tanque para agua capacidad 250 lts	Para almacenamiento de agua con válvula de drenado de 3/4" Tapa para sello hermético de un sólo paso. Polímero de alta densidad. Bicapa. Protección rayos UV. Protección antibacterial. Color negro, altura 85.5 cm, diámetro 72 cm, diámetro boca 57 cm, peso 23.5 kg. Código 213091 Mca IUSA	4	Grupo IUSA, S.A. de C.V. Planta Pastejé, Ciudad Industrial Ing. Alejo Peralta y Díaz Ceballos Km 109 Carretera Panamericana Méx-Qro Jcotitlán, Edo. de México C.P. 50700 Tel: ( 55 ) 5118 1500 Ventas IUSA: Tel. 01800 900	\$651.33	\$2,605.32
2. PTR para la estructura de los tanques	Dimensiones exteriores 1" x 1". Espesor 0.105" Color: Verde. Peso 1.76 kg/mt. Cada pieza 6 mts largo. Tramos de 117 cm = 17 pzas; 70 cm = 6 pzas; 140 cm = 2 pzas; 147 cm = 4 pzas. Total= 2107 cms= 24 mt	4	Perfiles Cuajimalpa Av. José Ma. Castorena No. 41 Col. Cuajimalpa C.P. 05000 México D.F	\$188.00	\$752.00
3. Arena 1m3	Agregado pétreo compuesto de partículas duras de tamaño entre 10 mm. y 0,08 mm., originado por la trituración natural e industrial de la piedra en un 50% respectivamente.	0.08	CTC. Periférico Sur 7555, Cuemanco Delegación Xochimilco, C.P. 16010 TELS 5603-7070; 5673-6951	\$200.00	\$16.00
4. Kit de accesorios para cisternas	Filtro de agua par solidos, Valvula tanque alto y flotador del no. 7, Válvula de esfera, Pichancha de 1". Código 371289 Mca IUSA	2	HOMME DEPOT Coapa Miramontes (8744) Av. Canal de Miramontes 2053 Col. de Los Girasoles Del. Coyoacán México C.P. 4920 (55) 5483 3900	\$205.73	411.46
5. Tubería PVC	TUBO PVC HID C40 3/4" X 1 M Medidas 6.02 cm alto x 6.02 cm ancho. Peso 3.09 Kg. Modelo PVC	4	HOMME DEPOT Coapa Miramontes (8744) Av. Canal de Miramontes 2053 Col. de Los Girasoles Del. Coyoacán México C.P. 4920 (55) 5483 3901	\$17.50	70
6. Conexión en Tee	TEE LISO PVC CÉDULA 40 3/4" 19MM. Medida 3/4" (19 mm). Modelo 401-007. (338438)	2	HOMME DEPOT Coapa Miramontes (8744) Av. Canal de Miramontes 2053 Col. de Los Girasoles Del. Coyoacán México C.P. 4920 (55) 5483 3902	\$5.60	11.2
7. Codos de PVC	CODO 90° LISO PVC CÉDULA 40 3/4" 19MM Medida 3/4" (19 mm). Modelo 406-007	12	HOMME DEPOT Coapa Miramontes (8744) Av. Canal de Miramontes 2053 Col. de Los Girasoles Del. Coyoacán México C.P. 4920 (55) 5483 3903	\$2.70	\$32.40
8. Cople de PVC	COPLE PVC CÉDULA 47 3/4" Rosca interior 3/4" (19 mm). Modelo 430-007. (333904)	1	HOMME DEPOT Coapa Miramontes (8744) Av. Canal de Miramontes 2053 Col. de Los Girasoles Del. Coyoacán México C.P. 4920 (55) 5483 3904	\$8.00	\$8.00
9. Malla sombra 90% para grava 3mts	De línea 1.85 metros de ancho por 100 metros de largo. ± 5% Bajo pedido: 3.7X100 ó cualquier medida, y/o Confección con ojillos 60X19 Hilos por pulgada, 24X7.5 por cm2	0.03	MALLA PLASTICA SAN ANTONIO SA de CV Ing. Francisco Javier Almeida Valdés Poniente 8 mz 45 lote 3 Colonia Cuchilla del tesoro Deleg. Gustavo A. Madero México DF Tel 01-55-57-99-28-78 Cel. 044-55-43-49-48-22	\$11,490.00	\$344.70
10. Mano de obra para la estructura		1		\$800.00	\$800.00
11. Piedra braza 20 CM Ø	Por metro cúbico.	0.01	CTC. Periférico Sur 7555, Cuemanco Delegación Xochimilco, C.P. 16010 TELS 5603-7070; 5673-6951	\$250.00	\$2.50
				<b>SUBTOTAL</b>	\$5,053.58
				<b>IVA</b>	16%
				<b>TOTAL</b>	\$5,862.15

Tabla 34. Presupuesto sistema de Bicimáquina Bomba de Agua					
Concepto	Especificaciones	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	Precio total
1. BiciBomba Móvil	Estructura de acero triangular tipo parrilla con pintura electrostática, ajustes laterales para su adaptación en eje trasero de bicicleta con terminación en tornillo. Diseño ajustable para la bomba pudiendo moverla de acuerdo con el rodado de la bicicleta (28). Accesorios 1 Bomba de 1/2 caballo adaptada para tracción con rueda de bicicleta. 1 válvula check.	1	BICIMÁQUINAS GUADALAJARA Ventas: Saúl Polino Cabañas Innovación y Desarrollo Bicimaquinas MR. Calle José del Fierro #458. Colonia Pedro Moreno. Zapopan, Jalisco. México. C.P 45185 C. 33 34 76 30 35	\$3,250.00	\$3,250.00
2. Bicicleta rodada 28	Bicicleta Aguila Plateada R28 1V. -Asiento tradicional con resortes para mayor confort. -Freno T/PH Benotto. -Cuadro diseñado en acero. -Doble barra en cuadro.	1	BENOTTO Oriente 233 No. 341 Col. Agrícola Oriental, Del. Iztacalco, C.P. 08500, México D. F. Tel.: (55) 5716 9600 Depto Vtas: DOLORES ROMERO pedidos@benotto.com.mx Ext:9640	\$1,960.00	\$1,960.00
<b>SUBTOTAL</b>				\$5,210.00	
<b>IVA</b>				16%	
<b>TOTAL</b>					\$6,043.60