



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTRATEGIA PARA LA OBTENCIÓN DE
AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA EN
CHINAMPAS DE XOCHIMILCO
EMPLEANDO UN HUMEDAL ARTIFICIAL**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA

ANA ALICIA ROMERO AZUELA



MÉXICO, D. F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado:

Presidente
Vocal
Secretario
1er sup.
2do sup.

Prof. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ
Prof. ALEJANDRO ÍÑIGUEZ HERNÁNDEZ
Prof. VÍCTOR MANUEL LUNA PABELLO
Profa. HILDA ELIZABETH CALDERÓN
Prof. ALFONSO DURÁN MORENO

Departamento de Biología
Laboratorio de Microbiología Experimental

Asesor del tema: Dr Víctor Manuel Luna Pabello

Sustentante: Ana Alicia Romero Azuela

DEDICATORIAS

A la memoria de Alicia Jim Sepúlveda, quien fue un estímulo para terminar la carrera, proporcionándome hospedaje y con ello, cuidados, chiqueos, consejos, vivencias, ternura, ejemplo de orden y gozo por la buena vida, logrando hacer más fácil mi transitar en la facultad. Te llevo siempre en mi corazón, Te amo abeita. One two, tree.

A mi madre María de Lourdes Azuela Jim, hermosa, femenina, artista, comprometida en el arte de curar, inquieta romántica, quien me ha apoyado a realizar hasta el sueño más loco y con su ejemplo y carácter me ha enseñado a defender mis ideales. Te quiero ma.

A mi padre Merced Raúl Romero Corona, trabajador incansable, intelectual, beisbolista de grandes ligas, profesionista informático, que con el ejemplo de la disciplina y perseverancia me ha enseñado que se pueden lograr muchas cosas. Te quiero pa.

A mi hermano Raúl Arnoldo Romero Azuela, El mejor líder, inteligente, emprendedor, visionario, guardador de leyendas, mi mejor equipo y compañero de trabajo, de proyectos importantes, el mejor de mis hermanos, ha sido un gran apoyo tenerte cerca. Mi manito, mi brother.

A Javier Villegas Moreno, por todos los momentos que no pudimos compartir, y que tuvieron que pasar para que yo acabara la tesis, por el carácter y el ejemplo de la puntualidad, por permitirme conocerte, por enseñarme la locura del libre pensamiento y el libre hacedor, por que sabes que somos libres Tu y yo.

A José Santos por su apoyo durante toda la carrera, admiro tu perseverancia y el temple que tienes para lograr tus objetivos espero corresponder a tu apoyo siempre. Eres muy importante para mí. Gracias por todo.

A toda mi familia paterna y materna, que con su cariño, sugerencias, y apoyo me han impulsado a seguir adelante. Se que están conmigo en las buenas y en las malas. Los quiero un chorro.

A todos mis AMIGOS que conocí en la facultad, que son muchos y no se si pueda nombrarlos a todos, pero entre ellos están: Mario, Víctor, Tabo, Javier, Mónica Céja, Eric, Isra, Fabis, Rodrigo, Abel, Tania, Benji, Ernesto, Paty, Mónica Miranda, Rosario, Héctor, Claudia, Anita, Javier, Israel, Toño, Luis, Elízabeth Huazo, Rubén, Chavita, José Solano, Gracias a todos por su amistad cada uno me ha enseñado algo, la vida no sería tan hermosa sin amigos.

Especialmente a Román González dueño de la chinampa en la que se desarrolló este proyecto de tesis, gracias por el tiempo brindado, las facilidades otorgadas y la información proporcionada, ojalá sea útil éste trabajo para usted y su familia.

A los profesores Guadalupe Morales y Mario Alberto Sánchez, mis jefes que han confiado en mí incondicionalmente y me han instruido en el arte de enseñar. Siempre han apoyado mi objetivo personal de titulación. Muchas gracias quiero corresponderles de igual forma.

Al Dr Víctor Manuel Luna Pabello por su paciencia, interés, estímulos, responsabilidades otorgadas para que terminara mi servicio social y mi tesis. Muchas gracias por la perseverancia que forjó en mí. Trabajar con usted ha sido una gran experiencia.

A los AMIGOS que no son de la facultad pero también han sido parte de mi vida y de mis proyectos como el Padre Miguel, Grillito, Manuel, Pedro, Toño Estrella, Miriam, Erica y Daniela Silva, Samara, Ale, Valeria, Karlita, Guadalupe, Nadya, Pilar, Ángel Estrada, Eric, Alex, Carolina, Adriana, Paty, Gonzalo, Néstor, Aurora Castro, Verónica Reyes, Jorge Toledano y Coco, Los Ortiz, . . . mil gracias.

APOYOS RECIBIDOS

Se reconoce el apoyo otorgado a través del proyecto DGAPA/PAPIME 2005.

Clave: EN-213104 “Desarrollo, montaje y validación de prácticas de laboratorio para la enseñanza de la microbiología ambiental”. Además se contó con fondos del presupuesto PAPIME (VMLP-2004 y 2005) 6190-14.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
1. OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE TRABAJO	6
1.1.-Objetivos General	6
1.2.-Objetivos Específicos	6
1.3.-Estrategia de trabajo	7
2. MARCO DE REFERENCIA	8
2.1.-Inicio de la degradación ecológica y agrícola chinampera	8
2.1.1.-Aspectos de la cultura Agrícola - Religiosa	13
2.1.2.- Situación respecto a salud pública en la zona chinampera de Xochimilco	14
2.2.- Iniciativa del Distrito Federal que establece las condiciones para agricultura ecológica	16
2.2.1.- Recursos destinados para el programa sello verde	18
2.2.2.-Certificación	18
2.2.3.- Agencias certificadoras	18
2.2.4.- Costos de Certificación	19
2.3.-Primeras acciones en San Gregorio, Xochimilco para obtener la certificación	19
2.3.1.- Plantas ecológicas	20
2.3.2.- Ventajas de las plantas ecológicas	21
2.3.3.- Desventajas de las plantas ecológicas	21
2.4.- Sistemas de tratamiento factibles para la zona chinampera, propuesta de solución.	22

2.4.1.-Humedales artificiales	22
2.4.2.-Clasificación de los humedales artificiales	24
2.4.3.-Humedales artificiales de flujo subsuperficial	25
3. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA	28
3.1.-Zona chinampera para implementar el humedal artificial	28
3.1.1-Ubicación Geográfica	28
3.1.2.-Geología	29
3.1.3.-Hidrología	30
3.1.4.-Localización de la planta	31
3.2.-Actividades para el diseño y construcción del humedal artificial para chinampa	33
3.3.-Ingeniería conceptual	36
3.4-Bases de diseño	36
3.4.1-Generalidades: función de la planta	36
3.4.2.-Capacidad, rendimiento y flexibilidad	37
3.4.3.-Flujo requerido en el sistema	37
3.4.4.-Porcentajes de remoción en humedales horizontales de flujo subsuperficial	38
3.4.5.-Especificación de la alimentación. Caracterización del agua de los canales de Xochimilco, valores promedio y límites máximos permisibles según la NOM 001 SEMARNAT- 1996.	38
3.4.6.-Condiciones del agua en el efluente	42
3.4.7.-Comparación de la concentración de contaminantes en el influente y el efluente según porcentajes de remoción	43
3.4.8.-Eliminación de plantas y lodos	43
3.4.9.-Instalaciones requeridas de almacenamiento	44

3.4.10.-Sistemas de seguridad	45
3.4.11.-Condiciones climatológicas	46
3.5.- Esquema de Flujo del Proceso (EFP)	46
3.6.-Balance Global del Agua	48
3.7.-Lista de equipo, accesorios y materiales	48
3.8.-Criterios de diseño de equipos	50
3.8.1.-Rejilla de cribado	50
3.8.2.-Bomba de alimentación	50
3.8.3.-Tanque de alimentación	50
3.8.4.-Humedal artificial de flujo subsuperficial (HA-01)	50
3.8.5.-Tanque de almacenamiento	51
3.9.-Normas, códigos y especificaciones	52
3.10.-Descripción del proceso	52
3.10.1.-Tren de tratamiento	52
3.11.-Condiciones de operación	53
3.12.-Datos de equipos de proceso	54
3.12.1.-Rejilla de cribado	54
3.12.2.-Bomba de alimentación	54
3.12.3.-Tanque de sedimentación	56
3.12.4.-Humedal artificial propuesto. Humedal artificial vista lateral	57
3.12.5.-Tanques de almacenamiento de agua tratada	59
3.13.-Plano general del sistema	59
3.14.-Diagrama de tubería	59
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA	63

4.1.- Escenario 1. Datos Generales	66
4.1.1.-Producto cultivado	66
4.1.2.-Superficie	66
4.1.3.-Riego	66
4.1.4.-Vía de acceso a las chinampas	66
4.1.5.-Tecnología empleada para tratamiento de agua	66
4.1.6.-Maquinaria y equipo disponible	66
4.1.7.-Infraestructura	66
4.1.8.-Indicadores productivos: Rendimiento promedio	67
4.1.9.-Área de cultivo en una chinampa	67
4.1.10.-Calidad y aceptación en el mercado	67
4.1.11.-Precios de venta	67
4.1.12.-Sistema de comercialización	67
4.1.13.-Volumen de producción anual	67
4.1.14.-Problemas de asesoría técnica	67
4.1.15.-Problemas de Comercialización	68
4.1.16.-Ganancias por la venta de lechuga italiana	68
4.1.17.-Costos de producción y riego	69
4.1.18.-Utilidades de producción anuales	70
4.2.-Escenario 2 Con HAFS	70
4.2.1.-Volumen de producción anual debido a la reducción de área cultivable espacio por la instalación del HAFS	70
4.2.2.-Costos anuales de producción y riego de lechuga italiana	71
4.2.3.-Presupuesto de inversión global del humedal artificial	71

4.2.3.1.-Costos de Operación y Mantenimiento	72
4.2.3.2.-Inversión inicial fija (tangible)	73
4.2.3.3.-Inversión inicial diferida (intangibile)	74
4.2.3.4.-Depreciaciones y amortizaciones	74
4.2.4.-Ganancias por la venta de cosecha al reducir área de cultivo	75
4.2.5.-Planteamiento de Soluciones A y B	75
4.2.6.-Solución A) Se aumenta precio de venta por caja de lechuga	76
4.2.7.-Estado de resultados pro forma solución A)	77
4.2.8.-Solución B) Se aumenta área de cultivo y se mantiene el mismo precio de venta	80
4.2.9.-Estado de resultados pro forma solución B)	80
4.2.10.-Estudio de factibilidad económica	82
4.2.11.-Flujo neto de efectivo solución A) y Solución B)	83
4.2.12.-Cálculo del valor presente neto solución A) y solución B)	85
4.2.13.-Razón beneficio costo solución A) y solución B)	85
4.2.14.-Periodo de recuperación de la inversión solución A) y solución B)	87
4.3.-Escenario 3. Área de cultivo reactivada por el HAFS	89
4.3.1.-Costos anuales de producción y riego de lechuga Italiana	89
4.3.2.-Costos de Operación y mantenimiento del HAFS	90
4.3.3.-Ganancias por la venta de cosecha al reactivar siembra en chinampa	91
4.3.4.-Flujo Neto de Efectivo	92
4.3.5.-Valor Presente Neto	93

4.3.6.-Relación Beneficio Costo	93
4.3.7.-Periodo de Recuperación de la inversión	93
4.4.-Resumen del contenido General de escenarios	94
5. FACTORES SOCIALES, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS MAS REPRESENTATIVOS QUE PUEDEN EVITAR IMPLEMENTAR EL HAFS Y PROPUESTA DE ACCIÓN EN LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO	98
5.1.-Factores sociales	99
5.2.-Factores políticos	101
5.3.-Factores económicos	101
5.4.-Propuesta de solución social, acciones locales	102
5.5.-Propuesta de solución económica, acciones locales	106
5.6.-Propuesta de solución del factor político, acciones locales	108
6. CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXO	119
A.-Presupuesto de equipo, accesorios y materiales	120
B.-Balance global de agua	121

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

(F-01)	Flotador del tanque de alimentación
(GA-01)	Bomba de alimentación
(RC-01)	Rejilla de cribado
(TA-01)	Tanque de alimentación
(TA-02)	Tanque de almacenamiento
(V-003)	Válvula de compuerta 003
(VB-002)	Válvula de globo 002
B/C	Relación beneficio - costo
BB	Beneficio bruto
°C	Grados centígrados
cc	Centímetros cúbicos
CE	Conductividad eléctrica
CO	Costos de operación
CORENA	Comisión de Recursos Naturales
Cwiii	Templado con humedad relativa entre los sub húmedos
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DBO5	Demanda Biológica de Oxígeno a cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
dV/dt	Volumen de acumulación en el sistema
ET	Evotranspiración
fve	Flujo de entrada
fvi	Flujo volumétrico anual que entra al sistema
H	Hora
HAFS	Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial
HAFH	Humedal artificial de flujo horizontal
HAFV	Humedal artificial de flujo vertical
Hp	Caballos de fuerza
I	Infiltración al sistema
i	Tasa de actualización seleccionada
ISR	Índice Sobre la Renta
LB	Límites de batería
LPH	Litros por hora
N	Número de periodos
NK	Nitrógeno Khendal
NMP	Número más Probable
N-NH ₃	Nitrógeno Amoniacal
NOM	Norma Oficial Mexicana
P	Fósforo
p.e	Personas equivalentes
pH	Potencial Hidrógeno
PRI	Periodo de Recuperación de la Inversión

PTUParticipación de Trabajadores sobre Utilidades
SoInversión inicial en el tiempo o año cero
SSTSólidos Suspendingos Totales
StSólidos totales
STTSólidos Totales Totales
TTemperatura
TRHTiempo de Residencia Hidráulica
VPNValor Presente Neto

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ventajas y desventajas de los humedales artificiales de flujo subsuperficial
Tabla 2	Lista de actividades para implementar el humedal artificial, basada en tesis de Ramírez, 1998.
Tabla 3	Porcentajes de remoción en humedales horizontales de flujo subsuperficial (Montovi, 2003 y Solano, 2004)
Tabla 4	Caracterización del agua de los canales de Xochimilco Contaminantes básicos.
Tabla 5	Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros
Tabla 6	Límites máximos permisibles de contaminantes patógenos y parasitarios.
Tabla 7	Comparación de la concentración de contaminantes en el influente y el efluente según porcentajes de remoción.
Tabla 8	Condiciones climatológicas puntuales promedio, estimadas en la zona de Xochimilco (INEGI,2004)
Tabla 9	Comparativa de las alternativas de proceso
Tabla 10	Lista de equipo, accesorios y materiales
Tabla 11	Parámetros de diseño del humedal artificial HAFS
Tabla 12	Hoja de datos para la rejilla de cribado
Tabla 13	Hoja de datos para la bomba de alimentación
Tabla 14	Hoja de datos del humedal artificial. Parámetros de diseño
Tabla 15	Costos de Producción y riego de lechuga italiana
Tabla 16	Utilidades de producción anuales
Tabla 17	Costos de operación y mantenimiento para el humedal artificial
Tabla 18	Inversión inicial fija (tangibile)
Tabla 19	Inversión inicial diferida (intangibile)
Tabla 20	Depreciaciones y amortizaciones
Tabla 21	Ganancias de cosecha, reducción de área y volumen de producción
Tabla 22	Ganancias por la venta de cosecha, volumen reducido a 704 cajas, pero aumentando el precio de venta por caja a \$205.00

Tabla 23	Resultados pro forma 352 m ² producción de 704 cajas precio de lechuga a \$205 por caja.
Tabla 24	Resultados pro forma 502 m ² producción de 1339 cajas precio de lechuga a \$120 por caja.
Tabla 25	Flujo neto de efectivo Solución A) viene de la Tabla 23. 352m ² producción de 704 cajas precio de lechuga \$205.00 por caja
Tabla 26	Flujo neto de efectivo solución B) viene de la Tabla 24. 502m ² producción de 1339 cajas precio de lechuga \$120.00 por caja
Tabla 27	Solución A) Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.
Tabla 28	Solución B) Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.
Tabla 29	Escenario 3. Costos de operación y mantenimiento para el humedal artificial
Tabla 30	Ganancias de cosecha, al reactivar la siembra en la chinampa.
Tabla 31	Escenario 3 Flujo Neto de efectivo
Tabla 32	Escenario 3. Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.
Tabla 33	Resumen del Contenido General de Escenarios
Tabla 34	Programas de apoyo al campo

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Metodología Empleada
Fig. 2	Clasificación de los humedales artificiales (Miranda, 2003)
Fig. 3	México D.F, Delegación Xochimilco.
Fig. 4	Localización de la planta, pueblo de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F, México.
Fig. 5	Presupuesto de inversión total
Fig. 6	Acciones locales propuestas para la implementación del HAFS tomando en cuenta factores sociales

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1	Perspectiva del lugar donde se instalará el HAFS (bajo la malla)
Foto 2	Canal Principal, lugar de donde se obtiene el influente
Foto 3	Bomba de alimentación marca Honda

ÍNDICE DE ESQUEMAS Y DIBUJOS

No 1	Esquema de Flujo del Proceso
No 2	Humedal artificial Flujo Subsuperficial, Vista Lateral
No 3	Diagrama General del Sistema
No 4	Diagrama de Tubería

RESUMEN

El ecosistema lacustre de Xochimilco se conformaba por manantiales, lagos, ojos de agua dulce, entre otros sistemas hídricos, que favorecían la actividad agrícola debido a la confiabilidad en calidad y pureza del agua, sin embargo el sistema chinampero se ha debilitado paulatinamente debido a la creciente incorporación de factores adversos de índole social y ambiental tal como la explosión demográfica, demanda de servicios, generación de aguas residuales, creación de vías de acceso, generación de empleos, incorporación de fertilizantes químicos y aguas residuales parcialmente tratadas, a los canales, los cuales se han tenido que introducir a causa de la sobreexplotación de los mantos freáticos que abastecen a la Ciudad de México.

El suministro de agua para uso agrícola en la zona chinampera de San Gregorio Xochimilco se realiza por medio de canales. Dichos canales contienen agua que se infiltra por escurrimientos provenientes de los cerros más cercanos (la cual brota como manantiales) y también agua residual tratada proveniente de la planta de Cerro de la Estrella y San Juan Tlaxialtemalco. De igual forma, existen aportes de agua residual sin tratar que son desechados por las comunidades cercanas a la zona, como es el caso de las ubicadas en San Pedro Atocpan y Milpa Alta. A pesar de no cumplir con la calidad establecida para ser usada en el riego agrícola restringido, actualmente es empleada para riego de lechuga italiana, roja, orejona, entre otras verduras. La zona Chinampera de Xochimilco, se encuentra catalogada, por la UNESCO, como patrimonio cultural de la humanidad, por lo que se trata de suelo de conservación en el cual, debe practicarse agricultura orgánica,

apegándose a la norma para el Distrito Federal NADF-002-RNAT-2002, Que establece las condiciones para agricultura ecológica en el suelo de conservación del Distrito Federal. Como parte de las acciones que se deben realizar, se encuentra la implementación de sistemas de tratamiento de agua, que eviten el uso de aguas de riego con calidad inadecuada, como lo son las aguas residuales crudas. El presente trabajo de tesis se enfoca al desarrollo de una estrategia para la obtención de agua para riego agrícola empleando un humedal artificial de flujo subsuperficial (HAFS) para ser instalado en chinampas individuales. El efluente obtenido debe cumplir con la calidad establecida para el riego agrícola restringido según la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. Si bien, la alternativa de construir humedales más grandes, resulta más económica, ha sido infructuoso encontrar una alternativa de solución que sea apoyada por el total de la comunidad que se pretende beneficiar. Por tal motivo, se plantea establecer como estrategia la construcción de un HAFS para ser instalado en una chinampa, con lo cual se incentive su aplicación, al evidenciar los beneficios de contar con este tipo de sistemas, lo que promoverá tanto su aplicación individual, como comunal. Adicionalmente, la tesis, contempla el estudio económico referente a los costos de implementación del humedal artificial y el tiempo en que se puede recuperar la inversión. Al tratarse de comunidades agrícolas, existen factores de tipo social, económico y político, que no favorecen la implementación del sistema. A éste respecto, se proponen acciones locales para evitar conflictos significativos y tomar decisiones de manera oportuna.

INTRODUCCIÓN

Debido a los altos costos en salud que implica consumir vegetales contaminados por el riego con aguas negras (Olivares, 2005), el gobierno del Distrito Federal, mediante la Secretaría del Medio Ambiente creó un proyecto prioritario llamado “Sello Verde”, que está encaminado al apoyo de productores de agricultura “orgánica” o “ecológica” en el Distrito Federal, en lo referente a infraestructura y procesos de certificación de sus productos. Asimismo, aporta recursos económicos y asesoría para que los agricultores puedan obtener el certificado correspondiente. Para obtener la certificación se debe observar la norma publicada el 17 de Diciembre de 2003 en el Diario Oficial de la Federación. NADF-002-RNAT-2002. Que establece las condiciones para la agricultura ecológica en el suelo de conservación del Distrito Federal. En ella se indica que los productores no deben usar agroquímicos, semillas transgénicas, lodos de alcantarilla o aguas negras. Las ventajas de obtener dicha certificación, se refleja en la mejor aceptación del producto en el mercado y en consecuencia, mejores rendimientos, aunado al beneficio directo en salud y en el ambiente. Información más detallada a este respecto, se presenta en el marco de referencia.

Actualmente, en la zona chinampera de San Gregorio, Xochimilco, los agricultores utilizan el agua contenida en los canales de la región, la cual no cumple con las especificaciones de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y

bienes nacionales. Lo anterior se debe a que existen asentamientos irregulares que vierten sus aguas residuales directamente a los canales haciéndolas inadecuadas para el riego (Bojórquez, 1994). A pesar de que en la zona chinampera de Xochimilco no es una exigencia realizar agricultura ecológica, el Gobierno del Distrito Federal pretende, a futuro, que sea practicada en toda la tierra de conservación del Distrito Federal (Olivares, 2005).

El presente proyecto de tesis tiene como objetivo ofrecer a los productores de San Gregorio, Xochimilco una estrategia para lograr la implementación de un humedal artificial de flujo subsuperficial (HAFS) que permita obtener agua con calidad de uso agrícola restringido, límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 mencionada anteriormente. La estrategia propuesta comprende la elaboración de la ingeniería básica conceptual como parte del diseño del HAFS, constituye la información mínima tecnológica en la que se establecen las operaciones físicas y químicas necesarias para la transformación de la materia prima, en particular, agua residual, además, establece la secuencia de dichas operaciones físicas y químicas necesarias para la transformación de ésta en producto. Se elaboraron las bases de diseño, las cuales contienen entre otros datos la función de la planta, tipo de proceso, capacidad, rendimiento, flexibilidad, flujos de alimentación y sus condiciones de operación, como la temperatura y presión, así como los productos y subproductos en límites de batería e información de servicios auxiliares del proceso (Hernández, 1999). Todo lo anterior se encuentra en el capítulo 3 referente al desarrollo de la estrategia.

Parte importante es conocer si el proyecto será rentable económicamente viable, el capítulo 4 desarrolla la evaluación económica del proyecto, se plantean tres

escenarios, el primer escenario, contiene datos generales, que muestra información como tipo de producto cultivado, superficie de chinampa, riego, infraestructura y algunos indicadores productivos, como rendimiento promedio de lechuga, precios de venta, sistema de comercialización, costos de producción y riego, volumen de producción anual, etc. En el segundo escenario se calcula el incremento de costos de producción debido a la inversión realizada para el HAFS, además de las pérdidas debido a la disminución de área de cultivo ya que éste ocupa espacio. En éste escenario se proponen 2 soluciones A) y B), se realiza el estudio de factibilidad económica, el cual comprende los parámetros de valor presente neto (VPN), razón beneficio costo (B/C) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI). El escenario tres se conocen las ganancias obtenidas al reactivar una zona de chinampa sin trabajar una vez instalado el HAFS, en éste escenario también se obtienen los valores del VPN. Razón B/C y PRI. Las decisiones de inversión implican beneficios y gastos a través del tiempo, el término inversión se empleó para referirse a la dedicación de recursos con la esperanza de obtener ganancias durante un periodo de tiempo razonablemente largo en el futuro (Segura, 2003). Para concluir, la estrategia debe contemplar la existencia de factores sociales, políticos y económicos que impiden la implementación de sistemas en comunidades rurales, ante esto Canabal menciona que “Si bien existe claridad entre los productores acerca de los problemas que los acosan, éstos están concientes de que sólo los solucionarán mediante la organización”. Con desanimo para organizar a la comunidad se muestran algunos productores debido a los problemas vividos. Algunos de estos factores se han planteado en el capítulo 5, junto con propuestas de acciones locales para minimizarlos.

I. OBJETIVOS Y ESTRATEGIA DE TRABAJO

1.1.-OBJETIVO GENERAL

- Proponer una estrategia con la cual se obtenga agua tratada para uso agrícola a partir de un humedal artificial que se alimenta con agua contenida en los canales de Xochimilco.

1.2.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el diseño conceptual del humedal artificial de flujo subsuperficial HAFS que permita obtener agua con calidad para riego agrícola, restringido a partir del agua contenida en los canales de Xochimilco.
- Evaluar la viabilidad del proyecto a partir del análisis de escenarios pro forma al implementar el HAFS.
- Plantear una estrategia que involucre los factores sociales, económicos y políticos que permitan implementar un HAFS en la zona chinampera de Xochimilco.

1.3.-ESTRATEGIA DE TRABAJO

En la Figura 1 se ilustra la metodología empleada para la realización del proyecto de tesis.

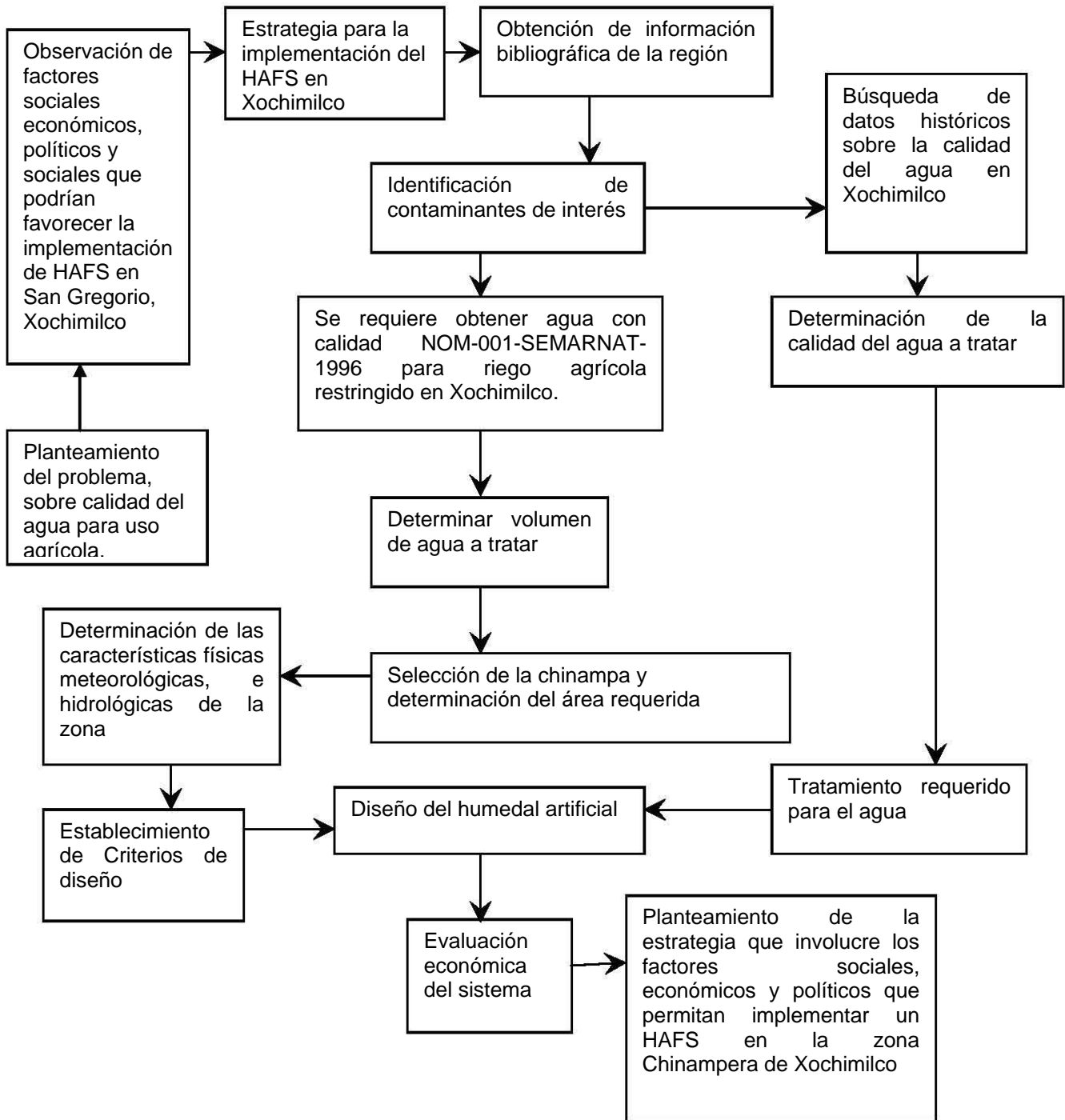


Fig. 1. Metodología empleada.

2. MARCO DE REFERENCIA

Xochimilco es para México uno de los lugares que se han utilizado como referente nacional, debido a su importancia cultural y a nivel ecosistema, además de éste patrimonio, existe un patrimonio “espiritual”, como son la música, danzas, ritos, tradiciones, entre muchos otros que de igual manera ameritan atención.

2.1.- INICIO DE LA DEGRADACIÓN ECOLÓGICA Y AGRÍCOLA CHINAMPERA

El origen a la degradación chinampera, comienza a principios del siglo XX, cuando el régimen porfirista plantea la necesidad de entubar las aguas de los manantiales del sur de la cuenca de México específicamente los del área de Xochimilco, que eran los más abundantes por la producción volumétrica de agua (Villanueva, 1991). Esto se logró mediante la construcción de un acueducto (aún en funcionamiento) inaugurado el 17 de marzo 1900, evidenciando una primera etapa colonial gobernada con una profunda incomprensión y desprecio hacia el agua y su cultura (Legorreta, 2005).

Se expropiaron terrenos que estaban en el entorno de los grandes manantiales para dar lugar a los equipos de extracción del agua.

El deterioro del servicio de agua potable en el año de 1900, fue la razón por la que comienza la extracción del agua de Xochimilco mediante tubería, en esa época el agua utilizada para la Ciudad de México provenía de los manantiales de Chapultepec los cuales funcionaban desde la época virreinal. Otros ríos de dónde se extraía agua era el Hondo y los Morales, los cuales se unían con los pozos

perforados dentro de las casas particulares y edificios públicos, llevando así la provisión de agua a la ciudad. El abastecimiento de agua por éste procedimiento tenía desventajas como la carencia de presión y poca fiabilidad en la calidad de ésta.

En el año de 1914 comienza a llegar agua al centro de la Ciudad de México, la cual provenía de los manantiales de Xochimilco, con un caudal de 2.4 m³ por segundo, suficientes para 600 000 ciudadanos.

Conforme fue pasando el tiempo, el tamaño de la población creció y con ello, la demanda de agua, servicios de drenaje, luz, etc.

La constante extracción de agua de los manantiales trae consigo la disminución del agua para riego de las chinampas, originando la descompensación del régimen hídrico de la región, lo que afectó tanto a la agricultura como al turismo.

La considerable producción agrícola existente comenzó a decaer dando lugar a un desajuste económico general. Surgen problemas sociales como la desfragmentación de las comunidades agrícolas, debido al abandono de sus labores, y al desempleo. Los que pueden hacerlo, emigran hacia otras ocupaciones que ofrece el área urbana y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, dejando de lado su sistema familiar de trabajo (Chong, 2004).

Un adicional motivo para desecar la Zona de Xochimilco, fue evitar las inundaciones en la zona centro de la Ciudad de México (González, 1990).

Cuando las comunidades agrícolas empezaron a quejarse por la falta de agua, el Departamento del Distrito Federal, estudió la forma de restituir parte del agua extraída de la zona Chinampera de Xochimilco canalizando los drenajes domésticos al sistema lacustre, decisión que aparentemente resolvía la

insuficiencia de red de captación de aguas negras y resolvía el problema de los hundimientos diferenciales de suelo. Decisión que provocó desbordamiento de los canales del sistema de desagüe en temporada de lluvia (González, 1990).

En 1958 se construyó la primera planta tratadora de agua con capacidad de 400 litros por segundo, entrando en operación en 1959.

El daño al ecosistema lacustre, que inició en esa época, no se percibía trascendente como se puede observar ahora. La consecuencia de introducir aguas parcialmente tratadas al sistema lacustre, ha cambiado por completo el ecosistema, las cadenas tróficas y por lo tanto la forma de vida de los habitantes del lugar, así poco a poco los organismos acuáticos se van extinguiendo. Como el ajolote, (*Ambystoma mexicanum*), actualmente, grupos de investigadores de la UAM Xochimilco trabajan por la preservación del ajolote (Galán, 2005).

La extinción de especies endémicas, es debido a que el agua a pesar de su tratamiento, trae consigo sustancias químicas, detergentes y microorganismos patógenos y parasitarios (Bojórquez, 1994). También se afectó la actividad agrícola y pesquera. El área cultivable continúa reduciéndose para la construcción de habitaciones de asentamientos humanos en zonas destinadas a la agricultura. Esto fomentó la realización de obras civiles como por ejemplo vías de transporte o sistemas de bombeo para el acueducto.

El problema se agravó cuando se dio prioridad al desazolve de canales turísticos y de drenaje, descuidando todo el sistema de canales restante el cual debe fluir principalmente por gravedad.

El abatimiento del volumen de agua en el sistema lacustre, dio como consecuencia el desecamiento de canales, los cuales se tapan más fácilmente y favorecen la urbanización de chinampas desecadas, En consecuencia, la apertura de nuevas vías de acceso, mayor facilidad para poblar la zona, se construyeron puentes en para facilitar el paso de automóviles y en mejor de los casos, para los tractores de uso agrícola. No obstante, el paso de las canoas quedó impedido, al bajar el agua de nivel, el riego por absorción se ha dificultado, lo que incrementa los costos agrícolas por el uso de motobomba (Crossley, 2004). La concentración de nitrógeno y fósforo proveniente de los desechos sanitarios en el agua, genera exceso de lirio acuático, el que a su vez dificulta el tránsito de canoas a zonas de trabajo. Además, se aumentó la pérdida de agua debido a la evapotranspiración, Aunado a esto, se disminuyó la productividad de plantas cultivables, debido a la contaminación del agua y suelo. Lo anterior, en su conjunto ha menguado la economía relacionada con la pesca, dada la extinción de peces y la baja calidad de los mismos (González, 1990).

La falta de agua limpia con características adecuadas para seguir cultivando, provoca que los agricultores se sientan desanimados y prefieran emigrar o incorporarse al empleo urbano, dejando abandonadas las zonas chinamperas.

Como consecuencia de la disminución de agricultores, se ve debilitado el Tequio actividad que se basa en el intercambio de la fuerza de trabajo y por lo tanto, se debilita el sostén económico y la identidad cultural, favoreciendo así, el acaparamiento de tierras por compañías dedicadas a la construcción de viviendas en tierras agrícolas no trabajadas (González, 1990).

Respecto a los lodos que comúnmente se usan como fertilizante, los cuales son parte de una tecnología agraria, ya no se pueden utilizar de la misma forma, debido a que han disminuido en calidad, haciéndose aceitosos y compactos. Éstos son depositados en las zonas chinamperas y ejidales contiguas, lo cual provoca salinización del suelo, y focos de infección al contener organismos patógenos, metales pesados, etc. (González, 1990). Además, la extracción de estos es peligrosa debido a los vidrios y demás compuestos extraños contenidos en éste. Al no tener un lodo adecuado, se tienen que emplear fertilizantes químicos, que elevan los costos de producción e incrementan los niveles de contaminación.

Por disposiciones gubernamentales, se decidió que existirían zonas agrícolas de productos específicos, como es el caso de Milpa Alta, principal productor de nopal o Tulyehualco, productor de amaranto y olivo. De esta forma se especializaron zonas agrícolas orillando a realizar monocultivos, los cuales favorecen la propagación de plagas específicas, hecho que se ha tratado de resolver mediante el uso de compuestos agroquímicos, pesticidas, herbicidas, etc. De manera natural, las plagas eran evitadas mediante la rotación de cultivos, uso de semilla criolla y realizando policultivos, lo que en su conjunto logra el adecuado equilibrio del ecosistema lacustre- chinampero. La pérdida de suelo agrícola, sometido a una explotación desproporcionada a sus posibilidades, acelerará el proceso de erosión, el cual de manera natural tarda miles de años en completarse, dando así lugar a territorios no aptos para la agricultura (Burk et al., 1973).

2.1.1.- ASPECTOS DE LA CULTURA AGRÍCOLA – RELIGIOSA

Al observar el ciclo agrícola, desde el punto de vista religioso, se puede entender que la relación hombre naturaleza se establecía por normas fijadas por el medio natural, lo cual dotaba al ciclo agrícola de un carácter sacro.

Así, en la zona lacustre, la chinampa es la unidad de producción agrícola sustentada en las condiciones acuáticas del lugar, al tomar en cuenta para su construcción la orientación solar, la exposición de los vientos y el flujo de agua en los canales.

El establecimiento de la cultura agrícola religiosa propia de cada localidad, permite a los individuos la construcción de una identidad personal, dando sentido a su existencia, logrando ordenar al mundo y evitando el terror al caos mediante la vivencia religiosa del equilibrio con la naturaleza (González, 1990).

Cada comunidad agrícola religiosa, se organiza en mayordomías, fiscalías patronatos, etc. Lo que da oportunidad de la comunicación entre las comunidades mediante el intercambio de **la promesa**, estructura simbólica que establece relaciones intercomunales, en el que se intercambian dones entre los grupos participantes, y se *ofrece* en honor al santo patrón visitado.

La interrelación entre los sistemas de producción agrícola y la cultura agrícola religiosa ha sido la base y el sostén de éstas, lo cual ha proporcionado estabilidad social, productiva, económica y ecológica, al asegurar las condiciones para el intercambio, producción y comercialización de productos del campo por la mayor población de éstos pueblos.

Actualmente los sistemas de producción están siendo severamente afectados debido a las desiguales condiciones de intercambio que condicionan el valor del producto del trabajo campesino en el país entero. La falta de visión institucional ha ocasionado condiciones poco favorables para los agricultores, lo cual provoca desanimo y abandono de las actividades de producción agrícola. Lo anterior conlleva a que sus habitantes olviden su cultura agrícola religiosa, de la cual son herederos no sólo por necesidades productivas, si no también por necesidades de cohesión, e integración social, ya que al no existir se debilitan nexos entre las comunidades.

2.1.2.- SITUACIÓN RESPECTO A SALUD PÚBLICA EN LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO.

Gran parte de las aguas contenidas en los canales de Xochimilco, provienen de la planta de tratamiento de Cerro de la Estrella y San Juan Tlaxialtemalco (Legorreta, 2005). Así mismo traen consigo aguas de drenaje clandestino, el último estudio referente a las descargas de aguas negras en los canales de Xochimilco, se localizaron dos mil puntos afectados, los cuales 500 son descargados a lo largo de 180 Kilómetros de canales y 360 Kilómetros de riberas, los 1500 puntos restantes son aportes de escurrimientos y tuberías en mal estado (Llanos,.2005). En éstas aguas se reproducen peces como la carpa y la mojarra entre otras. También se encuentran especies endémicas como el ajolote, mencionado anteriormente, el acocil y el charal.

Se ha detectado que existe daño a la salud humana, cuando los lugareños obtienen peces del lago para consumo familiar, o bien, para comercializarlos entre los visitantes (Llanos, 2005).

Existen estudios que indican que especies de carpa, el acocil y el ajolote no son aptos para el consumo humano como consecuencia de su alto contenido en diversos metales pesados (Moreno et al., 1997, González et al., 1997). Asimismo, existen reportes de que las concentraciones promedio de Cadmio, en las muestras de las hortalizas analizadas (acelga, brócoli, col de Bruselas, coliflor, col morada y espinaca), regadas con agua de los canales, rebasaron el límite máximo permisible de 1mg/Kg (Jiménez et al., 1997).

La contaminación por metales pesados en alimentos, plantas y animales locales es una realidad, los niveles de la mayoría de los metales pesados (fracción soluble) en el agua no rebasan los límites máximos permisibles; sin embargo el Cadmio es la excepción, en los escasos datos de suelo revelaron contaminación al igual que las concentraciones en algunas plantas acuáticas, En todos los casos los niveles son prácticamente altos y en cuanto a las especies comestibles se consideran no aptas para el consumo humano (Bojórquez et al., 1994).

Por otro lado, la contaminación en Xochimilco, debido a los contaminantes de tipo biológico, ha provocando que la salud de los habitantes del agrosistema chinampero se vea gravemente afectada. Por ejemplo, el parásito patógeno de mayor incidencia en la zona chinampera fue *Ascaris lumbricoides*, parásito

causante de problemas intestinales y pulmonares, otras especies de parásitos encontrados fueron *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica*, *Hymemolepis nana*, *Trrichuria trichuria*, *Enterobius vermicularis*. La mayoría de los protozoos y helmintos de parásitos causales del tubo digestivo del hombre, así como de algunos extraintestinales, se originan por la falta de hábitos y costumbres higiénicos adecuados. La práctica de fecalismo a ras del suelo, contribuye al depósito de quistes de protozoos o huevos de helminto.

Los mecanismos que entran en juego para la transmisión de parásitos no patógenos son debido a la contaminación de alimentos, agua y diversos objetos con materia fecal, actualmente se acepta que algunos produzcan cierto grado de enfermedad (Amigos de Xochimilco, 1990). Debido a éste grave problema de salud, el Gobierno del Distrito Federal, ha impulsado ciertos proyectos principalmente para favorecer el consumo de alimentos con calidad, es evidente que el costo por prevenir enfermedades será menor a los costos por servicios médicos que la población requiera una vez infectados.

2.2.- INICIATIVA DEL DISTRITO FEDERAL QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES PARA AGRICULTURA ECOLÓGICA

El Gobierno del Distrito Federal, mediante la Secretaría del Medio Ambiente creó un “proyecto” llamado Sello Verde, que está encaminado al apoyo de productores de agricultura orgánica en el Distrito Federal en lo referente a infraestructura y procesos de certificación de sus productos (Olivares, 2005).

Para desarrollar éste programa se creó una norma el 18 de Diciembre del 2003 publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal para la agricultura ecológica que se realiza en el Distrito Federal. Todo esto en el marco del Programa de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, instrumento mediante el cual se regula de forma general las actividades forestales, agrícolas, ganaderas, recreativas y de conservación de la biodiversidad. Se rige el desarrollo de las actividades y obras orientadas a la conservación y manejo sustentable de los recursos naturales para las zonificaciones del Suelo de Conservación.

Tiene como objetivos establecer las condiciones para la realización de la Agricultura Ecológica, práctica en la que se utilizan métodos sostenibles de producción agrícola, que recupera, conserva los suelos, disminuye la contaminación de las aguas, promueve la diversificación de cultivos, el cuidado y conservación de los recursos naturales, fomentando el desarrollo de mercados ecológicos para beneficio del productor y del consumidor, así como el desarrollo del sector rural del Distrito Federal.

En el DF hay siete delegaciones con agricultura, estas son Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Tlalpan, Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta (INEGI, 2003).

2.2.1.- RECURSOS DESTINADOS PARA EL PROGRAMA SELLO VERDE

El Sello Verde se sostiene con dinero de los Fondos Comunitarios para el Desarrollo Equitativo y Sustentable (Focomdes), de la Secretaría del Medio Ambiente, con el programa federal Alianza por el Campo (en el que los gobiernos federal y local ponen 50 por ciento entre los dos) y el resto es aportado por los productores (Olivares, 2005).

2.2.2.- CERTIFICACIÓN

El productor que decida seguir los lineamientos establecidos en la **NADF-002-RNAT-2002** y realice el trámite establecido por las agencias certificadoras podrá adquirir la certificación "Sello Verde".

2.2.3.- AGENCIAS CERTIFICADORAS

Las agencias certificadoras, son las encargadas de revisar los proyectos y determinan los productores que cumplen los lineamientos establecidos y que podrán hacer uso del sello verde. Entre las que actualmente se encuentran reconocidas y que certifican a los productores mexicanos son Bioagricorp (empresa Italiana), Ocia (E.U) y Certimex (Mexicana), que se apoya en Naturland (Alemania). Las cuales son conectadas por los productores directamente. Las agencias que pueden otorgar la certificación Sello Verde deben estar autorizadas por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, la cual emite una convocatoria de carácter público, para invitar a las agencias que quieran incorporar dentro de sus certificaciones la del Sello Verde, convocatoria publicada el 27 de Diciembre de 2004, en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.

2.2.4.- COSTOS DE CERTIFICACIÓN

En el Distrito Federal los costos para certificar productos son relativamente más económicos que en otros estados, como cifra aproximada se tiene que puede costar entre dos mil setecientos y once mil pesos (Olivares, 2005).

2.3.- PRIMERAS ACCIONES EN SAN GREGORIO, XOCHIMILCO PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN

En San Gregorio Xochimilco, los productores, se organizan en sociedades de producción agrícola, Así mismo, estas sociedades se organizan por medio de una mesa directiva la cual es elegida por sus integrantes.

El grupo con el cual se trabajó se llamaba Grupo de San Sebastián Tlacoapa, productores de leguminosas, hortalizas y flores de ornato.

Esta agrupación, conciente de las características que sus productos deben cubrir para lograra la certificación, han buscado, trabajar paulatinamente para realizar agricultura orgánica, las primeras acciones han sido dirigidas a evitar el uso de aguas negras que indica la Norma NADF-002-SRNAT-2002. Para lograr esto, han querido incorporado sistemas de tratamiento de agua individuales para cada chinampa que les permita obtener agua con características adecuadas para riego agrícola, sin embargo, no han concluido la incorporación de tecnologías de éste tipo, debido a problemas sociales, económicos y políticos los cuales, se van a explicar mejor en el capítulo 5 de éste trabajo de tesis.

Los productores de San Gregorio Xochimilco, en el año del 2002 empezaron a recibir apoyo técnico por parte de la CORENA (Comisión de Recursos Naturales),

la cual asignó a un grupo de técnicos, que asesoraron a los productores en la obtención de una tecnología que fuera viable para las condiciones de la zona chinampera. Dentro de éstas tecnologías contemplaron la utilización de humedales artificiales y plantas ecológicas, entre otras. El presupuesto disponible para las plantas de tratamiento de agua era aproximado a doscientos mil pesos, el cual debía favorecer a los 20 productores que conformaban el grupo.

Según los presupuestos realizados, si se emplearan los humedales artificiales sólo alcanzaría para instalar cuatro sistemas con un costo de \$50,000.00 pesos cada uno, las plantas ecológicas eran más baratas y se podrían comprar siete unidades con un costo aproximado de \$28,000.00 cada una.

2.3.1.- PLANTAS ECOLÓGICAS

La tecnología llamada “plantas ecológicas”, consiste en un arreglo de filtros de carbón activado y sílica, un ozonificador y dos tanques de 2500 litros en donde se recibe el agua filtrada. Para poder utilizar éste arreglo se requirió de una planta generadora de electricidad, la cual proporcionará energía a una bomba cuya función es extraer agua del canal para aumentar su presión y que pueda pasar por dos filtros, finalizando en el ozonificador, el cual funciona como tratamiento de desinfección, obteniendo agua tratada.

2.3.2.- VENTAJAS DE LAS PLANTAS ECOLÓGICAS

La opción más viable respecto a la otra alternativa fueron las Plantas ecológicas ya que eran poco más económicas, y se podía comprar tres sistemas de tratamiento extra con respecto a los otros sistemas de tratamiento que se habían presupuestado.

La compra fue inmediata y aparentemente sencilla la forma de operar el sistema.

2.3.3.- DESVENTAJAS DE LAS PLANTAS ECOLÓGICAS

La utilización de filtros genera un incremento en los costos de producción. Aproximadamente mil quinientos pesos costaría el reemplazo cada 3 a 6 meses. Otra desventaja ambiental, a largo plazo es la que surge al no desechar adecuadamente los filtros usados.

La bomba del sistema, succiona con una fuerza de presión grande, lo que implica, que debe de haber agua en cantidad suficiente y disponible en el canal, lo cual es cada vez más difícil por la reducción del caudal de agua tratada que se manda a los canales de la zona.

2.4.- SISTEMAS DE TRATAMIENTO FACTIBLES PARA LA ZONA CHINAMPERA. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.

2.4.1.- HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales son sistemas específicamente diseñados y construidos por el hombre para tratar las aguas residuales, en éstos se aumenta la capacidad depuradora o eficiencia de tratamiento mediante la optimización de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los ecosistemas de humedales artificiales (Gray, 1989). A los humedales artificiales también se le llaman pantanos artificiales entre otros nombres, la tecnología de humedales artificiales está definida como un complejo ecosistema de sustratos saturados, vegetación (macrofitas) y agua, cuyo objetivo es la remoción de la mayor cantidad de contaminantes a través de mecanismos de depuración, como la remoción de sólidos suspendidos por sedimentación y filtración; biodegradación de materia orgánica por microorganismos aerobios y anaerobios; eliminación de microorganismos patógenos por sedimentación, filtración, toxicidad por antibióticos producidos por las raíces de las macrofitas, absorción en partículas de arcilla y la acción depredadora de otros organismos; remoción de metales pesados, atribuido al fenómeno de precipitación - absorción; precipitación de los hidróxidos, sulfuros; y ajuste del pH (Quipuzco, 2002).

Existen diferentes tipos de humedales artificiales los cuales se utilizan dependiendo de las condiciones del agua, el espacio disponible, las comunidades cercanas a la zona, el ecosistema, en fin hay varios factores que favorecen el uso de un tipo de humedal a otro, lo interesante es que se pueden crear arreglos con

cada uno de éstos sistemas obteniendo resultados adecuados a las necesidades particulares del lugar. Hay que recordar que para cualquier sistema de tratamiento se requiere pensar en resolver algunas preguntas como las siguientes:

- 1.- ¿Qué características de agua se requieren obtener?
- 2.- ¿Cuales son los principales contaminantes trae el agua que se va a tratar?
- 3.- ¿Qué compuestos contaminantes se requieren eliminar del agua?
- 4.- ¿Cuanta agua se va a tratar?
- 5.- ¿De cuanta agua se dispone?
- 6.- ¿Cuál es el ecosistema que rodearía a la planta de tratamiento?
- 7.- ¿Qué manejo se le dará a los subproductos no deseados generados por el tratamiento del agua?
- 8.- ¿Cómo y con qué frecuencia debe dársele mantenimiento al sistema?

2.4.2.- CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Los sistemas de humedales se describen típicamente por la posición de la superficie del agua y/o el tipo de vegetación presente (EPA, 2000).

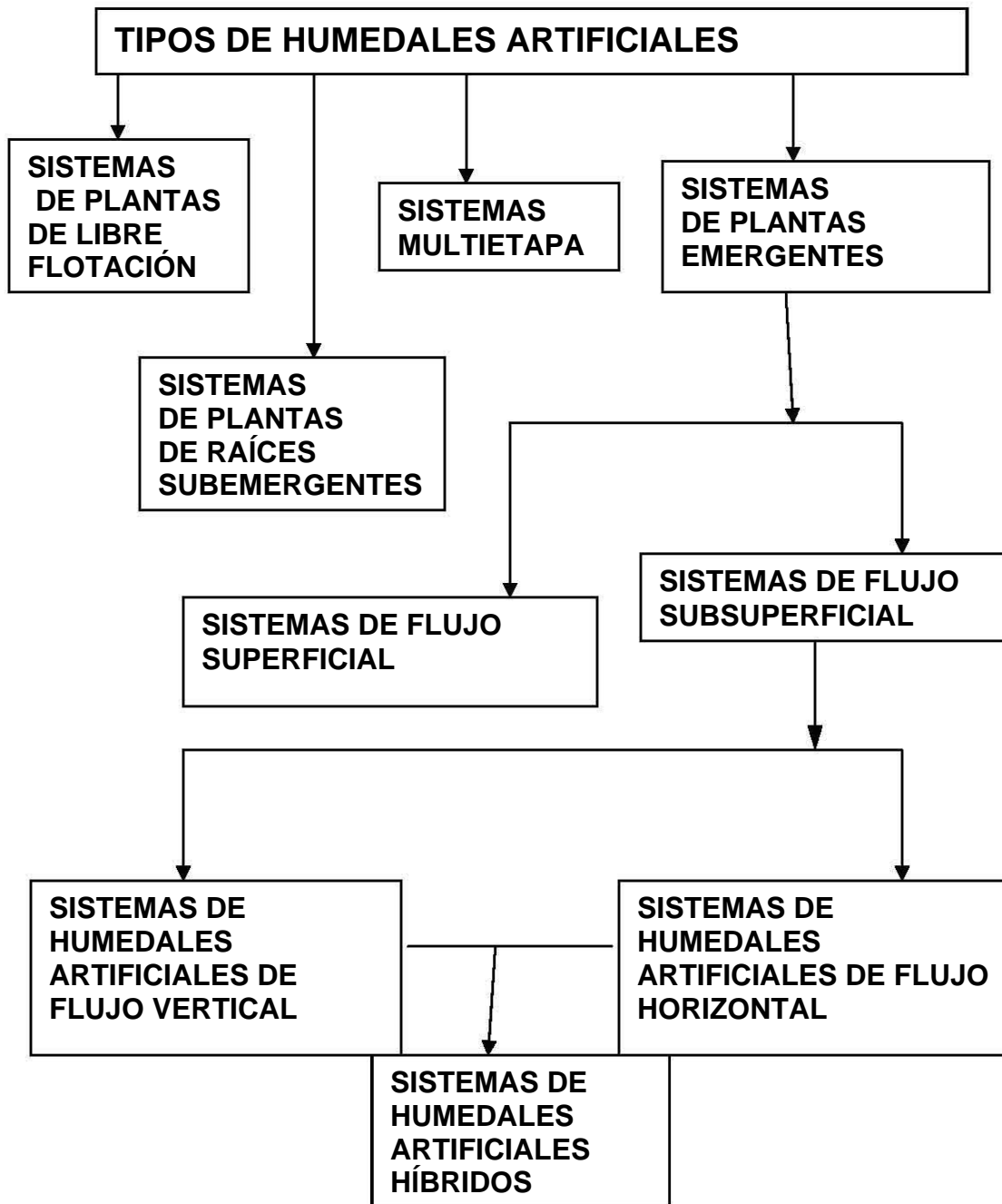


Fig 2. Clasificación de los Humedales Artificiales (Luna Pabello y Miranda, 2001).

2.4.3.- HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL.

Un humedal artificial de flujo subsuperficial HAFS está diseñado para el tratamiento de agua residual, está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado.

Las principales **ventajas** de mantener un nivel subsuperficial del agua son la prevención de mosquitos y olores, por tanto disminuye el riesgo de que el público entre en contacto con el agua residual parcialmente tratada.

En los HAFS el sustrato que utilizan los microorganismos para adherirse y realizar reacciones metabólicas, incluye el sustrato sumergido, las raíces de las plantas que crecen en el medio, y la superficie misma del medio (EPA, 2000).

A continuación se enlistan otras de las ventajas y desventajas de los HAFS.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los humedales artificiales de flujo subsuperficial.

Ventajas	Desventajas
Comparando otros sistemas de tratamiento biológico en los que se requiere energía mecánica o eléctrica, estos sistemas son menos costosos para construir y operar.	La remoción de DBO, DQO y nitrógeno en los HAFS es un proceso continuo, Pero el fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos del agua, permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulan con el tiempo.
No se requiere de equipos complicados, por lo tanto se facilita la operación y mantenimiento del sistema,	Al término de la vida útil del humedal artificial, 20 años aproximadamente, se va a requerir hacer un análisis químico sobre las concentraciones de contaminantes y darle un tratamiento adecuado, según la norma oficial vigente.
El conocimiento requerido para operar el HAFS es muy parecido al conocimiento que han desarrollado los agricultores en su actividad cotidiana.	En climas fríos las bajas temperaturas durante el invierno, reducen la tasa de remoción de DBO, NH ₃ , y NO ₃ . Un aumento en el tiempo de retención puede ayudar a compensar la disminución de las tasas.
El humedal HAFS resiste cambios drásticos de temperatura, logrando mayores eficiencias en climas más cálidos.	Los sistemas de HAFS, típicamente reducen un orden de magnitud el contenido de coliformes fecales, si llegara a no ser suficiente para las normas ambientales, colocar sistema de desinfección subsiguiente disminuirá este problema.
Las plantas que utiliza el sistema pueden ser obtenidas de los alrededores, la adaptación de éstas será más rápida.	Si disminuye la humedad en el sistema se corre el riesgo de provocarse incendios
El diseño de los HAFS favorece a la protección de las plantas por el clima,	Si no se vigila el sistema éstos pueden ser habitados por especies peligrosas.
Los sistemas de HAFS no producen biosólidos ni lodos residuales inmediatos que requieran tratamiento subsiguiente y disposición.	Deben sembrarse diferentes tipos de plantas que conformen el sistema ya que pueden crecer plagas debido al monocultivo.
Los HAFS son efectivos en la remoción de la DBO, DQO, SST, metales y algunos compuestos metálicos refractarios de las aguas residuales domésticas. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles es posible a tiempos de retención mayores.	Malos olores si no se operan correctamente.
Los mosquitos y otros insectos vectores no son problema debido a que el agua se debe mantener en nivel subsuperficial, de ésta forma se elimina el riesgo de contacto por las personas expuestas al agua residual.	Al término de la vida útil del sistema se le debe dar un tratamiento al lecho, que puede ser insitu o exsitu, y así, regenerar el sistema.
Cuando se pide el HAFS, se pueden utilizar las plantas para hacer artesanías o piezas ornamentales de características artesanales.	Se requiere asignar un espacio considerablemente grande para la instalación del sistema.
Se pueden utilizar plantas que no sean para uso alimenticio como el Girasol el cual favorece la remoción de metales pesados, además que es una especie bien aceptada como ornamento.	Aunque el mantenimiento del HAFS es muy fácil ya que es muy similar a las actividades de agricultura, No se deberá descuidar el mantenimiento y monitoreo del sistema.

Por todo lo anterior citado sobre las características de la zona chinampera de San Gregorio, Xochimilco, los HAFS son adecuados para las necesidades del productor sobre todo en cuestión de costos de construcción, mantenimiento y operación.

3. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

3.1.- ZONA DE CHINAMPA PARA IMPLEMENTAR EL HUMEDAL ARTIFICIAL

3.1.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE XOCHIMILCO

Las coordenadas geográficas de la delegación son al norte 19° 19', al sur 19° 09' de latitud norte; al este 99° 00' y al oeste 99° 10' de longitud oeste. La altitud de ésta demarcación es de 2,240 msnm en las localidades principales como Tepepan, Xochimilco, Santa María Nativitas, Santa Cruz Acalpixca y Santiago Tulyehualco. Su elevación más importante son los volcanes: Teuhtli y Tzompole y los cerros: Xochitepec y Tlacualleli de 2710 a 2420m. La Delegación Xochimilco colinda al norte con las delegaciones Tlalpan; Coyoacán, Iztapalapa y Tláhuac al este con las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta; al sur con las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan; al oeste con la delegación Tlalpan (INEGI, 2004).

El sistema agrícola de chinampas de San Gregorio Atlapulco, se localiza al sur de la Cuenca del valle de México, en la parte meridional del lago de Xochimilco en la delegación Xochimilco a 19° 15'37" de latitud norte y a 99° 02' 15" de longitud oeste de Greenwich, a una altitud de 2246 msnm.

El clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1998) corresponde a C (W2) (w) b (i) templado con lluvias en verano.

La temperatura media anual es de 12.7 a 13.6°C, con mínimas de 8° y máximas de 31°C. La precipitación media anual es de 891mm, los vientos dominantes son del SE y alcanzan su mayor intensidad en los meses de

Febrero, Marzo, y Abril, el periodo de lluvias comprende los meses de Mayo a Octubre; las heladas principian en Noviembre y se hacen continuas en Enero y Febrero.

San Gregorio Atlapulco recibe el agua subterránea que baja de la sierra del Ajusco y se disemina en una gran extensión del subsuelo que está formada por tobas, arenas y aluviones. Una parte del agua pasa por los estratos acuíferos intercalados en las capas arcillo - margosas del fondo de la cuenca y otra parte brotaba por sus manantiales San Juan, Tlílac, Caltongo, El Acuario, Tlapechicali-li, Oztotzinco y Acuexcomax, que irrigaban en forma natural al chinamperio de ésta zona, En la actualidad el agua de los manantiales es captada y distribuida a la Ciudad de México.

La Zona chinampera de San Gregorio Atlapulco colinda al norte con el ejido del pueblo, al éste con Tláhuac y la zona de chinampas de San Luis Tlaxialtemalco, al oeste colinda con el ejido de Apatlaco, del Chinamperío de Xochimilco y al sur lo limita la carretera México- Xochimilco-.Tulyehualco. Esta zona abarca una extensión de 400 ha dividida en las siguientes: San Sebastián Tlapechicali, Oztotzinco, Tlaquilpa, Atenco, Cuapantilla- Tlamelactli, Zacapa, La Espejera, Tlílac, Caltongo, El vivero, y El puente (López, 1988).

3.1.2.- GEOLOGÍA

Esta zona se localiza en las porciones sur y oriente del Distrito Federal formando las sierras del Chichinautzin y Santa Catarina. Está constituida por rocas basálticas de alta permeabilidad, mismas que a su vez alojan los acuíferos de mayor rendimiento de la cuenca, así como las zonas de recarga

más importantes, haciendo que la calidad del agua sea excelente en la mayoría de los pozos localizados en la sierra del Chichinautzin, con excepción de algunos ubicados en la porción sureste que se han contaminado por afluentes locales. Por lo anterior, la cuenca hidrológica de Xochimilco es vital para el equilibrio ecológico de la Ciudad de México. En años recientes se emprendieron acciones importantes para preservarla y protegerla debido a que el lago, los canales, las chinampas y la montaña, se encuentran íntimamente relacionados formando un ecosistema.

3.1.3.- HIDROLOGÍA

La hidrología de la cuenca de Xochimilco esta condicionada por una red de arroyos de escurrimiento intermitente, determinada por la permeabilidad de los suelos y el fracturamiento de las rocas (basaltos, andesitas, y otros materiales de origen volcánico). El nivel máximo de escurrimiento se alcanza en el vaso lacustre, lugar en el que las aguas son drenadas artificialmente al lago de Texcoco vía Canal Nacional, para de ahí ser dirigidas al Tajo de Nochistongo y finalmente salir a la cuenca del Pánuco. Las corrientes que configuran la cuenca de Xochimilco son los arroyos San Buenaventura, Santiago, San Lucas y San Gregorio, así como numerosas corrientes que bajan a Nativitas, San Luis Tlaxialtemalco, Tulyehualco, Iztapalapa y Tláhuac, proviniendo en los dos últimos casos del Cerro de la Estrella y de la Sierra de Santa Catarina.

Los escurrimientos provenientes del Teoca y Tzompole que se captan en la presa del Pato, ubicada en San Lucas Xochimanca y otras avenidas del Teoca son desviadas a Santa María Nativitas, San Lorenzo Atemoaya y Santa Cruz

Acalpixca, corrientes que durante su trayecto se infiltran para recargar los mantos acuíferos de Xochimilco. Los arroyos que bajan del Teuhtli se dirigen a los poblados de San Gregorio, San Luis Tlaxialtemalco y Tulyehualco, recargando los acuíferos de ésta zona. En el recorrido de éstos cauces se reciben descargas domiciliarias que contaminan y azolvan éstos cauces.

Las corrientes principales circulan por los canales; Chalco, Nacional, Cuemano, así como los de la Chinampería y Santiago Tepalcatlalpan, Presa San Lucas.

3.1.4.- LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

México D.F en la delegación Xochimilco, Pueblo de San Gregorio Atlapulco.

Avenida Belisario Domínguez Entrada de Acuario, paraje Tlaquilpa, Grupo San Sebastián Tlacoapa.



Fig. 3. México D.F Delegación Xochimilco

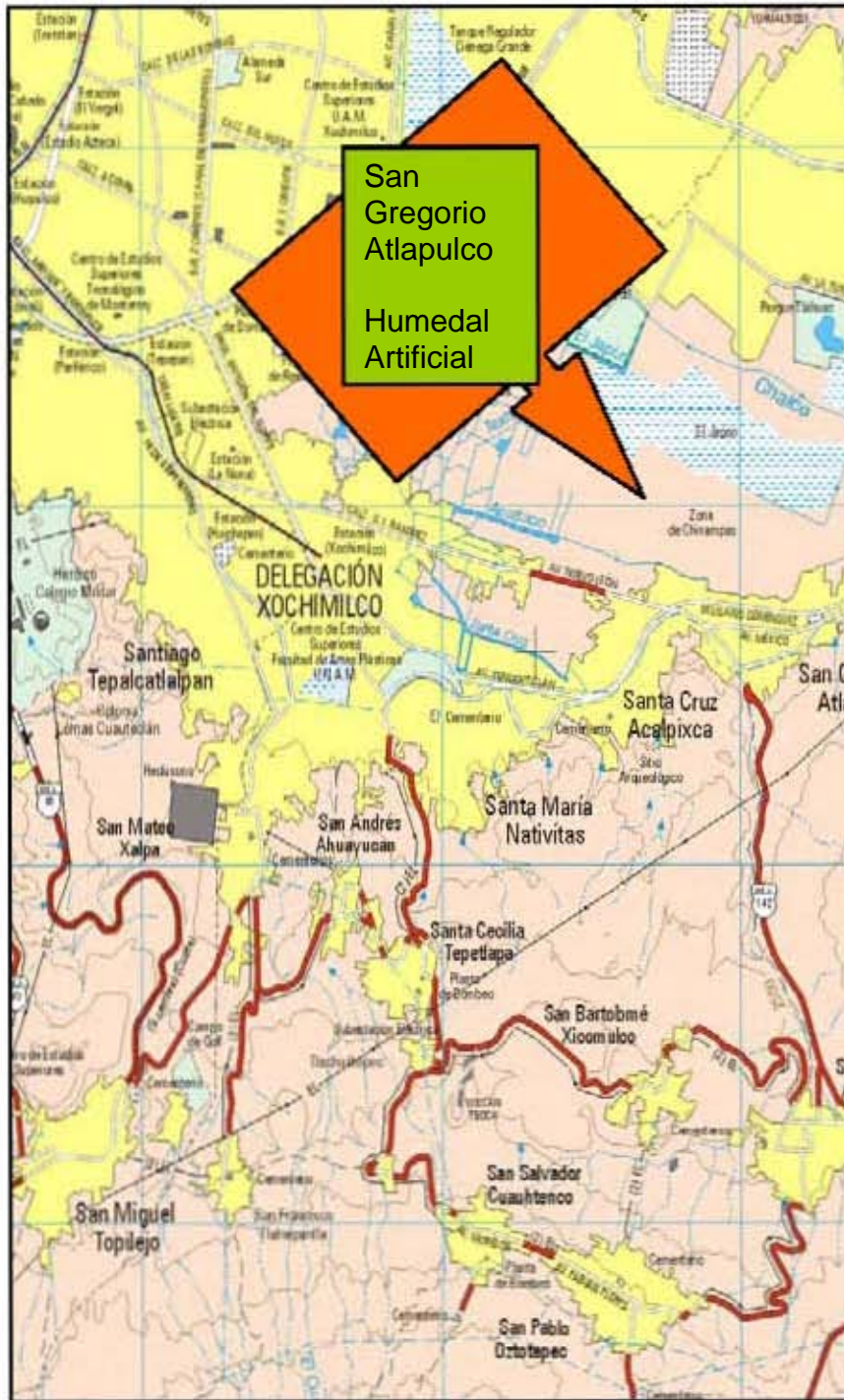


Fig. 4. Localización de la planta, pueblo de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F, México. La zona señalada muestra el lugar donde se ubicará el humedal.



Foto 1. Perspectiva del lugar, donde se instalará el sistema de tratamiento tipo humedal artificial (Bajo la malla)

3.2.- ACTIVIDADES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HUMEDAL ARTIFICIAL PARA CHINAMPA.

La planeación de las actividades a realizar en proyectos de ingeniería es parte fundamental del mismo, tiene como finalidad determinar los recursos tanto económicos como humanos necesarios para cumplir los objetivos planteados en tiempo, además favorece la administración de éstas y ayuda a prever los equipos y materiales que se necesitarán para las actividades correspondientes. La secuencia de actividades requeridas para el diseño e instalación del humedal artificial propuesto, son desglosadas en la Tabla 2. La construcción del humedal, así como el manual de operación del sistema, no fueron parte de los alcances de ésta tesis.

El tiempo estimado se calculó considerando un horario de trabajo de lunes a domingo, no se consideraron días festivos, y las jornadas fueron estimadas de 4 horas al día. Todo proyecto tiene un tiempo específico y un presupuesto máximo.

Tabla 2. Lista de actividades para implementar el humedal artificial, basada en tesis de Ramírez, 1998.

<u>Núm</u>	<u>Actividad</u>	<u>Duración (días)</u>	<u>Inicio</u>	<u>Término</u>
1	Inicio del Proyecto	12	Día 1	Día 12
2	Entrevista con usuarios Obtención de información sobre agua requerida y área disponible para el humedal artificial	8	Día 13	Día 20
3	Revisión bibliográfica de la características de la zona y calidad del agua	30	Día 20	Día 49
4	Análisis de resultados	5	Día 50	Día 54
5	Selección del tren de tratamiento	20	Día 55	Día 74
6	Obtención de información extra sobre las características físicas del lugar	8	Día 75	Día 82
7	Ingeniería conceptual			
8	Bases de diseño	11	Día 83	Día 94
9	Arreglo conceptual del sistema general	15	Día 95	Día 109
10	Descripción del sistema de tratamiento	5 días	Día 110	Día 114
11	Especificación de equipo y materiales	16 días	Día 117	Día 133
12	Elaboración de Esquema de Flujo del Proceso (EFP)	3 días	Día 134	Día 136
13	Diagrama (vista lateral)	3 días	Día 137	Día 139
14	Ingeniería de detalle complementaria			
15	Plano de arreglo de tubería	6 días	Día 140	Día 145
16	Lista de Tuberías y válvulas	2 días	Día 146	Día 147
17	Lista de equipos, accesorios y materiales	2 días	Día 148	Día 150
18	Especificación detallada del HAFS y equipos (Hojas de datos)	20 días	Día 151	Día 170
19	Cotización de equipos y materiales con diferentes proveedores	10 días	Día 171	Día 180
20	Aspectos Técnico-Económicos			
21	Análisis técnico económico	20 días	Día 180	Día 199

...Continuación

Tabla 2. Lista de actividades para implementar el humedal artificial, basada en tesis de Ramírez, 1998.

<u>Núm</u>	<u>Actividad</u>	<u>Duración (días)</u>	<u>Inicio</u>	<u>Término</u>
22	Presupuesto de inversión global	20 días	Día 200	Día 219
23	Costos de operación y mantenimiento	8 días	Día 220	Día 227
24	Evaluación del proyecto	30 días	Día 228	Día 257
25	Aprobación para la etapa de construcción	7 días	Día 258	Día 264
26	Construcción	Tiempos ponderados aproximados		
27	Solicitar la elaboración de estructuras metálicas para tanques y entrega.	25 días	Día 265	Día 289
28	Selección y compra de material y equipo	15 días	Día 290	Día 304
29	Limpieza del terreno	5 días	Día 305	Día 309
30	Realizar acotamiento del terreno, respecto a todos los equipos a utilizar.	5 días	Día 310	Día 314
31	Recibir y revisar materiales y equipos solicitados	20 días	Día 315	Día 334
32	Instalación de soporte metálico para tanque 001	2 días	Día 335	Día 336
33	Realización de desnivel de suelo para el HAFS	2 días	Día 337	Día 338
34	Montaje de tanques y del HAFS	3 días	Día 339	Día 341
35	Montaje de equipos	3 días	Día 342	Día 344
36	Montaje de tuberías e instrumentación	2 días	Día 345	Día 346
37	Pruebas de funcionamiento del sistema	10 días	Día 347	Día 356
38	Arranque y estabilización	8 días	Día 357	Día 364
39	Manuales detallados de mantenimiento y operación	40 días	Día 365	Día 404
40	Fin del Proyecto	4 días	Día 405	Día 408

3.3.- INGENIERÍA CONCEPTUAL

La tecnología que se utilizó fueron humedales artificiales de flujo subsuperficial HAFS.

La ingeniería básica es la información tecnológica en la que se establecen las operaciones físicas y químicas necesarias para la transformación de la materia prima, además establece la secuencia de dichas operaciones físicas y químicas necesarias para la transformación de ésta en producto (Hernández, 1999). En éste capítulo se generaron las bases en las cuales se estableció el diseño del humedal artificial, así como la documentación del mismo.

3.4.- BASES DE DISEÑO

Las bases de diseño deben de contener entre otros, los siguientes datos: función de la planta, tipo de proceso, capacidad, rendimiento, flexibilidad, flujos de alimentación y sus condiciones de operación, como lo son la temperatura, presión, así como los productos y subproductos en límites de batería e información de servicios auxiliares del proceso (Hernández, 1999).

3.4.1.- GENERALIDADES: FUNCIÓN DE LA PLANTA.

Se diseñó una planta de tratamiento de agua para uso en chinampa cuya función principal es obtener agua para riego agrícola restringido, con parámetros que cumplan la NOM-001-SEMARNAT 1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. El sistema de tratamiento biológico, seleccionado se clasifica dentro de los sistemas de plantas emergentes de flujo subsuperficial con flujo horizontal HAFS.

3.4.2.- CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD

El sistema de tratamiento diseñado beneficiará a una chinampa de aproximadamente 400 m² en la cual se siembra lechuga italiana, en ella se utilizan aproximadamente 2400 litros de agua por semana en época de estiaje

La obtención de estos datos fue mediante entrevistas con el productor, considerando que la cantidad de agua empleada para riego, se encuentra en función del clima, la radiación solar y de las lluvias de temporal, por lo tanto los requerimientos de agua son variables durante el año.

3.4.3.- FLUJO REQUERIDO EN EL SISTEMA

Flujo mínimo = 2.0 m³/ día.

Flujo de operación =2.5 m³/ día.

El área superficial disponible para la instalación de la planta de tratamiento de agua en la chinampa es de 21 m² Con estos datos se generó una propuesta de diseño que se explica en la tabla 7 referente a los parámetros de diseño del humedal artificial.

3.4.4.- PORCENTAJES DE REMOCIÓN EN HUMEDALES HORIZONTALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL (Montovi, 2003 y Solano, 2004)

Tabla 3 porcentajes de remoción en humedales horizontales de flujo subsuperficial (Montovi, 2003 y Solano, 2004)

Parámetro	% de Remoción	Parámetro	% de Remoción
Sólidos Suspendidos Totales	90.8	Niquel	58.6
COD	91.9	Plomo	69.6
DBO ₅	97.7	Zinc	85.7
N tot	48.5	Cadmio	23.7
N orgánico	79.1	Cromo	51.6
P tot	60.6	Coliformes Totales	99.6
Sulfatos	51.6	<i>Escheriquia coli</i>	99.7
Cobre	79.4	<i>Fecales streptococci</i>	98.8

3.4.5.- ESPECIFICACIÓN DE LA ALIMENTACION. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE LOS CANALES DE XOCHIMILCO, VALORES PROMEDIO Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN LA NOM 001 SEMARNAT- 1996.

El agua del canal principal, proviene de la planta de tratamiento de agua Cerro de la Estrella, de la planta de San Luis Tlaxiátemalco, mantos freáticos y aguas de drenaje clandestino, pertenecientes a poblaciones aledañas que descargan sus aguas residuales al canal, debido a la falta de drenaje, causa principal de que el agua que llega a la zona agrícola sea de muy mala calidad.



Foto 2. Canal principal, lugar de donde se obtiene el influente

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LOS CANALES DE XOCHIMILCO VALORES PROMEDIO (BOJÓRQUÉZ, 1993) y (SARH, 1986) Y LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES SEGÚN NOM-001 SEMARNAT-1996.

Tabla 4. Caracterización del agua de los canales de Xochimilco contaminantes básicos.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO S.A.R.H 1986	NOM-001-SEMARNAT-1996 Ríos, Uso agrícola Cuerpo receptor tipo A	
pH	Unidades de pH	9.3-9.6 (S.A.R.H, 1986) 8.95 con tendencia a aumentar (Bojórquez, 1991)	5 a 10	
Temperatura	°C	24 (Bojórquez, 1991)	PM N.A	PD N.A
Grasas y Aceites	mg/L	10 – 50 (S.A.R.H, 1986) 484.3 - 152.5 (Bojórquez, 1991)	15	25
Materia Flotante	mg/L		Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	mg/L		1	2

...Continuación

Tabla 4. Caracterización del agua de los canales de Xochimilco contaminantes básicos.

Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	140 – 200 (S.A.R.H, 1986) 812-322.3 con tendencia a disminuir (Bojórquez, 1991)	150	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	159.5-144 con tendencia a aumentar Bojórquez, 1991)	150	200
Nitrógeno total	mg/L	1.3- 5.1(S.A.R.H, 1986) 15 – 0.03 con tendencia a incrementar linealmente 1 (Bojórquez, 1991)	40	60
Fósforo Total	mg/L	1.4-1.5 (S.A.R.H, 1986) 28.25 – 18.2 con tendencia a aumentar linealmente 4.66 (Bojórquez, 1991)	20	30

Tabla 5. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NOM-001-SEMARNAT-1996 RÍOS, Uso agrícola Cuerpo receptor tipo A	
Arsénico	mg/L	10 – 8 con tendencia a disminuir (Bojórquez, 1991)	P.M 0.2	PD 0.4
Cadmio	mg/L	0.240 con tendencia a disminuir y máximos en los años 1986 que rebasan los límites para agricultura. (Bojórquez, 1991)	0.2	0.4
Cianuros	mg/L		1.0	3.0
Cobre	mg/L	26 con tendencia a disminuir (Bojórquez, 1991)	4.0	6.0
Cromo	mg/L	0.108 – 0.1 sin cambio apreciable (Bojórquez, 1991)	1	1.5

...Continuación

Tabla 5. Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros

Mercurio	mg/L	9.9E-4 y 2.7E-04 con tendencia a disminuir muy poco (Bojórquez, 1991)	0.01	0.02
Niquel	mg/L	0.0055 – 0.0029 sin predicciones (Bojórquez, 1991)	2	4
Plomo	mg/L	6.43 – 0.25 con tendencia a disminuir (Bojórquez, 1991)	0.5	1
Zinc	mg/L	0.22 0.002 con predicción a aumentar escasamente (Bojórquez, 1991)	10	20

Tabla 6 Límites máximos permisibles de contaminantes patógenos y parasitarios.

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	NOM-001-SEMARNAT-1996 RÍOS, Uso agrícola Cuerpo receptor tipo A
Coliformes Fecales	NMP/ 100mL	10 ⁵ - 10 ⁸ /100 ml (SARH, 1986) 5.33E8 y 4.1E6 con tendencia a disminuir	100
Huevos de Helminto	Huevo/Litro	No se tiene información	1

Estos datos son el resultado de una recopilación y análisis estadístico que sobre dieciocho factores se incluyen en el índice de Dinius y que se obtuvieron de 35 fuentes. Cubren, en la mayoría de los casos, datos obtenidos durante 10 años y, ocasionalmente, 15 años, concluyendo en 1990. el último año en que las obras de rescate ecológico en Xochimilco no tienen aún efecto (Bojórquez, 1991).

Se reportan los datos promedio máximos, no se reportan los datos promedio medios ni los datos promedio mínimos, debido a que el sistema fue diseñado para resistir los parámetros máximos encontrados.

3.4.6.- CONDICIONES DEL AGUA EN EL EFLUENTE

Las condiciones del agua en el efluente deben estar por debajo de los parámetros que indica la NOM-001-SEMARNAT- 1996, éstos parámetros son registrados en la tabla 7 para comparar las concentraciones iniciales del influente con las concentraciones del efluente esperados según los porcentajes de remoción que ofrece el humedal artificial HAFS.

3.4.7.- COMPARACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL INFLUENTE Y EL EFLUENTE SEGÚN PORCENTAJES DE REMOCIÓN

Tabla 7. Comparación de la concentración de contaminantes en el influente y el efluente según porcentajes de remoción.

Parámetro	Concentración de influente	% de Remoción	Concentración de efluente esperado	NOM-001-SEMARNAT-1996 RÍOS, Uso agrícola Cuerpo receptor tipo A	
				PM	PD
Sólidos Suspendidos Totales	140 – 200 812-322.3	90.8	74.7	150	200
COD		91.9			
DBO ₅	159.5-144	97.7	3.66	150	200
N tot	1.3- 5.1 15 – 0.03	48.5	7.725	40	60
N orgánico	No se tiene información	79.1	--	--	
P tot	1.4-1.5 28.25 – 18.2	60.6	11.13	20	30
Sulfatos	No se tiene información	51.6	--	--	
Cobre	26	79.4	5.36	4.0	6.0
Níquel	0.0055 –0.0029	58.6	0.002277	2	4
Plomo	6.43 – 0.25	69.6	1.954	0.5	1
Zinc	0.22 0.002	85.7	0.3146	10	20
Cadmio	0.240	23.7	0.183	0.2	0.4
Cromo	0.108 – 0.1	51.6	0.0522	1	1.5
Coliformes Totales	10000	99.6	400	100	

3.4.8.- ELIMINACIÓN DE PLANTAS Y LODOS

En el humedal artificial crecen plantas vasculares que no son comestibles, cuando se podan las plantas, pueden utilizarse para la elaboración de artículos ornamentales, como cortinas, tapetes, etc.

Al confinarse en una zona adecuada se puede realiza composta para reintegrarlas al ciclo biológico como materia orgánica.

Al término de vida útil del sistema (20 años aproximadamente), todo el contenido del lecho como gravilla, tezontle, lodos, debe de ser tratado adecuadamente. En primera instancia debe ser analizado, para saber qué contaminantes persisten y qué tipo de tratamiento se le debe de aplicar, ya que puede contener contaminantes que no se hayan reintegrado a su ciclo biológico, como metales pesados, microorganismos como helmintos, etc.

Existen diferentes métodos y técnicas para tratamiento de suelo, puede ser tratado por métodos insitu o ex situ, dependiendo de los contaminantes que se requieren quitar.

Algunos ejemplos de tratamiento son mediante la incorporación de cal para favorecer el aumento de temperatura y eliminar algunos microorganismos que no resisten temperaturas elevadas. También se pueden realizar tratamientos de aireación forzada o realizar fitoremediación para extracción de metales pesados. Una vez tratado, el lodo puede seguir empleándose para sembrar plantas de ornato.

3.4.9.- INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO

El sistema de almacenamiento de agua consta de 2 tanques con capacidad de 2500 litros cada uno. En éstos se colocará el agua para alimentar el sistema y el agua tratada para ser utilizada en el riego.

Se utilizará una base de hierro forjado para sostener el primer taque a una altura aproximada de 3m, así el agua podrá bajar por la influencia de la gravedad, y minimizar costos de operación por bombeo. La base de hierro

forjado tendrá forma piramidal con base superior de 2 m de largo por 2 m de ancho

3.4.10.- SISTEMAS DE SEGURIDAD

POSIBLES DAÑOS AL SISTEMA

- 1) Cavitación de la bomba por entrada de aire.
- 2) Atascamiento de la bomba por exceso de sólidos en el agua
- 3) Derrame del agua colectada del canal en el tanque de alimentación
- 4) Inundación del HAFS

Por principio de seguridad se colocarán válvulas mecánicas para proteger el sistema.

SOLUCIONES

- 1) y 2) La bomba de alimentación debe ser usada según lo indicado en el manual de operación de ésta, se contempló, proporcionar mantenimiento periódico para minimizar fallas, las cuales deberán registrarse en el manual de operación del humedal.
- 3) El tanque de alimentación estará elevado mediante una estructura de hierro forjado, esto dificultará el control del nivel del agua, para esto se previó la instalación de un flotador el cual cerrará el flujo de agua una vez alcanzado el nivel máximo, así mismo, la instalación de un tubo transparente conectado al tanque verticalmente cuya función será, permitir observar el nivel del agua dentro de éste.
- 4) El humedal artificial, está diseñado con materiales y plantas que han resistido fuertes cambios climáticos sin sufrir daño, por lo tanto el HAFS no presentará problemas de operación debido a inundación del mismo.

3.4.11.- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

El clima en la cuenca es predominantemente templado con variaciones en humedad, misma que alcanza sus máximos valores en el área rural. Se distinguen dos estaciones climáticas bien diferenciadas: la seca de noviembre a abril y la húmeda de mayo a octubre (Jáuregui, 1987), con respecto a la clasificación de clima que presenta Xochimilco y Tlalpan, se registra el correspondiente a templado con humedad intermedia entre los sub húmedos Cwiii (García, 1981), aunado a los fenómenos meteorológicos, la precipitación pluvial en la cuenca de Xochimilco fluctúa de los 970 mm anuales que se registran para la zona del vaso lacustre, tomando en cuenta que la concentración de lluvias ocurre de Junio a Octubre. Los valores de temperatura media anual registrados corresponden a 16° con extremos de 33° y 9° grados Celsius.

Tabla 8. Condiciones climatológicas puntuales promedio, estimadas en la zona de Xochimilco. (INEGI, 2004)

Parámetro	Unidades	Valor
Precipitación anual	mm	970
Temperatura	°C	16
Presión atmosférica	mmHg	583
Humedad relativa	%	94

3.5.- ESQUEMA DE FLUJO DEL PROCESO (EFP)

El esquema de flujo del proceso EFP se muestra en el Dibujo 1. Una vez que se han realizado las bases de diseño, se procede con el análisis de alternativas del proceso (Hernández, 1999). Se seleccionó el HAFS, y se realizó el balance de materia que permitió dimensionar los equipos.

Tabla 9. Comparativa de las alternativas de proceso

HUMEDAL ARTIFICIAL	PLANTAS ECOLÓGICAS
Son sistemas de tratamiento biológico que contribuyen a la remoción de contaminantes reintegrándolos al ciclo biogeoquímico	Sistema de tratamiento que realiza la remoción de contaminantes física y químicamente, lo cual prolonga el tiempo para la incorporación de los contaminantes al ciclo biogeoquímico, por lo que aumentan los requerimientos de energía para que se lleve a cabo la remoción.
Para la construcción del sistema se pueden utilizar materiales o equipos que ya se tengan, y que son de bajo costo	Para su instalación se necesita una planta generadora de energía para que la bomba pueda enviar a los filtros el agua con suficiente presión, lo que aumenta los costos de construcción.
En los sistemas de humedales la operación y mantenimiento son muy sencillos y muy semejante a la actividad que acostumbran realizar los chinamperos	Se requiere mayor capacitación para operar el ozonizador, además de un mayor control y seguridad en la operación
El sistema propuesto no afecta las condiciones del medio y puede llegar a servir como lugar de reposo para aves y algunos insectos	No favorecen la conformación de hábitat para especies que contribuyan al entorno ecológico
Los lodos que se generan al finalizar la vida útil de 20 años deben ser analizados y tratados según los contaminantes remanentes que se encuentren.	Se requiere comprar y cambiar los cartuchos de los filtros periódicamente y éstos, ser desechados de forma adecuada para evitar contaminación del suelo y agua.
Se llevan a cabo mecanismos físicos químicos y biológicos de remoción de contaminantes.	Se llevan a cabo únicamente mecanismos físicos y químicos, de remoción de contaminantes.

3.6.- BALANCE GLOBAL DEL AGUA

BALANCE DE MATERIA

El balance global del agua en el HAFS, se efectuó una estimación teórica anual tomando en cuenta los valores de precipitación pluvial anual (García, 1998) y de la Evotranspiración (Tañer y Sukias, 1995; Breen, 1990, Ramírez, 1998) en la parte sur de la Ciudad de México.

La ecuación que define el balance de materia se puede observar con detalle en el anexo.2 El volumen de evotranspiración (ET) depende de diversos factores climáticos, siendo los principales: radiación solar, humedad relativa, temperatura, vientos dominantes, tamaño de plantas y estación del año. La capacidad de ET del sistema aumenta en verano y decrece en invierno (Phillips, 1989). Infiltración, (I) ésta variable se refiere a la transmisión del agua en el lecho hacia los alrededores, la cual debe evitarse por completo o minimizar ésta variable, ya que al aislar el sistema se evita contaminar mantos freáticos cercanos al sistema de tratamiento. En éste caso se logra mediante la utilización de tanques de plástico reforzado, ya que posee mayor resistencia y es inerte a las reacciones que se llevan a cabo en el lecho (Crites, 1994). Al controlar ésta variable se puede determinar mejor el balance de materia. Como no existen variaciones significativas de flujo en los elementos de cribado y en el tratamiento primario, se realiza un balance global de agua. En el anexo B se puede observar los valores y cálculo del balance global de agua.

3.7.-LISTA DE EQUIPO, ACCESORIOS Y MATERIALES

A continuación se desglosa una lista de equipos, accesorios y materiales que se requieren para la construcción del humedal artificial HAFS.

Tabla10. Lista de Equipo, accesorios y materiales.

Artículo	Características
Tubería PVC	Diámetro: 2 in Longitud: 14m
Tubería PVC	Diámetro. 1.5 in Longitud: 3.50m
Tubería PVC	Diámetro: 4in Longitud: 4.80 m
Codos PVC	No piezas:2 Diámetro:2in 90°
Codos PVC	No piezas: 2 Diámetro 1.5 in 90°
Tes	No piezas:2 Diámetro : 2in
Cruces	No de piezas: 1 Diámetro 2 in
Reducción	No piezas: 1 Diámetro: 2in a 1.5in
Válvulas	No piezas:2 Diámetro 2in
Válvulas	No piezas:1 Diámetro: 1.5 in
Estructura metálica base de Tanque de alimentación	No piezas: 1 Forma: Pirámide truncada. Cuatro lados Viga de 3/16 de grueso Altura : 3m Base superior: 4m ² Lados: 2m x 2m
Tanque de alimentación	No piezas :1 Capacidad: 2500 litros Diámetro: 1.55 m Altura:160m
Base del Humedal artificial	No piezas.1 Capacidad:5000 litros Largo:3.60m Ancho:1.39m Altura: 1.40m
Tanque de almacenamiento	No piezas:1 Capacidad:2500litros Diámetro:1.55m Altura:1.60m
Material para el lecho	Tezontle de 2.5cm diámetro prom Dolomita. 0.5 cm diámetro prom. Volumen aproximado 4m ³
Plantas	Tule: 6 plantas Carrizo: 6 plantas
Flotador	Cantidad 1
Rejilla de cribado	Cantidad 1 Material: Hierro forjado o plástico duro
Bomba de alimentación	Marca Kohler Tipo de desplazamiento positivo de 145.2 cc
Dispositivos para observar el nivel de tanques.	2 Tubos transparentes 2cm de diámetro.

3.8.- CRITERIOS DE DISEÑO DE EQUIPOS

3.8.1.- REJILLA DE CRIBADO (RC-01)

La función de la rejilla de cribado es evitar el paso de los sólidos más grandes a la bomba, de ésta forma se protege a la bomba y además evitamos que el sistema sea bloqueado por basura, la rejilla se limpia manualmente y posee un claro de 5mm entre las barras, estas están dispuestas en forma de canasta de protección, en la zona de succión de la tubería. El material de construcción es hierro forjado.

3.8.2.- BOMBA DE ALIMENTACIÓN (GA-01).

Bomba de desplazamiento positivo, capacidad de 1 Hp marca Kohler, la finalidad del equipo es bombear el agua proveniente del canal al tanque de alimentación para vencer 3 metros de altura de la base más 1.5 metros de altura del tanque de alimentación (TA-01).

3.8.3.- TANQUE DE ALIMENTACIÓN (TA-01)

La capacidad del tanque será función de las necesidades del productor, en éste caso es de 2500 L. Se recomienda que sea de plástico reforzado, y de color oscuro, éste se encontrará sobre una estructura que le dará altura mínima de 3m de tal forma que una vez que se llene el tanque, el sistema pueda funcionar por la acción de la gravedad.

3.8.4.- HUMEDAL ARTIFICIAL FLUJO SUBSUPERFICIAL (HA-01).

Debido a las condiciones hidrológicas y de suelo en la chinampa, el HAFS se colocará sobre la superficie del terreno. Se utilizará un tanque de plástico

reforzado horizontal el cual contendrá tezontle de diferentes diámetros acomodados de manera que favorezca la conductividad hidráulica.

El lecho filtrante consistirá en gravilla y tezontle, las fábricas de tanques pueden adaptar éstos a las dimensiones requeridas. La capacidad será de 5,000 litros.(Luna Pabello y Miranda, 2001)

CARACTERÍSTICAS DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

Tabla 11. Parámetros de diseño del humedal artificial HAFS

Parámetro	Características
Humedal artificial	3.68m largo, 1.39m ancho, 1.40m alto
Tipo de sistema	Humedal artificial de Flujo Subsuperficial HAFS
Área	5m ²
Flujo	2.5m ³ de agua tratada por día requerida para la chinampa.
TRH	2.6 días
Volumen	6.5 m ³
Espacio requerido longitudinalmente: Humedal Artificial	Total = 10.23m 3.68 m
Espacio adicional para colocar Tanques de alimentación y almacenamiento	6.55m
Espacio requerido horizontalmente	2m

4.7.5.-TANQUE DE ALMACENAMIENTO (TA-02)

La funcionalidad del tanque (TA-02) es el de coleccionar el agua que ya transitó por el HAFS la cual podrá ser utilizada para el riego del cultivo. El volumen del tanque será de 2500 Litros, se recomienda se utilice el color negro, cuyo material sea plástico reforzado.

3.9.-NORMAS CÓDIGOS Y ESPECIFICACIONES

Los criterios para la calidad del agua tratada por el humedal artificial de flujo horizontal se basan en la NOM-001-SEMARNAT 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de agua residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola restringido, y la Norma Ambiental para el Distrito Federal. NADF-002-RNAT-2002. Que establece las condiciones para la agricultura ecológica en el suelo de conservación del Distrito Federal.

3.10.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.10.1.- TREN DE TRATAMIENTO

El tren de tratamiento fue seleccionado a partir de las características del agua y del tipo de terreno en el que se va a implementar éste, tiene una fuerte relación con el estudio de inversión y la evaluación económica.

Consiste de las siguientes etapas.

Pre tratamiento

Tratamiento biológico

Pre tratamiento : Se trata de una rejilla en forma de caja en la que se coloca la entrada de succión de la bomba, logrando retener los sólidos mas grandes que contenga el agua,

Tratamiento biológico: esta compuesto principalmente por el humedal artificial de flujo horizontal (HAFS).

La planta de tratamiento inicia con la rejilla de cribado (RC-01) la cual retiene los sólidos más grandes que el agua contiene, de ésta forma cuidamos que la

bomba de alimentación (GA-01) no succione sólidos de gran tamaño que pudiesen dañar a la misma. La bomba enviará el flujo a un tanque de alimentación (TA-01) teniendo que vencer 4.5 metros de altura. Una vez que se ha llenado el tanque de alimentación, se aprovechará la fuerza de gravedad para que el sistema funcione, el tanque (TA-01) posee un flotador (F-01) que sirve para detener el flujo de agua una vez que ha llegado al nivel máximo, como siguiente accesorio se tiene una válvula de bola (VB-001) su finalidad es controlar el paso de agua manualmente del tanque al HAFS (HA-01), este es el encargado de remover los contaminantes del agua mediante procesos físicos, químicos y biológicos, a la salida del humedal artificial, en la tubería deberá haber otra válvula de paso (VB-002) que permita regular manualmente la salida del flujo de agua, la cual será conducida a un tanque de almacenamiento para agua tratada, de plástico reforzado (TA-02). El tanque (TA-02) tiene una salida en donde se coloca otra válvula (VC-003) para poder hacer uso del agua mediante una manguera la cual se conectará a una bomba de menor potencia. Con el tren de tratamiento elegido, se obtiene agua tratada que cumple la normatividad mexicana vigente en términos de descarga, inclusive para uso en riego agrícola restringido, lo cual se puede observar en la Tabla 5.

3.11.- CONDICIONES DE OPERACIÓN

El sistema trabaja a presión atmosférica 585mm Hg y temperatura ambiente de 15°C hasta 30°C.

3.12.- DATOS DE EQUIPOS DE PROCESO

3.12.1.- REJILLA DE CRIBADO (RC-01)

El propósito principal de la rejilla, es evitar que la basura de gran tamaño sea succionada por la bomba y ésta sea dañada, la rejilla se limpia manualmente y posee un claro de 5 mm entre las barras. Se colocará en la zona de succión de la tubería de la bomba, se recomienda que la forma sea cúbica. El material de construcción puede ser de hierro fundido, o hasta de plástico, lo importante es que proporcione al sistema mayor eficiencia al evitar que la basura de gran tamaño se introduzca al sistema.

Tabla 12. Hoja de datos para la rejilla de cribado

Servicio:	Cribado de la materia flotante del agua del canal en la bomba de alimentación al sistema.
Forma :	Cúbica
Flujo:	2.5 m ³ /día
Ancho por charola	0.4 m
Número de lados:	6 charolas
Número de barras por charola:	133
Espesor de las barras.	3mm
ángulo de las rejas:	90°
Claro entre barras:	5mm
Material de construcción	Hierro al carbón o plástico duro.

3.12.2.- BOMBA DE ALIMENTACIÓN (GA-01)

Otra ventaja del sistema de HAFS, es que permite al usuario utilizar los recursos que tiene, como la bomba de alimentación, la cual es ocupada actualmente para extraer el agua del canal y regar sus cultivos.

A continuación se proporciona la hoja de datos de la bomba de alimentación, marca Kohler.

Tabla 13. Hoja de datos de la bomba de alimentación

Marca	KOHLER	
Tipo de bomba	Desplazamiento 145.2 cc	
Potencia (Max R.P.M)	4.0	
Cilindro	Diámetro del cilindro	60.33
	Tolerancia axial	.102 / .584
Cigüeñal	Medida del muñon	23.77
Árbol de levas	Tolerancia axial	0.127 / 0.508
	Diámetro del perno del pistón	14.30
Biela		
	tolerancia del muñon del cigüeñal	0.089
	tolerancia del perno del pistón	0.02
Pistón	Tolerancia abertura anillos	0.18 / 0.43
Válvulas		0.127/ 0.229
	Tolerancia alzaválvula de admisión (frío)	
Válvula		0.28 / 0.39
	Tolerancia alzaválvula de escapa (frío)	
Encendido	Abertura de platinos	0.508
	Abertura de Bujía standard	0.63
Valores de Torque (apriete) ph:lb.pie MKG	Bujía	2.76
	Tapa de biela	1.61
	Cabeza	2.415
	Tuerca volante	6.21

El productor también posee otra bomba de marca HONDA la cual, se utiliza con mayor frecuencia debido a que es más ligera en comparación con la Kohler. La potencia es de 1 Hp. Algunas partes están construidas con fibra de vidrio, lo

que favorece su ligereza, al igual que la Kohler, utiliza gasolina para su funcionamiento, el tanque de gasolina tiene una capacidad de 2.5 litros. El costo de la bomba fue de \$6500.00 pesos y tiene un año de garantía.

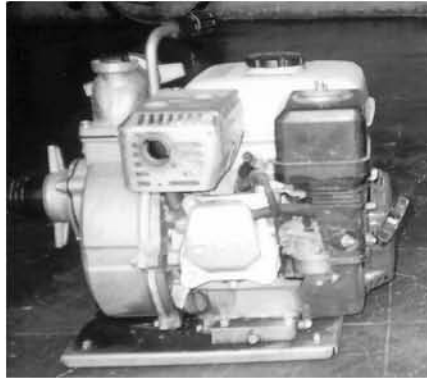


Foto 3. Bomba de alimentación marca Honda

3.12.3.- TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

Aunque en éste caso no se requiere, éste equipo podrá ser instalado en caso de que las condiciones del agua del canal aumenten en el contenido de sólidos sedimentables.

El tanque de sedimentación tiene como objetivo, retener las partículas de materia orgánica de bajo peso específico y transformarlas parcialmente en compuestos más fáciles de remover por el HAFS.

Así se aumenta la eficiencia del proceso y el tiempo de vida útil del HAFS aumenta. La capacidad del tanque de sedimentación deberá ser de 1.8 m^3 , con un tiempo de residencia hidráulico de 3.5 h. El porcentaje de remoción de SST oscila de 40 a 60%. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

3.12.4.- HUMEDAL ARTIFICIAL FLUJO SUBSUPERFICIAL HAFS (HA-01)

Anteriormente se explicó en antecedentes, que los humedales artificiales pueden ser contruidos de muchas formas dependiendo las condiciones que el terreno presente, en el caso de la zona chinampera, debido a que el suelo es poroso, existen infiltraciones de agua a las chinampas, lo que resulta muy favorable para la tecnología chinampera, sin embargo la construcción de un humedal artificial en el que se cave y se coloque una geomembrana para el aislamiento del sistema, sería un proceso complicado de instalar, por lo tanto el HAFS que se diseñó tiene las siguientes características:

El lecho filtrante del HAFS estará sostenido por una estructura de tanque horizontal de plástico reforzado, el cual funcionará también como aislante, Previamente a la instalación del tanque, se deberá agregar un poco de tierra a la zona destinada para el humedal, esta tierra debe proporcionar inclinación al HAFS una vez instalado, lo que favorecerá la conducción hidráulica del sistema.

En la fábrica de tanques, que se compre éste, se deberá solicitar que realicen los cortes necesarios para adaptar el mismo al diseño del HAFS.

El tanque puede encontrarse en la fábrica ROTOPLAS, de capacidad de 5000 Litros, este es llamado Tanque Nodrizza Horizontal cuya clasificación es (TNH-5000 LT).

Tabla 14. Hoja de datos del humedal artificial. Parámetros de diseño:

Área	5m ²
Relación largo ancho	3:1
Volumen	21 m ³
Largo	3.68m
Ancho	1.39m
Profundidad del lecho	1.30m
Flujo	2.5 m ³ /día
Substrato	Escoria volcánica, tezontle
Tipo de planta	Carrizo y Tule
Densidad de plantas	2 por m ²
Tipo de sistema	Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial
Flujo mínimo	2.0 m ³ al día
Flujo máximo	2.5 m ³ al día
TRH	2.6 días

HUMEDAL ARTIFICIAL VISTA LATERAL

Para una mayor comprensión de las dimensiones del sistema se elaboró el esquema correspondiente, llamado humedal artificial vista lateral, se encuentra en la siguiente página en el Dibujo 2.

3.12.5.- TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA (TA-02)

El tanque de almacenamiento (TA-02) tiene la función de almacenar el agua tratada que el HAFS proporciona, Consiste en un tanque de plástico reforzado color negro cuya capacidad es de 2500 litros. El agua almacenada ya puede utilizarse para el riego de la chinampa. Se sugiere la instalación de sistemas de riego por goteo lo cual favorecerá el ahorro de agua.

3.13.- PLANO DE GENERAL DEL SISTEMA

El plano de localización general del sistema se generó con la información obtenida al dimensionar el equipo, en forma paralela, se elaboraron los diagramas de tubería e instrumentación (Hernández, 1999). Estos se encuentran en el Dibujo 3.

3.14.- DIAGRAMA DE TUBERÍA

Tanto el plano general del sistema, como el diagrama de tubería forman parte de lo que se llama diseño de sistemas e instrumentación, que se incluye en la ingeniería básica conceptual, el diagrama correspondiente se muestra en el Dibujo 4.

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En éste capítulo se realiza la evaluación económica, en dónde se determina el monto de la inversión inicial fija y diferida, la inversión fija corresponde a los costos por obra civil, equipo, accesorios e imprevistos, y la inversión diferida, son los gastos que se caracterizan por que no se adquiere algo físico o material sin embargo se tienen que pagar, éstos corresponden a los costos por Ingeniería y asesoría, los gastos que se generan al poner en marcha el sistema, fletes de equipo, y algunas contingencias que pueden presentarse. También se calculan los costos de operación y mantenimiento del HAFS los cuales corresponden a gastos por combustible, mano de obra por supervisión y operación, limpieza, reparaciones y en su caso, reemplazo de motores. Se considera la valuación del HAFS a partir de los porcentajes especificados en la Ley del impuesto sobre la renta correspondiente a las depreciaciones y amortizaciones que el sistema presenta, éstos datos son muy importantes ya que, al considerarlos dentro de los gastos anuales, permite ir creando un fondo que será destinado a reemplazar el HAFS una vez terminado el tiempo de vida útil.

Todos éstos datos serán estudiados en estados de resultados pro forma que, mediante índices de inflación extrapolados, permite calcular las posibles ganancias netas anuales y, con estos datos, se obtienen parámetros de evaluación económica como el valor presente neto (VPN), la razón beneficio costo (B/C), así como el periodo de recuperación de la inversión (PRI), el cual se muestra en la tabla referente a los porcentajes sobre el flujo neto de efectivo destinado para recuperar la inversión.

Uno de los indicadores principales para aceptar el proyecto es la obtención de utilidades satisfactorias durante un periodo prolongado. Para ello, se deben realizar una serie de análisis mediante estudios como el de mercado, estimación de costos y de factibilidad económica (Hernández, 1999).

Dentro de los alcances de ésta tesis no se contempló el estudio de mercado. La estimación de costos se logró haciendo cotizaciones con 3 proveedores diferentes, (Ver anexo A), los criterios para elegir al proveedor adecuado fueron con base en los precios más bajos encontrados y facilidades ofrecidas en cuanto a transporte de materiales y equipos al lugar destino. A continuación se plantean tres escenarios en donde se analizan los diferentes indicadores económicos los cuales permitirán decidir si conviene o no al productor invertir en el HAFS.

Escenario 1. Datos generales. En este escenario se conoce información necesaria sobre el lugar en el que se lleva a cabo la siembra de lechuga, como el tiempo que lleva cultivándose en ése lugar, las dimensiones de la chinampa, la forma de riego, los accesos a la zona chinampera, la tecnología actualmente empleada, en caso de existir, para tratamiento de agua, infraestructura, rendimiento promedio, calidad y aceptación en el mercado, intervalo de precios de venta, sistemas de comercialización, volumen de producción anual, problemas de asesoría técnica y comercial. Se explica de forma concreta la situación en la chinampa, lo que permite contrastarla con dos diferentes alternativas de escenarios que ofrecen respuesta a determinadas necesidades de los productores de San Gregorio.

El escenario 2. Se refiere al panorama debido a la implementación del HAFS lo que genera gastos de operación, mantenimiento, y porcentaje por pago de la inversión, sin dejar a un lado los costos por producción de lechuga. Para este escenario se proponen dos soluciones, para equilibrar la descompensación de utilidades debido al manejo del HAFS, éstas son a) Se aumenta el precio de venta de la lechuga justificando que es de mejor calidad y b) Se aumenta la producción de lechuga, y por tanto, el área de cultivo para obtener las mismas utilidades que si el HAFS no se implementara.

El escenario 3. Reactivación del cultivo en chinampa por mejora significativa de la calidad del agua, a partir del empleo de un humedal artificial. En él se conocen los volúmenes de producción que se obtendrían si se reactiva el cultivo en la chinampa en que se instalará el HAFS. En este escenario, se parte de que la chinampa, en su totalidad, se había dejado de cultivar debido a la muy baja calidad del agua cercana a la misma. Cabe señalar que en esas condiciones no existe ningún ingreso asociado con la producción de vegetales. Al igual que en los escenarios 1 y 2, se llevan a cabo las estimaciones de los gastos de producción de lechuga, los costos de operación y mantenimiento del HAFS, así como las utilidades de producción. Es recomendable la búsqueda y obtención de un financiamiento por parte del gobierno para cubrir el 50% del costo total del HAFS. Cabe señalar que una vez terminado el periodo de recuperación de la inversión el monto de las utilidades podrá considerarse completamente como ingresos.

Finalmente, para los escenarios 2 y 3, se realiza el estudio de factibilidad económica, calculando los parámetros VPN, B/C y PRI, en dónde se comprueba que la implementación del HAFS es una inversión favorable para el productor.

4.1.- ESCENARIO 1. DATOS GENERALES

4.1.1.- PRODUCTO CULTIVADO

En el lugar de estudio la lechuga Italiana es un producto que se siembra desde hace más de 14 años, siendo la acelga el producto cultivado previamente.

4.1.2.- SUPERFICIE

400m² de Chinampa

4.1.3.- RIEGO

Temporal y con motobomba la cual funciona con gasolina.

4.1.4.- VÍA DE ACCESO A LAS CHINAMPAS

Camino de terracería, canales de agua y puentes construidos que conectan las chinampas entre sí.

4.1.5.- TECNOLOGÍA EMPLEADA PARA TRATAMIENTO DE AGUA

No se tiene instalado ningún tipo de tratamiento ya que aún se encuentra detenido el proyecto llamado Planta Ecológica (Ver Capítulo III Antecedentes).

4.1.6.- MAQUINARIA Y EQUIPO DISPONIBLE

Bombas de motor 1 Hp que funciona con gasolina

4.1.7.- INFRAESTRUCTURA

El área de chinampas de San Gregorio está clasificada como suelo de conservación, no está permitido realizar construcciones con tabiques o cualquier

otro material que favorezca la construcción de habitaciones, por lo tanto no se pueden construir bodegas o almacenes.

4.1.8.- INDICADORES PRODUCTIVOS: RENDIMIENTO PROMEDIO DE LECHUGA

16 lechugas por m² (4 cortes al año)

4.1.9.- ÁREA DE CULTIVO EN UNA CHINAMPA

La chinampa seleccionada tiene un área de 400 m²

4.1.10.- CALIDAD Y ACEPTACIÓN EN EL MERCADO

Los productos presentan mala calidad a causa del uso de agua proveniente del canal en el cual se vierten aguas de drenaje clandestino (Llanos, 2005).

4.1.11.- PRECIOS DE VENTA:

La venta se realiza directamente en la parcela, en cajas que contienen dos docenas. La caja se vende entre \$120.00 y \$170.00

4.1.12.- SISTEMAS DE COMERCIALIZACIÓN

Intermediarios que se les vende directamente en la parcela, aunque la mayor parte del producto es distribuido en la central de abastos y en el mercado de Xochimilco.

4.1.13.- VOLUMEN DE PRODUCCIÓN ANUAL

(16 lechugas/m²) por 400m² = 6400 lechugas por cosecha, se llevan a cabo cuatro cosechas al año = 25,600 lechugas al año, considerando 25 % en pérdidas, se tienen 19200 piezas de lechuga al año por chinampa de 400 m².

4.1.14.- PROBLEMAS DE ASESORÍA TÉCNICA

Se requiere asesoría técnica para cambiar el tipo de cultivo, que reúna las características siguientes:

Facilidad de adaptación a las características climáticas de la zona como humedad, precipitación pluvial, temperatura, vientos dominantes, alta demanda en el mercado, con rendimientos similares o mejores a los que se obtienen con la lechuga italiana, que pueda obtenerse cosecha durante todo el año.

4.1.15.- PROBLEMAS DE COMERCIALIZACIÓN

No es difícil la comercialización por parte de los agricultores ya que existen distribuidores que llevan el producto a mercados como el de Xochimilco y la central de abastos, de ésta forma, los agricultores sólo se preocupan por sembrar y los distribuidores venden la cosecha. Por otra parte, se recomienda realizar estudios de mercado para encontrar nichos diferentes que permitan incrementar las ventas y por tanto las ganancias del productor. Aún falta asesoría para promover y distribuir el producto, directamente por los productores, logrando así, mayores utilidades.

4.1.16.- GANANCIAS POR LA VENTA DE LECHUGA ITALIANA

19200 pzas-año/ 24 pzas = 800 cajas

Precio de venta promedio por caja \$120.00

Ganancia = \$96,000.00

4.1.17.- COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RIEGO DE LECHUGA ITALIANA.

Tabla 15. Costos de producción y riego de lechuga Italiana

Actividad	Observaciones	Costo de producción De una chinampa \$
1.- Preparación del terreno <ul style="list-style-type: none"> • Barbecho • Rastra • Cruza • Tapado 	Jornada Chinampa de 400m ²	\$1,700.00 año
2.- Siembra <ul style="list-style-type: none"> • Semilla • Siembra 	Lata de 450g costo por lata \$7000.00 (una lata es suficiente para seis chinampas en todo un año)	<ul style="list-style-type: none"> • \$1,166.00 por chinampa • La familia se encarga de realizar la siembra sin costo
3.-Fertilización <ul style="list-style-type: none"> • Química Nitrofosca • Aplicación 	1 bulto de \$350.00 (alcanza para una hectárea) se utiliza 25% del bulto cada temporada, aplicación por jornal	<ul style="list-style-type: none"> • \$350.00 • El dueño es el que realiza la aplicación
4.-Control de plagas y enfermedades <ul style="list-style-type: none"> • plaguicidas (Folei) • aplicación 	1/4 Kg cuesta \$150.00 aplicación por jornada	<ul style="list-style-type: none"> • \$600.00 • El dueño realiza la aplicación
5.-Labor cotidiana <ul style="list-style-type: none"> • Riego 	Uso de gasolina para la motobomba 6 litros por mes.	<ul style="list-style-type: none"> • \$50.00 • Sin contabilizar, el dueño realiza el riego según el clima y periodo de siembra.
6.-Cosecha <ul style="list-style-type: none"> • Cosecha • Colocación en cajas 	Cada caja contiene 24 piezas	<ul style="list-style-type: none"> • Sin contabilizar • La familia participa en la cosecha y colocación de las piezas de lechuga en huacales.
Costos de producción de lechuga italiana anuales		\$3,866.00

4.1.18.- UTILIDADES DE PRODUCCIÓN ANUALES

Tabla 16. Utilidades de producción anuales

Cantidad de lechugas cosechadas por chinampa de 400m ²	19200 piezas = 800 cajas al año	
Precio de venta	De \$100.00 a \$140.00 la caja 1 caja tiene 24 piezas valor promedio anual \$120.00 la caja	
Ganancia Total (\$)	7992.00 mensuales	96,000.00 anuales
Gastos de Producción (\$)		3,866.00
Utilidades anuales (\$)		92,134.00

4.2.- ESCENARIO 2 CON HAFS

El uso de agua tratada con calidad para el riego agrícola permitirá acercar a los productores a las prácticas de agricultura ecológica, especificadas en la norma ambiental NADF-002-RNAT-2002 (ver antecedentes de ésta tesis) además, se prevén beneficios a la salud, al ambiente y económicos para los productores.

4.2.1.- VOLUMEN DE PRDUCCIÓN ANUAL DEBIDO A LA REDUCCIÓN DE AREA CULTIVABLE POR LA INSTALACIÓN DEL HAFS.

Las dimensiones ocupadas por el humedal artificial son 12 m de longitud y 4 m de ancho que da un área de 48 m². Si el área total de la chinampa es de 400m² entonces se utilizan 352m² de terreno cultivable. La producción es de 16 lechugas por m² que al multiplicar por 352 m² = 5632 lechugas por cosecha, si se considera que se obtienen cuatro cosechas al año entonces se tendrían 22528 lechugas al año, pero si consideramos 25 % (5632 piezas) de pérdidas, por lo tanto se tienen **16,896 piezas de lechuga** al año por chinampa de 352 m² en éste caso. Si a cada

caja le caben 24 piezas de lechuga, se obtienen 704 cajas al año y si el precio de venta promedio es de \$120.00 entonces se tiene una ganancia de \$84,480.00

4.2.2.- COSTOS ANUALES DE PRODUCCIÓN Y RIEGO DE LECHUGA ITALIANA

Estos costos son los mismos que antes de implementar el humedal artificial \$3866.00 (ver Escenario 1).

4.2.3.- PRESUPUESTO DE INVERSIÓN GLOBAL DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

El presupuesto de inversión global se dividió en costos de inversión total inicial y costos de operación y mantenimiento. Los costos de Inversión inicial se integraron con la inversión inicial fija (tangible) y la inicial diferida (intangible). La estimación se realizó entre los meses de Septiembre y Octubre del año 2005. El terreno en donde se proyectó el humedal artificial es propiedad privada, no fue necesario contemplar en los costos de inversión la compra o renta del lugar pues el propietario estuvo de acuerdo en utilizar la porción de chinampa para instalar el humedal.

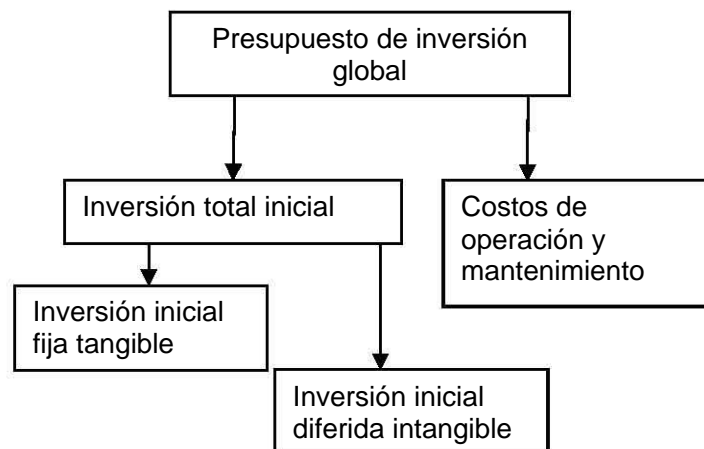


Fig. 5. Presupuesto de inversión global del Humedal artificial.

4.2.3.1.- COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla 17. Costos de operación y mantenimiento para el humedal artificial

Concepto	Observaciones	Monto \$/mes	Monto \$/año
Costos de operación -Combustible para la bomba de alimentación. (6 litros al mes)		\$50.00	600.00
Sub total			600.00
Mano de Obra directa -Supervisión -Operación	Se realizará por el mismo agricultor, como parte de las actividades de agricultura	\$100.00 \$100.00	1,200.00 1,200.00
Sub total			2,400.00
Costos de Mantenimiento -Limpieza -Reparaciones -Reemplazo de motores	Será parte de la operación del sistema ya va incluido en operación Probables taponamientos		0.00
Sub total	Se considera comprar bomba nueva cada 5 años.	\$166.66	700.00 1,250.00 1,950.00
Total			4,950.00

4.2.3.2.- INVERSIÓN INICIAL FIJA (TANGIBLE)

Tabla 18. Inversión inicial fija (tangible)

Concepto	Observaciones	Monto (\$)
Obra civil		
Mano de obra (preparación del terreno instalación)	No es necesario contratar. El productor proporciona la mano de obra junto con familiares voluntarios.	0.00
Herramientas y material de construcción	Se utilizarán las disponibles por el productor	0.00
Subtotal		0.00
Equipo		
*Bomba	Ya se tiene una para el riego cotidiano, ésta puede ser usada para el sistema.	0.00
Tanque alimentación (Eureka) 2500 litros		2,849.00
Humedal		15,550.00
Tanque de almacenamiento		2,849.00
Tubería y accesorios	Debe ser tubería hidráulica la cual es más resistente	2,000.00
Rejilla		500.00
Subtotal		23,748.00
Accesorios principales		
Estructura para elevar los tanques		4,000.00
Dispositivos de muestreo		413.00
Dispositivo de nivel en el tanque 001		200.00
Material para el lecho <small>incluye costos por trituración y envío</small>		2,500.00
Plantas	Serán obtenidas de los alrededores	0.00
Subtotal		7,113.00
Imprevistos		3,000.00
Total		33,861.00

4.2.3.3.- INVERSIÓN INICIAL DIFERIDA (INTANGIBLE)

Tabla 19. Inversión inicial diferida (intangibile)

Concepto	Monto \$
Ing y Asesoría	3,000.00
Puesta en marcha	1,000.00
Fletes	2,000.00
Contingencias	2,000.00
Total	8,000.00

4.2.3.4.- DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES

Tabla 20. Depreciaciones y amortizaciones

Concepto	Valor Original (\$)	Tasa (%)	Cargo Anual (\$)	Valor de rescate (\$) <small>(valor del humedal al término de vida útil a 20 años).</small>
Depreciaciones (Tangibles)				
Obra Civil	0.00			
Equipo	23,748.00	10	2,374.00	12,000.00
Accesorios Principales	7,113.00	10	711.00	
Amortizaciones (Intangibles)	21,000.00	10	2,100.00	
Cargo total anual (tangibles + intangibles)			5,185.00	12,000.00

4.2.4.- GANANCIAS POR LA VENTA DE COSECHA AL REDUCIR EL AREA DE CULTIVO

Tabla 21. Ganancias de cosecha, reducción de área y volumen de producción

Cantidad de lechugas cosechadas por chinampa de 352m ²	16896 piezas = 704 cajas al año 58 cajas al mes	
Precio de venta	De \$100.00 a \$140.00 la caja 1 caja tiene 24 piezas valor promedio anual \$120.00	
Ganancia Total	\$7040.00 mensuales	\$84,480.00 anuales
Gastos de Producción	\$322.16 mensuales	\$3,866.00 anuales
Gastos de operación y mantenimiento del humedal		\$4950.00
Utilidades anuales (Gan Total – Gastos de Producción)		\$75,664.00

4.2.5.- PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES A) Y B)

Para compensar ésta pérdida habrá que tomar decisiones sobre la estrategia para obtener los mismos ingresos \$92,134.00 a pesar de implementar el HAFS ya que éste provoca un aumento en los costos debido a su operación y mantenimiento.

Se proponen dos soluciones: La **solución A)** consistirá en aumentar el precio de venta de la lechuga, se toma en cuenta que disminuyó el área de cultivo debido al espacio utilizado por el HAFS, se considera que al aumentar la calidad del producto es justificable el aumento de precio, sin embargo existe la posibilidad de que sea difícil colocar el producto en el mercado.

El precio de venta, debe ser calculado para evitar que la ganancia neta sea menor a la que originalmente se obtenía al no haber HAFS, no debe ser muy alto pero debe cubrir los costos de producción de lechuga, los costos de operación y mantenimiento del HAFS, los pagos por impuestos y la participación de los trabajadores sobre utilidades, además en los primeros años se debe contemplar un porcentaje para pagar la inversión del humedal artificial.

A ésta dificultad se propone otra **solución B)** en la que se mantiene el precio actual de venta, pero se incrementa el área de cultivo, por lo tanto aumenta la producción y si existen ventas, las ganancias también aumentan. Aunado a esto también hay incremento en los costos de producción de la lechuga y los costos de operación y mantenimiento del HAFS, los cuales se deben considerar. También debe calcularse el área mínima requerida tal que se puedan mantener las mismas utilidades que si no se implementara el HAFS.

4.2.6.- SOLUCIÓN A) SE AUMENTA PRECIO DE VENTA POR CAJA DE LECHUGA ITALIANA

A continuación se calcula la ganancia por la venta de cosecha, con un volumen reducido a 704 cajas, se aumenta el precio de venta para obtener la misma ganancia que si el HAFS no fuera implementado, el precio calculado es de \$205.00 por caja y es el resultado de varias iteraciones en el estado de resultados pro forma para obtener el precio óptimo.

Tabla 22. Ganancias por venta de cosecha volumen reducido a 704 cajas, pero aumentando el precio de venta por caja a \$205.00

Cantidad de lechugas cosechadas por chinampa de 352m ²	16896 piezas = 704 cajas al año 58 cajas al mes	
Precio de venta	De \$195.00 a \$215.00 la caja 1 caja tiene 24 piezas valor promedio anual \$205.00	
Ganancia Total	\$13,493.00 mensuales	\$144,320.00 anuales
Gastos de Producción	\$322.16 mensuales	\$3,866.00 anuales
Gastos de operación y mantenimiento del humedal		\$4,950.00
Utilidades anuales		\$135,504.00 anuales

4.2.7.- ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA SOLUCIÓN A)

En el estado de resultados pro forma se realiza una extrapolación sobre las ganancias o flujos de dinero a través del tiempo, conforme a índices de inflación históricos que describen una tendencia. Se considera el porcentaje destinado al pago por impuestos del 15% estipulado en la Ley Federal del Impuesto Sobre la Renta, cabe mencionar que en el D. F. existen subsidios para la actividad agrícola, en éste caso no se toman en cuenta. También se considera el porcentaje de la Participación de los Trabajadores sobre Utilidades correspondiente al 10% según lo establecido en la Ley Federal del Trabajo.

Tabla 23. Resultados pro forma, considerando 352m², producción de 704 cajas precio de lechuga \$205.00 por caja.

Concepto	año1	2	3	4	5
F. inflación	1	1.12	1.25	1.35	1.47
Ganancia	\$ 144,320	\$ 161,638	\$ 180,400	\$ 194,832	\$ 212,150
C. producc lech	\$ 3,866	\$ 4,330	\$ 4,833	\$ 5,219	\$ 5,683
C.Op y Mant H.A.	\$ 4,950	\$ 5,544	\$ 6,188	\$ 6,683	\$ 7,277
Gan en bruto	\$ 135,504	\$ 151,764	\$ 169,380	\$ 182,930	\$ 199,191
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 130,319	\$ 146,579	\$ 164,195	\$ 177,745	\$ 194,006
ISR (15%)	\$ 19,548	\$ 21,987	\$ 24,629	\$ 26,662	\$ 29,101
PTU (10%)	\$ 13,032	\$ 14,658	\$ 16,420	\$ 17,775	\$ 19,401
Gan. Neta	\$ 97,739	\$ 109,935	\$ 123,146	\$ 133,309	\$ 145,504

... Continuación

Tabla 23. Resultados pro forma, considerando 352m², producción de 704 cajas precio de lechuga \$205.00 por caja

Concepto	6	7	8	9	10
F. inflación	1.58	1.69	1.82	1.95	2.07
Ganancia	\$ 228,026	\$ 243,901	\$ 262,662	\$ 281,424	\$ 298,742
C. producc lech	\$ 6,108	\$ 7,318	\$ 7,036	\$ 7,539	\$ 8,003
C.Op y Mant H.A.	\$ 7,821	\$ 8,366	\$ 9,009	\$ 9,653	\$ 10,247
Gan en bruto	\$ 214,096	\$ 228,218	\$ 246,617	\$ 264,233	\$ 280,493
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 208,911	\$ 223,033	\$ 241,432	\$ 259,048	\$ 275,308
ISR (15%)	\$ 31,337	\$ 33,455	\$ 36,215	\$ 38,857	\$ 41,296
PTU (10%)	\$ 20,891	\$ 22,303	\$ 24,143	\$ 25,905	\$ 27,531
Gan. Neta	\$ 156,683	\$ 167,275	\$ 181,074	\$ 194,286	\$ 206,481

...Continuación

Tabla 23. Resultados pro forma 352m², producción de 704 cajas, con precio de lechuga de \$205.00 por caja

Concepto	11	12	13	14	15
F. inflación	2.19	2.3	2.4	2.51	2.61
Ganancia	\$ 316,061	\$ 331,936	\$ 347,811	\$ 362,243	\$ 376,675
C. producc lech	\$ 8,467	\$ 8,892	\$ 9,317	\$ 9,704	\$ 10,090
C.Op y Mant H.A.	\$ 10,841	\$ 11,385	\$ 11,930	\$ 12,425	\$ 12,920
Gan en bruto	\$ 296,754	\$ 311,659	\$ 326,565	\$ 340,115	\$ 353,665
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 291,569	\$ 306,474	\$ 321,380	\$ 334,930	\$ 348,480
ISR (15%)	\$ 43,735	\$ 45,971	\$ 48,207	\$ 50,240	\$ 52,272
PTU (10%)	\$ 29,157	\$ 30,647	\$ 32,138	\$ 33,493	\$ 34,848
Gan. Neta	\$ 218,677	\$ 229,856	\$ 241,035	\$ 251,198	\$ 261,360

...Continuación

Tabla 23. Resultados pro forma, se están considerando 352m², producción de 704 cajas, con precio de lechuga de \$205.00 por caja

Concepto	16	17	18	19	20
F. inflación	2.73	2.84	2.94	3.06	3.17
Ganancia	\$ 393,994	\$ 409,869	\$ 424,301	\$ 441,619	\$ 457,494
C. producc lech	\$ 10,554	\$ 10,979	\$ 11,366	\$ 11,830	\$ 12,255
C.Op y Mant H.A.	\$ 13,514	\$ 14,058	\$ 14,553	\$ 15,147	\$ 15,692
Gan en bruto	\$ 369,926	\$ 384,831	\$ 398,382	\$ 414,642	\$ 429,548
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 364,741	\$ 379,646	\$ 393,197	\$ 409,457	\$ 424,363
ISR (15%)	\$ 54,711	\$ 56,947	\$ 58,980	\$ 61,419	\$ 63,654
PTU (10%)	\$ 36,474	\$ 37,965	\$ 39,320	\$ 40,946	\$ 42,436
Gan. Neta	\$ 273,556	\$ 284,735	\$ 294,898	\$ 307,093	\$ 318,272

La solución B) es una alternativa para mantener las ganancias mediante la utilización de un área de chinampa cercana para sembrar mayor cantidad de lechugas.

4.2.8.-SOLUCIÓN B) SE AUMENTA ÁREA DE CULTIVO Y SE MANTIENE EL MISMO PRECIO DE VENTA

Si se toma como parámetro las utilidades obtenidas antes de ser instalado el HAFS (\$92,000.00) y se considera que hay una reducción de área cultivable debido a la implementación del HAFS y que además éste requiere gastos mínimos por operación y mantenimiento, aunado a que se mantenga el precio de venta, entonces como alternativa se puede ocupar un área extra de cultivo aledaña a la chinampa en la que se instala el HAFS para aumentar la producción e incrementar las utilidades. El área mínima requerida es de 502m² para obtener 1339 cajas de lechuga italiana y mantener el mismo precio de venta de \$120.00. Los costos de producción de lechuga, así como los costos de operación y mantenimiento del HAFS fueron incrementados en un 38% debido al aumento de área de cultivo.

4.2.9.- ESTADO DE RESULTADOS PRO FORMA SOLUCIÓN B)

Tabla 24. Resultados pro forma, se están considerando 502m², producción de 1,339 cajas, precio de lechuga a \$120.00 por caja.

Concepto	año1	2	3	4	5
F. inflación	1	1.12	1.25	1.35	1.47
Ganancia	\$ 160,680	\$ 179,962	\$ 200,850	\$ 216,918	\$ 236,200
C. producc lech	\$ 5,335	\$ 5,975	\$ 6,669	\$ 7,202	\$ 7,842
C.Op y Mant H.A.	\$ 6,831	\$ 7,651	\$ 8,539	\$ 9,222	\$ 10,042
Gan en bruto	\$ 148,514	\$ 166,336	\$ 185,643	\$ 200,494	\$ 218,316
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 143,329	\$ 161,151	\$ 180,458	\$ 195,309	\$ 213,131
ISR (15%)	\$ 21,499	\$ 24,173	\$ 27,069	\$ 29,296	\$ 31,970
PTU (10%)	\$ 14,333	\$ 16,115	\$ 18,046	\$ 19,531	\$ 21,313
Gan. Neta	\$ 107,497	\$ 120,863	\$ 135,343	\$ 146,482	\$ 159,848

...Continuación

Tabla 24. Resultados pro forma, se están considerando 502m², producción de 1,339 cajas, precio de lechuga a \$120.00 por caja.

Concepto	6	7	8	9	10
F. inflación	1.58	1.69	1.82	1.95	2.07
Ganancia	\$ 253,874	\$ 271,549	\$ 292,438	\$ 313,326	\$ 332,608
C. producc lech	\$ 8,429	\$ 10,098	\$ 9,710	\$ 10,403	\$ 11,043
C.Op y Mant H.A.	\$ 10,793	\$ 11,544	\$ 12,432	\$ 13,320	\$ 14,140
Gan en bruto	\$ 234,652	\$ 249,907	\$ 270,295	\$ 289,602	\$ 307,424
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 229,467	\$ 244,722	\$ 265,110	\$ 284,417	\$ 302,239
ISR (15%)	\$ 34,420	\$ 36,708	\$ 39,767	\$ 42,663	\$ 45,336
PTU (10%)	\$ 22,947	\$ 24,472	\$ 26,511	\$ 28,442	\$ 30,224
Gan. Neta	\$ 172,100	\$ 183,541	\$ 198,833	\$ 213,313	\$ 226,679

...Continuación

Tabla 24. Resultados pro forma, se están considerando 502m², producción de 1,339 cajas, precio de lechuga a \$120.00 por caja.

Concepto	11	12	13	14	15
F. inflación	2.19	2.3	2.4	2.51	2.61
Ganancia	\$ 351,889	\$ 369,564	\$ 387,239	\$ 403,307	\$ 419,375
C. producc lech	\$ 11,684	\$ 12,271	\$ 12,857	\$ 13,391	\$ 13,924
C.Op y Mant H.A.	\$ 14,960	\$ 15,711	\$ 16,463	\$ 17,146	\$ 17,829
Gan en bruto	\$ 325,246	\$ 341,582	\$ 357,919	\$ 372,770	\$ 387,622
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 320,061	\$ 336,397	\$ 352,734	\$ 367,585	\$ 382,437
ISR (15%)	\$ 48,009	\$ 50,460	\$ 52,910	\$ 55,138	\$ 57,365
PTU (10%)	\$ 32,006	\$ 33,640	\$ 35,273	\$ 36,759	\$ 38,244
Gan. Neta	\$ 240,045	\$ 252,298	\$ 264,550	\$ 275,689	\$ 286,827

...Continuación

Tabla 24. Resultados pro forma, considerando 502m², producción de 1,339 cajas, precio de lechuga a \$120.00 por caja.

Concepto	16	17	18	19	20
F. inflación	2.73	2.84	2.94	3.06	3.17
Ganancia	\$ 438,656	\$ 456,331	\$ 472,399	\$ 491,681	\$ 509,356
C. producc lech	\$ 14,565	\$ 15,151	\$ 15,685	\$ 16,325	\$ 16,912
C.Op y Mant H.A.	\$ 18,649	\$ 19,400	\$ 20,083	\$ 20,903	\$ 21,654
Gan en bruto	\$ 405,443	\$ 421,780	\$ 436,631	\$ 454,453	\$ 470,789
Dep y amort	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185	\$ 5,185
G.ant ISR y PTU	\$ 400,258	\$ 416,595	\$ 431,446	\$ 449,268	\$ 465,604
ISR (15%)	\$ 60,039	\$ 62,489	\$ 64,717	\$ 67,390	\$ 69,841
PTU (10%)	\$ 40,026	\$ 41,659	\$ 43,145	\$ 44,927	\$ 46,560
Gan. Neta	\$ 300,194	\$ 312,446	\$ 323,585	\$ 336,951	\$ 349,203

4.2.10.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El estudio se basó en el cálculo del VPN y la razón beneficio/costo, éstos parámetros son utilizados por inversionistas para decidir invertir o no en un proyecto.

Las decisiones de inversión implican beneficios y gastos a través del tiempo. Es importante mencionar que el término inversión será empleado para referirse a la dedicación de recursos con la esperanza de obtener ganancias durante un periodo de tiempo razonablemente largo en el futuro (Segura, 2003).

4.2.8.-FLUJO NETO DE EFECTIVO SOLUCIÓN A) Y SOLUCIÓN B)

Tabla 25. Flujo neto de efectivo Solución A) viene de la Tabla 23. Se están considerando 352m², producción de 704 cajas, precio de lechuga a \$205.00 por caja.

Año	Ganancia (\$)	Prod+Op y Mant (\$)	ISR y PTU (\$)	Dep y Amort (\$)	Inv fija y difer (\$)	Valor de rescate (\$)	Flujo neto efectivo
0					41,861.00		-41,861.00
1	144,320.00	8,816.00	32,580.00	5,185.00			97,739.25
2	161,638.00	9,874.00	36,645.00	5,185.00			109,934.61
3	180,400.00	11,020.00	41,049.00	5,185.00			123,146.25
4	194,832.00	11,902.00	44,436.00	5,185.00			133,309.05
5	212,150.00	12,960.00	48,501.00	5,185.00			145,504.41
6	228,026.00	13,929.00	52,228.00	5,185.00			156,683.49
7	243,901.00	15,683.00	55,758.00	5,185.00			167,274.55
8	262,662.00	16,045.00	60,358.00	5,185.00			181,074.21
9	281,424.00	17,191.00	64,762.00	5,185.00			194,285.85
10	298,742.00	18,249.00	68,827.00	5,185.00			206,481.21
11	316,061.00	19,307.00	72,892.00	5,185.00			218,676.57
12	331,936.00	20,277.00	76,619.00	5,185.00			229,855.65
13	347,811.00	21,247.00	80,345.00	5,185.00			241,034.73
14	362,243.00	22,128.00	83,733.00	5,185.00			251,197.53
15	376,675.00	23,010.00	87,120.00	5,185.00			261,360.33
16	393,994.00	24,068.00	91,185.00	5,185.00			273,555.69
17	409,869.00	25,037.00	94,912.00	5,185.00			284,734.77
18	424,301.00	25,919.00	98,299.00	5,185.00			294,897.57
19	441,619.00	26,977.00	102,364.00	5,185.00			307,092.93
20	457,494.00	27,947.00	106,091.00	5,185.00		12,000.00	330,272.01
					flujo neto de ganancias		4,208,110.66

Tabla 26. Flujo neto de efectivo solución B) viene de la Tabla 24. Se están considerando 502m², producción de 1,339 cajas precio de lechuga a \$120.00 por caja

Año	Ganancia (\$)	Prod+Op y Mant (\$)	ISR y PTU (\$)	Dep y Amort (\$)	Inv fija y diferida(\$)	Valor rescate (\$)	Flujo neto efectivo (\$)
0					41,861.00		-41,861.00
1	160,680.00	12,166.00	35,832.00	5,185.00			107,496.75
2	179,962.00	13,626.00	40,288.00	5,185.00			120,863.01
3	200,850.00	15,208.00	45,114.00	5,185.00			135,343.13
4	216,918.00	16,424.00	48,827.00	5,185.00			146,481.68
5	236,200.00	17,884.00	53,283.00	5,185.00			159,847.94
6	253,874.00	19,222.00	57,367.00	5,185.00			172,100.34
7	271,549.00	21,642.00	61,180.00	5,185.00			183,541.29
8	292,438.00	22,142.00	66,278.00	5,185.00			198,832.86
9	313,326.00	23,724.00	71,104.00	5,185.00			213,312.98
10	332,608.00	25,184.00	75,560.00	5,185.00			226,679.24
11	351,889.00	26,644.00	80,015.00	5,185.00			240,045.50
12	369,564.00	27,982.00	84,099.00	5,185.00			252,297.90
13	387,239.00	29,320.00	88,183.00	5,185.00			264,550.31
14	403,307.00	30,537.00	91,896.00	5,185.00			275,688.86
15	419,375.00	31,753.00	95,609.00	5,185.00			86,827.41
16	438,656.00	33,213.00	100,065.00	5,185.00			300,193.67
17	456,331.00	34,551.00	104,149.00	5,185.00			312,446.07
18	472,399.00	35,768.00	107,862.00	5,185.00			323,584.62
19	491,681.00	37,228.00	112,317.00	5,185.00			336,950.88
20	509,356.00	38,566.00	116,401.00	5,185.00		12,000.00	361,203.29
					flujo neto de ganancias		4,618,287.68

5.2.10.- CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE NETO, SOLUCIÓN A) Y SOLUCIÓN B)

El criterio del VPN acepta proyectos que tienen un valor presente mayor a cero, y rechaza todas las inversiones cuyo valor presente sea menor que cero. Este es calculado como el descuento de los flujos de efectivo con el costo de oportunidad de la empresa. Es decir, que el VPN dependerá de la tasa de interés empleada (Segura, 2003). Consiste en determinar la equivalencia, en tiempo cero de los flujos de efectivo en el futuro que generará el proyecto. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso o inversión inicial, entonces la inversión es recomendable.

El VPN se obtiene sumando sus beneficios anuales netos actualizados a una determinada tasa de acuerdo con la siguiente ecuación (Ramírez, 2001).

$$VPN= -So+ \frac{S1}{(1+i)} + \frac{S2}{(1+i)^2} + \frac{Sn}{(1+i)^n}$$

Donde:

So= Inversión inicial en el tiempo o año cero.

Sn= flujo neto de efectivo para el periodo n

i = tasa de descuento (15%) o promedio ponderado del costo de capital, también se puede elegir el porcentaje que determinan los CETES.

n = número de periodos o tiempo de vida útil del proyecto

Según los datos que arroja el proyecto el VPN obtenido a 5 y 20 años para la **solución A)** Precio de venta aumentado a \$205.00 por caja es

VPN (20 años)	1053634
VPN (5 años)	439509

VPN obtenido a 5 y 20 años para la **solución B)** Precio de venta \$120.00 por caja volumen de producción de 1339 cajas

VPN (20 años)	1069258
VPN (5 años)	395218

La inversión fija y diferida del proyecto es de **\$33,861.00** Como el resultado es positivo y mayor a la inversión fija y diferida en las dos soluciones expuestas se puede aceptar la opción que más convenga al productor.

5.2.11.-CÁLCULO DE LA RAZÓN BENEFICIO COSTO SOLUCIÓN A) Y SOLUCIÓN B)

Es la relación que existe de los Beneficios, entre los Costos. En un principio se sabe que si el resultado es mayor ó igual a 1, el proyecto debe aceptarse ya que indica que los Beneficios son mayores a los Costos.

Resolviendo la siguiente ecuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum (BB/(1+i))}{\sum (Ii/(1+i)) + \sum (COi/(1+i))}$$

Donde:

BB= Beneficios Brutos

CO= Costos de Operación y mantenimiento

I= Costos de inversión fija y diferida

i =tasa de actualización seleccionada (0.15) también se puede elegir el porcentaje que determinan los CETES.

n =vida útil del proyecto = 20 años

Solución A)

B/C 15.3357

Solución B)

B/C 12.1794

Según los resultados del parámetro razón beneficio costo, las dos soluciones planteadas son aceptables ya que el resultado es mayor a 1.

4.2.14.-.-PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN O PLAZO DE RECUPERACIÓN

Es uno de los métodos más simples y más empleados en la medición del valor económico de una inversión, se define como el tiempo requerido o el número de

años que se necesitan para que la corriente de ingresos en efectivo producida por una inversión, recupere el desembolso inicial original requerido por un proyecto. El plazo de recuperación se utiliza también para calificar opciones de inversión, dando mayor calificación a las inversiones con plazos de recuperación más cortos (Segura, 2003). De acuerdo con los resultados de la tabla 24, referente al flujo neto de efectivo, se puede observar que desde el primer año se recupera la inversión, pero también, se tiene otra opción, especificar porcentajes sobre el flujo de efectivo, los cuales permitan pagar la inversión a un periodo no mayor de tres años. Para la segunda opción se proponen los siguientes porcentajes

Tabla 27. Solución A) Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.

Año	Flujo neto de efectivo (\$)	% destinado a la recuperación de inversión	Cantidad destinada (\$)	Ganancias anuales libres (\$)
0	-41,861.00			
1	97,739.00	6%	5,864.40	91,874.90
2	109,934.00	16%	17,589.50	92,345.10
3	123,146.00	16%	19,703.40	103,442.90
		Total	43,157.30	

Tabla 28. Solución B) Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.

Año	Flujo neto de efectivo (\$)	% destinado a la recuperación de inversión	Cantidad destinada (\$)	Ganancias anuales libres (\$)
0	-41,861.00			
1	107,496.00	13%	13,974.00	93,522.00
2	120,863.00	12%	14,503.00	106,359.00
3	135,343.00	10%	13,534.00	121,808.00
		Total	42,012.00	

La suma de las cantidades destinadas sobre el flujo de efectivo anual, es poco mayor que la inversión después de los tres años. Por lo tanto son aceptables las soluciones dado que se encuentran dentro del intervalo de 2-5 años recomendados en la literatura para recuperar la inversión.

4.3.- ESCENARIO 3 ÁREA REACTIVADA POR EL HAFS

Las dimensiones ocupadas por el humedal artificial son 12 m de longitud y 4 m de ancho que da un área de 48 m². Si el área total de la chinampa es de 400m² entonces queda un área de 352m² de terreno cultivable. La producción es de 16 lechugas por m² que al multiplicar por 352 m² = 5632 lechugas por cosecha, si se considera que se obtienen cuatro cosechas al año entonces se tendrían 22528 lechugas al año, pero si consideramos 25 % (5632 piezas) de pérdidas, por lo tanto se tienen **16,896 piezas de lechuga** al año por chinampa de 352 m² en éste caso. Si a cada caja le caben 24 piezas de lechuga, se obtienen 704 cajas al año y si el precio de venta promedio es de \$120.00 entonces se tiene una ganancia de \$84,480.00 (sin considerar gastos).

4.3.1.- COSTOS ANUALES DE PRODUCCIÓN Y RIEGO DE LECHUGA ITALIANA

Estos costos son los mismos que antes de implementar el humedal artificial \$3866.00 (ver Escenario 1).

4.3.2.- COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL HAFS.

Tabla 29. Escenario 3. Costos de operación y mantenimiento para el humedal artificial

Concepto	Observaciones	Monto \$/mes	Monto \$/año
Costos de operación			
-Combustible para la bomba de alimentación. (6 litros al mes)		50.00	600.00
Sub total			600.00
Mano de obra directa			
-Supervisión	Se realizará por el mismo agricultor, como parte de sus actividades agrícolas	100.00	1,200.00
-operación		100.00	1,200.00
Sub total			2,400.00
Costos de Mantenimiento			
-Limpieza	Será parte de la operación del sistema ya va incluido en operación		0.00
-Reparaciones	Probables taponamientos	166.66	700.00
-Reemplazo de motores	Se considera comprar bomba nueva cada 5 años.		1,250.00
Sub total			1,950.00
Total			4,950.00

Los gastos de mano de obra directa son considerados, a pesar de que se realicen como parte de la actividad cotidiana del agricultor, tienen un valor mínimo mensual, ya que también se puede solicitar a algún familiar que realice la operación y mantenimiento, o bien, puede darse el caso de que se haya contratado temporalmente a algún ayudante: El dinero pagado debe considerarse como un estímulo para la persona que aprenda a operar y mantener al humedal artificial.

4.3.3.- GANANCIAS POR LA VENTA DE COSECHA AL REACTIVAR LA SIEMBRA EN LA CHINAMPA

Tabla 30. Ganancias de cosecha, al reactivar la siembra en la chinampa.

Cantidad de lechugas cosechadas por chinampa de 352m ²	16,896 piezas = 704 cajas al año 58 cajas al mes	
Precio de venta	De \$100.00 a \$140.00 la caja 1 caja tiene 24 piezas valor promedio anual \$120.00	
Ganancia Total	\$7,040.00 mensuales	\$84,480.00 anuales
Gastos de Producción	\$3,22.16 mensuales	\$3,866.00 anuales
Gastos de operación y mantenimiento del humedal		\$4,950.00
Utilidades anuales (Gan Total – Gastos de Producción)		\$75,664.00

A continuación se muestra la tabla correspondiente al flujo neto de efectivo, la cual es obtenida a partir de la tabla resultados pro forma, la cual se omite ya que lo que interesa por el momento son los porcentajes sobre el flujo de efectivo que se destinarán anualmente por pago de inversión.

4.3.4.- FLUJO NETO DE EFECTIVO

Tabla 31. Escenario 3 Flujo Neto de efectivo

Año	Ganancia (\$)	Prod + Op y Mant (\$)	ISR y PTU (\$)	Depreciacion y Amortización (\$)	Inv fija y diferida (\$)	Valor rescate (\$)	Flujo neto efectivo (\$)
0					41,861.00		-41,861.00
1	75,664.00	8,816.00	15,416.00	5,185.00			46,247.00
2	84,744.00	9,874.00	17,421.00	5,185.00			52,263.00
3	94,580.00	11,020.00	19,594.00	5,185.00			58,781.00
4	102,146.00	11,902.00	21,265.00	5,185.00			63,794.00
5	111,226.00	12,960.00	23,270.00	5,185.00			69,811.00
6	119,549.00	13,929.00	25,109.00	5,185.00			75,326.00
7	127,872.00	15,683.00	26,751.00	5,185.00			80,253.00
8	137,708.00	16,045.00	29,120.00	5,185.00			87,358.00
9	147,545.00	17,191.00	31,292.00	5,185.00			93,876.00
10	156,624.00	18,249.00	33,298.00	5,185.00			99,892.00
11	165,704.00	19,307.00	35,303.00	5,185.00			105,909.00
12	174,027.00	20,277.00	37,141.00	5,185.00			111,424.00
13	182,350.00	21,247.00	38,980.00	5,185.00			116,939.00
14	189,917.00	22,128.00	40,651.00	5,185.00			121,952.00
15	197,483.00	23,010.00	42,322.00	5,185.00			126,966.00
16	206,563.00	24,068.00	44,328.00	5,185.00			132,982.00
17	214,886.00	25,037.00	46,166.00	5,185.00			138,497.00
18	222,452.00	25,919.00	47,837.00	5,185.00			143,511.00
19	231,532.00	26,977.00	49,842.00	5,185.00			149,527.00
20	239,855.00	27,947.00	51,681.00	5,185.00		12,000.00	167,042.00
					flujo neto de ganancias		\$2,042,357.00

4.3.5.- VALOR PRESENTE NETO

VPN 20 años 528924

4.3.6.-RAZÓN BENEFICIO COSTO

B/C 6.7

4.3.7.- PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Tabla 32. Escenario 3. Porcentajes sobre el flujo de efectivo destinado para recuperar la inversión en 3 años.

Año	Flujo neto de efectivo (\$)	% destinado a la recuperación de la inversión a 3 años.	Ganancias anuales libres (\$)
0	-41,861.00		
1	46,247.25	25% (\$11,561.00)	34,685.00
2	52,263.57	25% (\$13,065.00)	39,197.00
3	58,781.25	30% (\$17,634.00)	41,146.00
		Total (\$42,262.00)	

Cabe mencionar que aunque las ganancias sean menores que en los escenarios anteriores, una vez cumplido el periodo de recuperación de la inversión las ganancias serán completas y se puede decir que no hay pérdida alguna ya que originalmente no se obtenían ingresos en esa chinampa. Otra solución es la de obtener financiamiento para pagar el 50% de la inversión inicial fija y diferida, y así disminuir los porcentajes destinados al pago de la inversión.

4.4.- RESUMEN DEL CONTENIDO GENERAL DE ESCENARIOS

Tabla 33. Resumen del Contenido General de Escenarios

	Escenario 1 Situación general	Escenario 2 Área reducida por la implementación del HAFS		Escenario 3 Reactivación de la producción en chinampa
Volumen de producción anual en cajas de lechuga Italiana	800 cajas	704 cajas		704 cajas
Ganancias al precio de venta de \$120.00 por caja	\$96,000.00	\$84,480.00		\$84,480.00
Soluciones:				
	Actualmente no se cobra el ISR ni el PTU, pero si se cobrara a futuro los resultados serían:	A)Aumentar precio de venta por caja de lechuga italiana a \$205.00	B)Aumentar área de cultivo a 502m² y precio de venta \$120.00	C)Se puede solicitar el apoyo por financiamiento
Costos de producción de lechuga Italiana	\$3866.00	Solución A) \$3866.00	Solución B) \$5,335.00	\$3866.00
Costos de operación y mantenimiento del HAFS		Solución A) \$4,950.00	Solución B) \$6,831.00	\$4,950.00
Utilidades de producción anuales	\$92,134.00	Solución A) \$75,664.00	Solución B) \$72,314.00	\$75,664.00
Utilidades de producción anuales	\$92,134.00	\$135,504.00	\$148,514.00	\$75,664
Utilidades después de ISR 15% y PTU 10%	\$69,100.00	\$107,497.00	\$107,497	\$46,247
VPN		1053634	1069258	528924
B/C		15.3	12.1	6.7
PRI				
% Destinado año 1 Ganancia neta		6%	13%	25%
% Destinado año 2 Ganancia neta		16%	12%	25%
% Destinado año 1 Ganancia neta		16%	10%	30%
% Destinado año 2 Ganancia neta		16%	10%	30%
		\$91,874.00	\$93,522.00	\$34,685
		\$92,345.00	\$106,359.00	\$39,197
		\$103,442	\$121,808.00	\$41,146

En la Tabla 33. Se muestra el contenido general de escenarios, la importancia de ésta tabla reside en comprenderlos económicamente ya que se pueden observar claramente las ventajas y desventajas de cada uno. En el escenario uno se inicia conociendo el volumen de producción anual en una chinampa de 400m² que corresponde a una producción de 800 cajas de lechuga italiana las cuales contienen 24 piezas cada una, al calcular las ganancias por la venta de lechuga al precio de \$120.00 se obtienen alrededor de \$96,000.00 al año. Actualmente la actividad agrícola en el DF es subsidiada en cuanto al pago de impuestos, sin embargo, dentro de los escenarios propuestos se plantea la posibilidad de que se haga obligatorio en un futuro, por lo tanto, éste análisis económico los contempla y calcula según el porcentaje estipulado en la Ley Federal del Impuesto Sobre la Renta del 15% para la agricultura, en el caso de que tuvieran que ser pagados, el escenario uno tendría una reducción en las utilidades netas anuales que se obtienen al descontar los costos de producción de la lechuga, los montos destinados al pago de impuestos ISR y los correspondientes a la participación de los trabajadores sobre utilidades PTU del 10% estipulado en la Ley Federal del Trabajo. No se obtiene el VPN ni la razón B/C así como el PRI ya que éstos se utilizan en los otros escenarios para evaluar si conviene o no la implementación del HAFS. Los datos obtenidos en el escenario 1 permiten contrastar los escenarios 2 y 3.

En el escenario 2, disminuye el volumen de producción debido al área superficial que ocupa el HAFS reduciendo en la chinampa el área de cultivo. Se producirían 704 cajas anualmente, lo que implica una reducción en las ganancias de \$96,000 a \$84,480, considerando que habrá que descontar los costos de producción de

lechuga, los ISR y los PTU, así como los costos de operación y mantenimiento del HAFS se plantearon dos soluciones A y B las cuales, deben realizarse según intereses o conveniencia del productor, o bien, probar éstas simultáneamente. La solución A) consiste en aumentar el precio de venta tal que pueda obtenerse las mismas utilidades sin que el HAFS se instalara, ésta decisión puede dificultar la distribución y venta del producto, aunque, es justificable, al aumentar la calidad del agua con que se riega la lechuga, éste precio de venta debe ser el adecuado para que puedan ser cubiertos los costos de producción de la lechuga, los costos de operación y mantenimiento del HAFS así como los ISR y las PTU correspondientes. Una vez descontando éstos gastos se calculó el VPN el cual es mayor al valor de la inversión lo que indica que puede ser una inversión viable. Así mismo la razón B/C arroja un valor positivo y mayor a uno afirmando nuevamente la viabilidad de la implementación del HAFS. También se destinan porcentajes para el pago de la inversión a 3 años, el PRI en base, a la obtención de utilidades netas parecidas a las que se ganaban antes de la implementación del HAFS.

La solución B) Consiste en el incremento de la producción de la lechuga italiana mediante el incremento en el área de cultivo tal que, al aumentar la producción las ganancias de la venta de cosecha, puedan cubrir los costos anteriormente mencionados, y no aumentar el precio de venta, tiene como desventajas que aumentan en proporción los costos de producción de lechuga así como los costos de operación y mantenimiento del HAFS, lo cual se muestra en la Tabla 33. Además conviene que el área de cultivo extra utilizado se encuentre relativamente cerca al lugar donde se implemente el HAFS para facilitar la operación.

El área total requerida es de 502m² y los valores de VPN así como del la Razón B/C indican la factibilidad del proyecto así como el PRI que también será a 3 años.

En el escenario 3, se observa el panorama que se tendría, al reactivar la actividad agrícola, en una chinampa que no es trabajada debido, a la grave contaminación del agua, problema que se eliminaría gracias a la implementación del HAFS, las ganancias netas no se tendrían que comparar con las ganancias anteriores ya que inicialmente no se obtenían ingresos. Se consideran los costos de producción, los de operación y mantenimiento del HAFS y los ISR así como las PTU. Los valores obtenidos de VPN y Razón B/C también indican viabilidad en el proyecto como muestra la Tabla 33. Otra ventaja es que una vez terminado el Periodo de Recuperación de la Inversión PRI a 3 años las utilidades serían totales para el productor.

En el caso de que no se tuviera que pagar el ISR, se puede contemplar un fondo para la compra de un sistema de riego, la mejora en las condiciones hidráulicas de toda la zona chinampera, o también, como fondo que apoye a otros productores que quieran invertir en un HAFS.

5. FACTORES SOCIALES, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS MÁS REPRESENTATIVOS QUE PUEDEN EVITAR IMPLEMENTAR EL HAFS Y PROPUESTA DE ACCIÓN EN LA ZONA CHINAMPERA DE XOCHIMILCO

Independientemente de los problemas técnicos que pueden presentarse en la implementación de los humedales artificiales, se presentan otros factores de tipo social, político y económico, los cuales son poco contemplados, pero determinantes no sólo en la implementación de humedales artificiales, si no también en cualquier otro proyecto que se desee impulsar, como por ejemplo mejorar el sistema de riego, cambiar el tipo de fertilización, obtener mejor semilla, organizar la distribución y venta del producto para lograr mayores rendimientos y la distribución justa y proporcional de dichos rendimientos a todas las personas involucradas en la producción.

Por la experiencia que se ha tenido en otros proyectos de tipo comunitario, se ha experimentado que estos factores han tenido gran influencia en el éxito o fracaso de los proyectos de humedales artificiales. La principal finalidad es tomar en cuenta las dificultades que pueden presentarse y evitar graves contratiempos.

5.1.- FACTORES SOCIALES

A éste respecto, un punto importante son las personas dentro de la comunidad que pretenden beneficiarse con el proyecto propuesto sin tomar en cuenta a los demás miembros de ésta.

Pero también existe el caso contrario en dónde por falta de recursos sólo se puede beneficiar de inmediato a unos cuantos miembros de la comunidad. Dentro de ésta se manifiestan personas inconformes por no ser los seleccionados, provocando disgregación de la misma y debilitamiento en el apoyo comunitario del proyecto.

Éste factor trae como consecuencia la desmotivación de los pocos integrantes que pueden ser beneficiados y temor por ser juzgados equivocadamente.

Actitudes como ser poco participativo en los problemas de la comunidad, hasta querer obtener mejores ventajas personales que los demás son factores que no favorecen los proyectos comunitarios.

De manera particular el proyecto que se inició, a finales del 2002 para la instalación de plantas ecológicas, cuya función era tratar el agua proveniente del canal para ser utilizada en riego agrícola en San Gregorio, Xochimilco, no se ha terminado de instalar debido a problemas que han surgido de tipo técnicos y con integrantes de la comunidad.

Dentro de los factores técnicos, estuvo la precipitada disminución del nivel del agua tratada del canal, provocado por habitantes aledaños a la zona chinampera, los cuales desviaron ésta, hacia el drenaje profundo, evitando el desbordamiento de los canales y la consecuente inundación de sus casas habitación al agravarse

el problema de suelo diferencial. Otro factor de tipo social que evitó la implementación de la planta ecológica, consistió en que parte de la comunidad no beneficiada, ha realizado comentarios que anulan las intenciones colectivas, y que desmeritan los trabajos anteriores para llegar a culminar el proyecto, produciendo desánimo en las personas que pudieron ser beneficiadas con la implementación del sistema.

Al conversar con comuneros, se encontró entre otras cosas, que hay cierto desaliento para formar grupos que permitan organizar, planear, dar seguimiento y término a las propuestas del grupo, esto es debido a que en experiencias pasadas, no han tenido éxito. En contraste a esto Canabal dice “Si bien existe claridad entre los productores acerca de los problemas que los acosan, éstos están concientes de que sólo los solucionarán mediante la organización” (Canabal, 2004).

Otros factores sociales que se han encontrado son:

Deficiencias de comunicación entre los sectores que integran el proyecto (comunidad, funcionarios y técnicos).

Actitudes poco solidarias entre comuneros, por conflictos personales.

Irresponsabilidad de las personas de cualquier sector (comunidad, funcionarios y técnicos) ante los acuerdos tomados en asamblea.

Falta de iniciativa para reunirse como comunidad y tomar decisiones colectivas.

Poca disponibilidad de horarios en que se pueda reunir a la comunidad para realizar asambleas, ya que los agricultores tienen que buscar otros trabajos o actividades que les permitan continuar adquiriendo recursos.

5.2.- FACTORES POLÍTICOS

Tomar en cuenta el tiempo político en el que se solicitaron recursos hacia algún proyecto es estratégico ya que el funcionario en turno puede estar a poco tiempo de dejar el puesto y todos los recursos son detenidos hasta saber la persona que ocupará el puesto nuevamente. Como consecuencia de ser nuevo en el puesto, requerirá un periodo para conocer los trabajos pendientes que dejó el anterior funcionario, además, las probabilidades para que apoye el proyecto son muy variables.

El apoyo otorgado a los agricultores puede ser condicionado al voto a favor de algún partido político o candidato específico.

Los recursos destinados al proyecto pueden ser retirados a causa del acercamiento de elecciones políticas.

Los proyectos pueden no ser prioridades para los funcionarios en turno y por lo tanto alargar el tiempo en que se otorguen permisos o aportes económicos.

5.3.- FACTORES ECONÓMICOS

Las organizaciones de productores pueden ser beneficiados, por créditos que otorga el gobierno y de la banca privada para la construcción de viveros, o la implementación de tecnologías para mejorar la producción.

La problemática crediticia se ha vuelto compleja entre los productores regionales, como entre los de otras partes del país, por lo cual tendrán que buscarse nuevas alternativas de inversión (Canabal, 2004).

Existe la tendencia a depender de los apoyos gubernamentales, y no buscar otro mecanismo para obtener recursos materiales o económicos.

Falta abrir rutas de venta para tener nichos de mercado diferentes además de los actuales.

Falta iniciativa de los comuneros para capacitarse en actividades que les permitan comercializar el producto, y obtener mejores rendimientos que les permitan obtener mejores ingresos de su actividad.

Sin embargo se pueden conformar cooperativas, o sistemas de ahorro que favorezcan la acumulación de dinero para obtener la cantidad requerida para implementar tecnologías nuevas.

5.4.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL FACTOR SOCIAL, ACCIONES LOCALES

Lamentablemente en el D.F, el sistema económico, ha favorecido al sector turismo, dejando en desventaja a la agricultura dentro de la capital.

Para lograr la implementación de un HAFS, se proponen las siguientes acciones:

Compromiso con la comunidad para poner en marcha el sistema de tratamiento de agua por parte de, técnicos, comunidad y funcionarios siempre y cuando se acepten éstos sectores en la asamblea.

Fortalecer la unión entre los comuneros es indispensable para lograr acuerdos.

Iniciar el proyecto con una entrevista y presentación del proyecto con el ejidatario, o con alguna de las familias más respetadas de la comunidad.

Explicar la problemática actual y las posibles soluciones para resolver la situación presente, mediante el uso de HAFS.

Realizar asambleas convocadas por la familia o el ejidatario de la comunidad, informar a la comunidad de la problemática y de las alternativas de solución. En ésta fase se debe apoyar la explicación con folletos tipo historieta, videos y presentaciones en láminas de rota folio o en computadora si existe la infraestructura. Asegurar la comprensión de la comunidad del proyecto, iniciando por los niños, después jóvenes, personas adultas y adultas mayores.

Convocar a otra asamblea apoyarse por la familia o el ejidatario de la comunidad

En la asamblea, tomar acuerdos como lugar donde se instalará el HAFS, para qué se utilizará el agua tratada y quienes la podrán usar, conocer los recursos económicos con los que se cuentan, así como las opciones crediticias o los mecanismos con los que se obtendrá el recurso para la implementación del HAFS.

Se asignará en asamblea a la persona comisionada para operar y dar mantenimiento al HAFS. Se especificarán las condiciones de uso de suelo, requerimientos o permisos necesarios por parte del gobierno, se asignará persona comisionada para éste investigar éste rubro.

Se debe especificar la tenencia de la tierra, todos los beneficiados deben de contribuir en el pago por el uso del HAFS.

La comunidad debe prepararse para firmar un convenio en el que participen los técnicos y funcionarios, éstos últimos por si se requieren permisos u otros aspectos de financiamiento, sobre todo si se decidió en asamblea.

Por parte de los técnicos se debe tomar en cuenta el valor del terreno dentro de la inversión inicial de la planta de tratamiento si es que se piensa comprar este.

En el caso de que el dueño del terreno quiera donarlo para beneficio comunitario se debe especificar en el convenio las condiciones que se establecen para ser cumplidas por todas las partes que firmen en la asamblea.

Especificar detalladamente las obligaciones y beneficios que adquirirá cada parte integrante del convenio, evitará suposiciones y conflictos entre los firmantes.

En el convenio se debe especificar duración del proyecto, presupuesto total del proyecto el porcentaje de éste que será aportado por cada sector y si será en especie o en dinero. Se señalarán las obligaciones y derechos de los firmantes, sin olvidar cómo se dividirá el bien adquirido si es que el proyecto se cancela, en cualquier etapa del mismo.

Organizar a la comunidad para establecer compromisos con el proyecto en el que se requiere la **creación de fondos de ahorro, o sociedades de cooperativas** que permitan a la comunidad ser autosuficiente.

ACCIONES LOCALES PROPUESTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HAFS
TOMANDO EN CUENTA LOS FACTORES SOCIALES

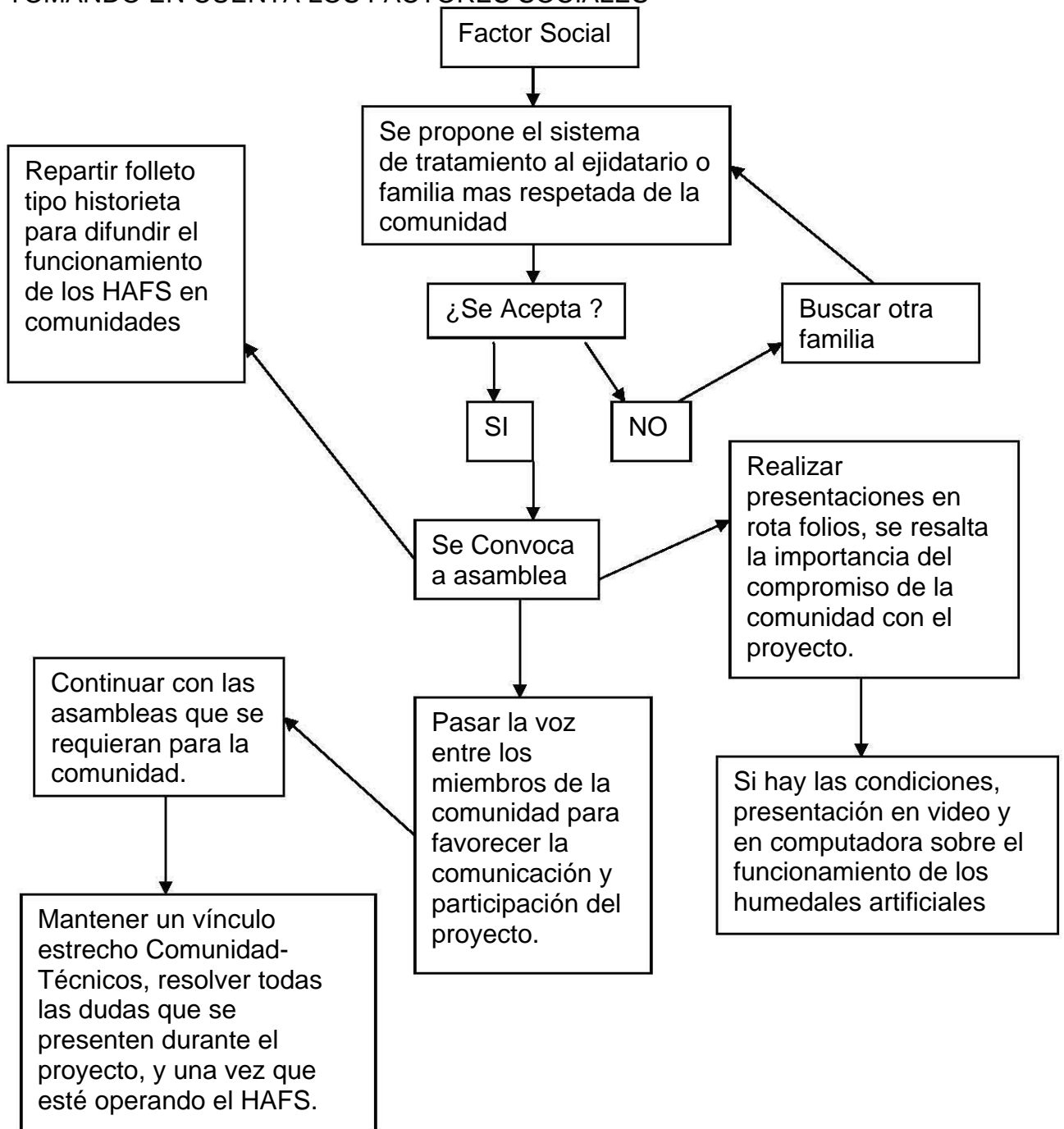


Fig. 5. Acciones locales propuestas para la implementación de HAFS tomando en cuenta los factores sociales

5.5.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL FACTOR ECONÓMICO, ACCIONES

LOCALES

En el caso de los sistemas de tratamiento de tipo humedal artificial tiene ventajas para las comunidades por ser económicamente más accesible en lo que se refiere a costos de operación y mantenimiento, a diferencia de otros sistemas que requieren compra en repuestos de filtros y pago de energía eléctrica, etc.

Muchos de los proyectos no son realizados por **falta de recursos**, ya que para el agricultor no es costeable el mantenimiento de la planta.

Alternativas como formar sociedades de ahorro, o cooperativas, son opciones que hacen posible la acumulación de dinero para financiar el proyecto. También se puede buscar el apoyo gubernamental o el de la industria pero deben cuidarse los aspectos crediticios, respecto a la tasa de interés.

Buscar el apoyo de inversionistas mexicanos que permitan el desarrollo favorable del campo, respetando el trabajo y propiedad de la tierra del agricultor.

Cuando se tiene la disposición de la comunidad y un proyecto bien elaborado existen varios programas de apoyo financiero para el campo.

La siguiente tabla muestra información obtenida en la Web, sobre programas de apoyo al campo, éstos tienen fecha límite para ser solicitados, deben ser consultados en la delegación correspondiente a su comunidad.

Tabla 34. Programas de apoyo al campo

Fondo concursable para proyectos de organizaciones o grupos rurales de menor desarrollo relativo.
Apoyo a las uniones de crédito
Atención a Jornaleros Agrícolas
Evaluación de Proyectos
Modernización y Equipamiento Empresarial.
Otros programas para productores de Bajos Ingresos (OPBI) 2002
Programa de Apoyos Directos al Campo (Procampo)
Desarrollo Comunitario en Áreas Rurales LATERNAE.ORG
Programa de Financiamiento para el desarrollo Agrario Dirigido a grupos de jóvenes Campesinos.
Programa de sanidad
Programa de financiamiento rural
Programa de intercambio de deuda pública en apoyo de Proyectos de alto impacto social en materia de desarrollo rural.
Proyectos Agrícolas
Proyectos de asistencia técnica integral
Servicio a empresas cooperativas rurales.
Servicios financieros
Pronasol

Atraer mexicanos, para que inviertan en tecnología adecuada para la siembra, como para eficientar el uso del agua y utilizar fertilizantes adecuados en cantidades que no dañen la tierra. **Favorecer los vínculos entre** agricultores, y dueños de negocios, **que requieran el producto** como restaurantes, fondas, tiendas y mercados, de tal forma que la **cadena de distribución sea más corta** y no se tenga que vender la lechuga a tan bajo precio, así la ganancia del productor será mayor.

Es necesario tener un **eficiente sistema de distribución del producto** de cosecha ya que éste tiene un tiempo de vida determinado.

Otra propuesta es considerar el empaque final del producto para que cumpla los requisitos que las empresas de autoservicio como como Wallmart, Superama, etc, requieren para que se venda el producto en sus tiendas.

La agricultura debe ser una actividad completamente autosuficiente.

Para lograr esto se deberán aplicar estrategias inteligentes, **Aumentar el consumo de productos mexicanos.** Sobre todo apoyar a los que están mejorando en calidad.

Realizar un seguimiento de dónde provienen los productos que consumimos, y apoyar en todas las formas que sea posible.

5.6.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL FACTOR POLÍTICO, ACCIONES

LOCALES

En el año del 2003, se publicó en el diario oficial del Distrito Federal, una nueva norma llamada NADF-002-RNAT-2002 Que establece las condiciones para agricultura del D.F en suelo de conservación. En ella se indica que hay prácticas que no pueden realizar los productores, como el uso de agroquímicos, semilla transgénica, o la utilización de lodos de alcantarilla o aguas negras.

La zona de chinampas en Xochimilco es reconocida como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Desde 1987 por la UNESCO., clasificando al suelo como de conservación.

Se propone que en asamblea se de lectura a la norma anteriormente referida, que se discutan las desventajas y ventajas de realizar las practicas que en la norma se especifican, y acordar en la asamblea las acciones a realizar en conjunto para

elevant la calidad de productos que se generan en Xochimilco, esto favorecerá en la calidad de vida.

Las decisiones que se tomen tendrán que ser respetadas por todos los integrantes de la asamblea, y las opciones que se presenten en ésta, se comunicarán a la comunidad antes de autorizar algún movimiento.

Si se acuerda buscar apoyo del gobierno, se propone iniciar el proyecto en un tiempo político adecuado, esto significa no estar muy cerca del periodo de cambio de gobierno o de elecciones, aunque en ocasiones pudiera ser conveniente si existen militantes de algún partido que sean afines a la causa, aun que esto comprometería a la comunidad para votar a favor del partido que les apoyara.

Los recursos destinados al proyecto pueden ser retirados, debido al periodo de elecciones cercano. Se propone no depender completamente del dinero otorgado por el gobierno, sólo buscar permisos necesarios y algunos beneficios en especie.

Los proyectos pueden no ser prioridades para los funcionarios en turno y por lo tanto alargar el tiempo en que se otorguen permisos o aportes económicos, se propone buscar a los funcionarios responsables del área y perseverar en la solicitud, se puede hacer uso de los medios de comunicación como periódicos, radio, etc, para difundir la demanda.

No obstante es importante informarse de todas las opciones de **apoyo económico que el gobierno del estado o el municipio tienen destinado para el campo**, ya que, si existen, deben ser aprovechados y utilizados, es indispensable prever todo tipo de contratiempo que no permita lograr el objetivo planteado al utilizar éste tipo de apoyos.

CONCLUSIONES

La estrategia planteada en éste trabajo de tesis implicó observar tendencias actuales de la economía agrícola, así como las nuevas exigencias que se presentan a nivel nacional y federal para la agricultura ecológica realizadas en áreas de conservación como es el caso de San Gregorio Xochimilco. Priorizar condiciones de salud para las personas que habitan en la zona chinampera de Xochimilco y para aquellas que consumen los productos agrícolas que se obtienen en éste lugar.

Se concluyeron los siguientes puntos:

- 1.-Se desarrolló la ingeniería conceptual para el sistema de tratamiento de agua proveniente de los canales de Xochimilco, basado en un humedal artificial de flujo subsuperficial HAFS, mediante el cual se obtendrá agua para riego agrícola.
- 2.-Con la implementación del HAFS en la chinampa, se logrará la remoción de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos que son eficientados en éste.
- 3.-Se realizó la evaluación económica del sistema a partir del análisis de tres escenarios, la importancia de conocerlos reside en que el productor tenga la información general y decidir oportunamente lo que más le convenga.
- 4.-El escenario 1. Se proporcionó datos generales de la zona de cultivo, así como los indicadores productivos, y económicos que fueron el pivote para poder crear los otros dos escenarios, El escenario 2, plantea dos soluciones A y B ante la disminución de producción debido a que el HAFS ocupa cierta área que podría ser utilizada, sin embargo al implementar el HAFS de inmediato el producto de

cosecha aumenta en calidad, por ésta razón el precio de venta debe aumentar y con ello las utilidades del productor, este planteamiento es lo sustancial en la solución A). El precio de venta óptimo fue calculado para que pudieran ser solventados los porcentajes de Impuestos sobre la renta, la Participación de Utilidades para los Trabajadores, los porcentajes que deberán ser pagados para recuperar la inversión y los ahorros destinados para capitalizar otro sistema de tratamiento al término de vida útil del mismo, tiene como desventaja que sea difícil la distribución y venta del producto. En la solución B), ante la desventaja de la solución A) se propuso no aumentar el precio de venta, sin embargo aumentar el área de cultivo utilizando una zona aledaña a la chinampa que tiene el humedal, y así obtener las mismas ventajas económicas que en la solución A) en cuanto al pago por impuestos y por utilidades para los trabajadores así como porcentajes para pagar la inversión en tres años, etc. Tiene como desventaja que aumenta con el área los costos de producción de lechuga, así como los costos de operación y mantenimiento del HAFS, también está supeditado a que el productor disponga de área de cultivo aledaña.

El escenario 3. Mostró las ganancias obtenidas a partir de la reactivación de la chinampa al implementar el HAFS, las cuales evidentemente son totales ya que antes no se trabajaba la chinampa.

5.-Se concluye que en cualquiera de los tres escenarios es viable la implementación del HAFS, debido a los indicadores como el VPN, razón B/C y los PRI obtenidos.

6.-Se comprendieron parte de los factores políticos, sociales y económicos que han obstruido la implementación de proyectos anteriores.

Con éste proyecto de tesis se buscó mejorar la calidad de la producción de lechuga italiana en lo que se refiere al agua usada para su riego.

Por otra parte se propone realizar un estudio de mercado que permita evaluar otros nichos y favorecer la distribución de los productos de cosecha a mejores precios. Tema que puede ser desarrollado en otra tesis.

Por último debo mencionar que muchos de los problemas que se han observado en comunidades para terminar algún proyecto, son producto de la deficiencia de comunicación entre la comunidad, por ésta razón la organización y comunicación constante entre la comunidad, técnicos y funcionarios, debe favorecerse en todo momento. Dejar atrás los problemas personales, para dar lugar a nuevos proyectos en los que se trabaje en equipo. Para esto se hace uso de las asambleas, invitación que puede realizarse mediante anuncios, invitación de persona a persona, periódicos murales, en fin. Si se obtiene el apoyo de la comunidad, ésta se sentirá escuchada, y responderá favorablemente al proyecto.

7.-Se planteó una estrategia global que permitirá obtener agua para riego agrícola en chinampas de Xochimilco empleando un HAFS, al realizar el diseño, la evaluación económica y el planteamiento de factores sociales, económicos y políticos que se pueden presentar en la implementación de éste, así como la propuesta de acción.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Amigos de Xochimilco A.C. 1990. Incidencia de parásitos intestinales patógenos en la población que se asienta en zonas aledañas a los canales de Xochimilco. Centro de Información y Documentación Específico de Xochimilco. UAM –Xochimilco. México D.F. Pág.1, 2, 3.
2. Báez AP. y Belmont R. 1972. Algunos aspectos del deterioro del agua en los canales del lago de Xochimilco. En: del Arenal R (Ed.) Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memorias 1970-1971. Instituto de Geofísica, UNAM. México D.F. Pp.5-14.
3. Bojórquez L. 1994. Calidad de agua de los canales de Xochimilco. En relación con el “Proyecto de Rescate Ecológico”. Informe técnico. Centro de Información y Documentación Específico de Xochimilco. UAM Xochimilco. México.
4. Bojórquez L y Amaro E. 2003. Caracterización Múltiple de la Calidad del Agua de los canales de Xochimilco. En Seminario Internacional de investigadores de Xochimilco UAM-Xochimilco México D.F. Pp. 281-298.
5. Breen P. 1990. A mass balance method for assessing the potential of artificial wetlands: for wastewater treatment. *Water Res.*, 24(6): 669-679.
6. Canabal B. 2004. La chinampería actual en el Valle de México-Xochimilco. [Fecha de consulta: Septiembre 2004]. Disponible en <http://www.po.gob.mx/.publica/pa070510.htm>>
7. Crites R. 1994. Design criteria and practice for constructed wetlands. *Water Sci. Tech.*, 29 (14):1-6.

8. Crites R. y Tchobanoglous G. 2000. Traducción, Millar Camargo. Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones Ed Mac Graw Hill. Colombia
9. Crossley P. 2004. Sub-irrigation in wetland agriculture, Agriculture and Human Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands. Values 21: 191-205.
10. Chavarría HJC. 2001. Humedales artificiales de flujo vertical: Estado del arte y pruebas experimentales para la obtención de parámetros experimentales. Tesis profesional Ingeniero Químico. Facultad de Química. UNAM. México.
11. Chong J. 2004. La agricultura chinampera actual en San Gregorio Atlapulco, Xochimilco. Tesis de licenciatura en Desarrollo Agropecuario. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón. UNAM.
12. EPA 1988. Design Manual. Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal. Water Treatment U.S. Environmental Protection Agency. 625-1-88-022. Chapter 3. Office of Research and Development. September 1988.
13. EPA 2000. Folleto informativo de Tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. Environmental Protection Agency. 832-F-00-023. Office of Water. Washington, D.C. Septiembre 2000.
14. Fengolio L. 2000. Bases de diseño para la construcción de un reactor biológico experimental basado en los sistemas de humedales artificiales de flujo vertical. Tesis profesional en Ingeniería química. Facultad de Química. UNAM. México. Pp.46-49, 51.
15. Flores Y. 2001. La agricultura chinampera; Un sistema de producción sustentable. Tesis profesional Desarrollo Agropecuario. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón. UNAM. México.

16. Galán J. 2005. Focos rojos en el futuro del ajolote. La Jornada sección ciencias. Miércoles 9 marzo 2005. p 48 y 3ª
17. Gamoneda R. y García M. 1973. Apuntes sobre Factibilidad Económica. Centro Regional de Ayuda Técnica.
18. García E. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. Pp. 192-194.
19. González A.1990. Plan para la regeneración ecológica y el desarrollo regional de la cuenca hidrología de Xochimilco. Found Friedrich Ebert. Grupos de estudios ambientales. Pp. 91-94.
20. González E; Arana F; y Méndez T; 1997. Estudio preliminar sobre la concentración de metales pesados en charal, acocil y ajolote, principales especies endémicas comestibles en la zona lacustre Xochimilco. En: Segundo Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. Tomo II. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco. México pp. 335-341.
21. González M. 2003. Evaluación espacial del deterioro ambiental en la delegación de Xochimilco. En Seminario Internacional de investigadores de Xochimilco UAM-Xochimilco.
22. Granados O.T. 2005. Selección y propuesta de un sistema de tratamiento que permita obtener, a partir del agua de los canales de la zona chinampera, agua con calidad para riego de hortalizas. Tesis profesional en Ingeniería Química Facultad de Química. UNAM. México. Pp.36,39,44
23. Hernández G J. 1999. Implementación de un sistema de control. Tesis de licenciatura carrera Ingeniería Química. UNAM Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
24. Huitrón R. 1995. La agricultura orgánica una alternativa Tesis profesional Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.

25. INEGI 1991. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, por Delegaciones del Distrito Federal VII Censo Agrícola Ganadero.
26. INEGI 2003. ABC de los indicadores de la productividad México D.F.
27. INEGI 2004. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Dirección general de coordinación de los sistemas nacionales, estadístico y de información geográfica.
28. INEGI 2004. Cuaderno De información oportuna regional. No 79. Primer trimestre.
29. INEGI 2004. Mapa Geológico de Xochimilco.
30. James A. 1986 Report on sanitari aspects of water quality in Xochimilco. SARH. FAO. Dirección General de Asuntos Internacionales
31. Jauregui E. 1987. Climas. En: Atlas de la Ciudad de México. COLMEX, DDF y Plaza y Valdés Editores (PVE). México.
32. Jiménez L.1995. Derechos Humanos y seguridad económica y ecológica: estrategias para un desarrollo sostenible en el siglo XXI.Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias. UNAM.
33. Jiménez T. 1999. "Construcción y Arranque de una planta de tratamiento de aguas residuales tipo humedal artificial de flujo horizontal. Tesis profesional en Ingeniería Química. Facultad de química. UNAM. México. Pp. 170-173.
34. Jiménez y Ortiz, R. Arco, R y Cabrera, G. 1997. Evaluación química preliminar en los suelos chinamperos de Xochimilco y su posible repercusión en la contaminación de las hortalizas de la zona. En: Segundo Seminario Internacional de Investigadores de Xochimilco. Tomo I. Asociación Internacional de Investigadores de Xochimilco. México pp.176-185.

35. Legorreta J. 2005. Xochimilco, ante la última oportunidad para rescatarlo, La Jornada sección especial. Domingo 12 junio 2005. p 2A, 3A.
36. López R G.F. 1988. Sistema agrícola de chinampas, perspectiva agroecológica. Universidad Autónoma Chapingo. México.
37. Luna Pabello y Miranda R.M. 2001. Desarrollo, situación actual y aplicaciones potenciales de los humedales artificiales de flujo horizontal en México. Tesis profesional en Ingeniería Química. Facultad de Química. UNAM. México.
38. Llanos R S 2005. Enfermedad y muerte en los canales de Xochimilco. La Jornada sección La capital. Miércoles 25 de Mayo 2005. p. 40 y 48
39. Llanos R S. 2005 Xochimilco, imposibilitada para revertir daños en canales. La Jornada sección La capital. Jueves 26 de Mayo 2005. p. 43
40. Martínez G.A.M. 1999. Metodología para la preparación de propuestas técnicas. Tesis de Maestría en Ingeniería de Proyectos. Facultad de Química. UNAM. México.
41. Mirravete B.G.A. 1996. Atención a Unidades de Riego y Elaboración de Perfiles de Proyectos Productivos Agropecuarios. Informe final de Servicio Social. UAM- Xochimilco.
42. Moreno 1997. Concentración de metales pesados en tres de las especies de carpa (*Carassius auratus*, *Cyprinus carpio* variedad *rubrofuscus* y *Ctenopharingodon idella*) de la zona lacustre de Xochimilco. Servicio social. Bióloga. UNAM-X. México.
43. Norma Ambiental para el Distrito Federal. NADF-002-RNAT-2002. Que establece las condiciones para la agricultura ecológica en el suelo de conservación del Distrito Federal.

44. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 Que Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
45. Olivares, J. 2005. Sello Verde, plan único en el país para apoyar la agricultura orgánica. La Jornada sección Gastronomía. Jueves 29 septiembre 2005. p. 10A y 11A.
46. Philips J.1989. Fluvial sediment storage in wetlands. Water Res. Bull., 25(4):867-873.
47. Quipuzco L. 2002. Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con *Phragmite australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Universidad Nacional Agraria La Molina.
48. Ramírez C.H.F. 1998. Desarrollo de la ingeniería básica del diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales a base de un humedal artificial de flujo horizontal. Tesis profesional en Ingeniería Química Facultad de Estudios Superiores de Zaragoza. UNAM. México. Pp. 32-62.
49. Salas I. 1995. Desarrollo de Estrategias y alternativas de Financiamiento Proyectos agrícolas en el Sur del D.F. Informe de Servicio Social. UAM- Xochimilco.
50. Sandoval CJ. 2003. Calidad Microbiológica y Fisicoquímica del agua de los canales de Xochimilco D.F. Tesis profesional en Biología Facultad de Ciencias UNAM. México. Pp. 22-28.
51. Segura N. 2003. Valor Presente Neto, una técnica de presupuesto. Tesis profesional Actuaría Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán. UNAM. México
52. Tanner C y Sukias P. 1995. Accumulation of organic solids in gravel-beed constructed wetlands. Water Sci. Technol., 32(3): 229-239
53. Villanueva P. 1991. La Chinampería de Xochimilco. Tesis de Maestría en Etnología. Escuela Nacional de Antropología e Historia.

ANEXO

ANEXOS A.-PRESUPUESTO DE EQUIPO Y MATERIALES. IVA INCLUIDO.

Artículo	Características	Proveedor 1 Precio unitario	Proveedor 2 Precio unitario	Proveedor 3 Precio unitario	Presupuesto de Proveedor 2 ELEGIDO
Tubería PVC	Diámetro: 2 in Longitud: 14m	\$20.50	\$22.77	\$25.10	\$ 318.78
Tubería PVC	Diámetro. 1.5 in Longitud: 3.50m	\$15.26	\$ 15.26	\$18.15	\$ 61.04
Tubería PVC	Diámetro: 4in Longitud: 4.80 m	\$82.60	\$82.60	\$85.40	\$413.00
Codos PVC	No piezas:2 Diámetro:2in 90°	\$31.10	\$27.50	\$30.20	\$55.00
Codos PVC	No piezas: 2 Diámetro 1.5 in 90°	\$19.10	\$15.75	\$18.40	\$31.50
Tes	No piezas:2 Diámetro : 2in	\$32.00	\$31.65	\$34.15	\$63.25
Cruces	No de piezas: 1 Diámetro 2 in	\$50.20	\$49.39	\$52.87	\$49.40
Reducción	No piezas: 1 Diámetro: 2in a 1.5in	\$14.50	\$13.97	\$16.40	\$14.00
Válvulas	No piezas:2 Diámetro 2in	\$300.20	\$305.38	\$330.38	\$611.00
Válvulas	No piezas:1 Diámetro: 1.5 in	\$240.50	\$237.50	\$270.44	\$237.50
Estructura metálica base de Tanque de alimentación	No piezas: 1 Forma: Pirámide truncada. Cuatro lados Viga de 3/16 de grueso Altura : 3m Base superior: 4m ² Lados: 2m x 2m	\$3,500.00	\$3,500.00	\$3700.00	\$3,500.00
Tanque de alimentación	No piezas :1 Capacidad: 2500 litros Diámetro: 1.55 m Altura:160m	\$4,947.00	\$5000.00	\$5500.00	\$5000.00
Base del Humedal artificial	No piezas.1 Capacidad:5000 litros Largo:3.60m Ancho:1.39m Altura: 1.40m	16,600.00	\$16,560.0	\$16,900.00	\$16,560.00
Tanque de almacenamiento	No piezas:1 Capacidad:2500litros Diámetro:1.55m Altura:1.60m	\$4,947.00	\$5,000.00	\$5,500.00	\$5000.00
Material para el lecho	Tezontle de 2.5cm diámetro prom Dolomita. 0.5 cm diámetro prom.	\$3,500.00	\$3,500.00	\$3,500.00	\$3500.00
Plantas	Tule: 6 plantas Carrizo: 6 plantas	\$35.00	\$30.00	\$30.00	\$360.00
Flotador	Cantidad 1	\$65.49	\$65.00	\$67.40	\$65.00
Total Con tezontle					\$32,340.65 \$35,840.00

B.-BALANCE GLOBAL DEL AGUA

$$dV/dt = (F_{vi} + P) - (F_{ve} + ET + I)$$

Donde :

dV/dt = volumen de acumulación en el sistema.

F_{vi} = flujo volumétrico anual que entra al sistema. (m^3 / año)

P = volumen de precipitación anual (m^3 / año)

F_{ve} = flujo volumétrico anual que sale del sistema, (m^3 / año)

ET = volumen de evotranspiración, ($m^3/año$)

I = volumen de infiltración, ($m^3/año$)

$$dV/dt = 0$$

Precipitación pluvial = $3.45 m^3/año$ (P)

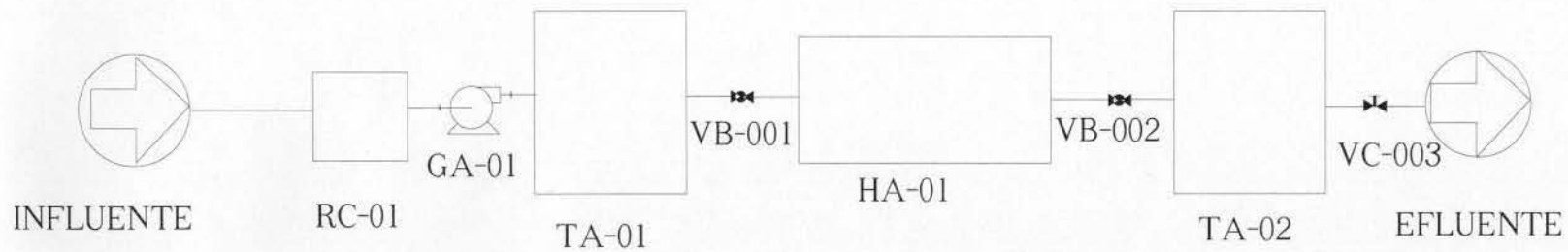
Flujo volumétrico anual que entra al sistema = $240 m^3/año$ (F_{vi})

Volumen de Evotranspiración = $3.65 m^3/año$ (ET)

Volumen de infiltración = $0 (m^3/año)$ (I)

Para los anteriores datos el volumen anual de agua tratada es de:

$$F_{ve} = 239.8 m^3/año$$



LISTA DE EQUIPO

CLAVE	CARACTERISTICA	NOMBRE
RC-01	MEDIO CILINDRO DE 50 CM DE DIAMETRO	REJILLA DE CRIBADO
GA-01	1 HP MARCA KOEHLER	BOMBA DE ALIMENTACION
TA-01	V=2500L	TANQUE DE ALIMENTACION
VB-001	D= 2 in	VALVULA DE BOLA
HA-01	L=3.68 m A=1.39 m H=1.40 m	HUMEDAL ARTIFICIAL
VB-001	D= 2 in	VALVULA DE BOLA
TA-02	V=2500 L	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
VC-003	D= 2 in	VALVULA DE COMPUERTA



HUMEDAL ARTIFICIAL
FLUJO SUBSUPERFICIAL
XOCHIMILCO

ESQUEMA DE
FLUJO DEL
PROCESO

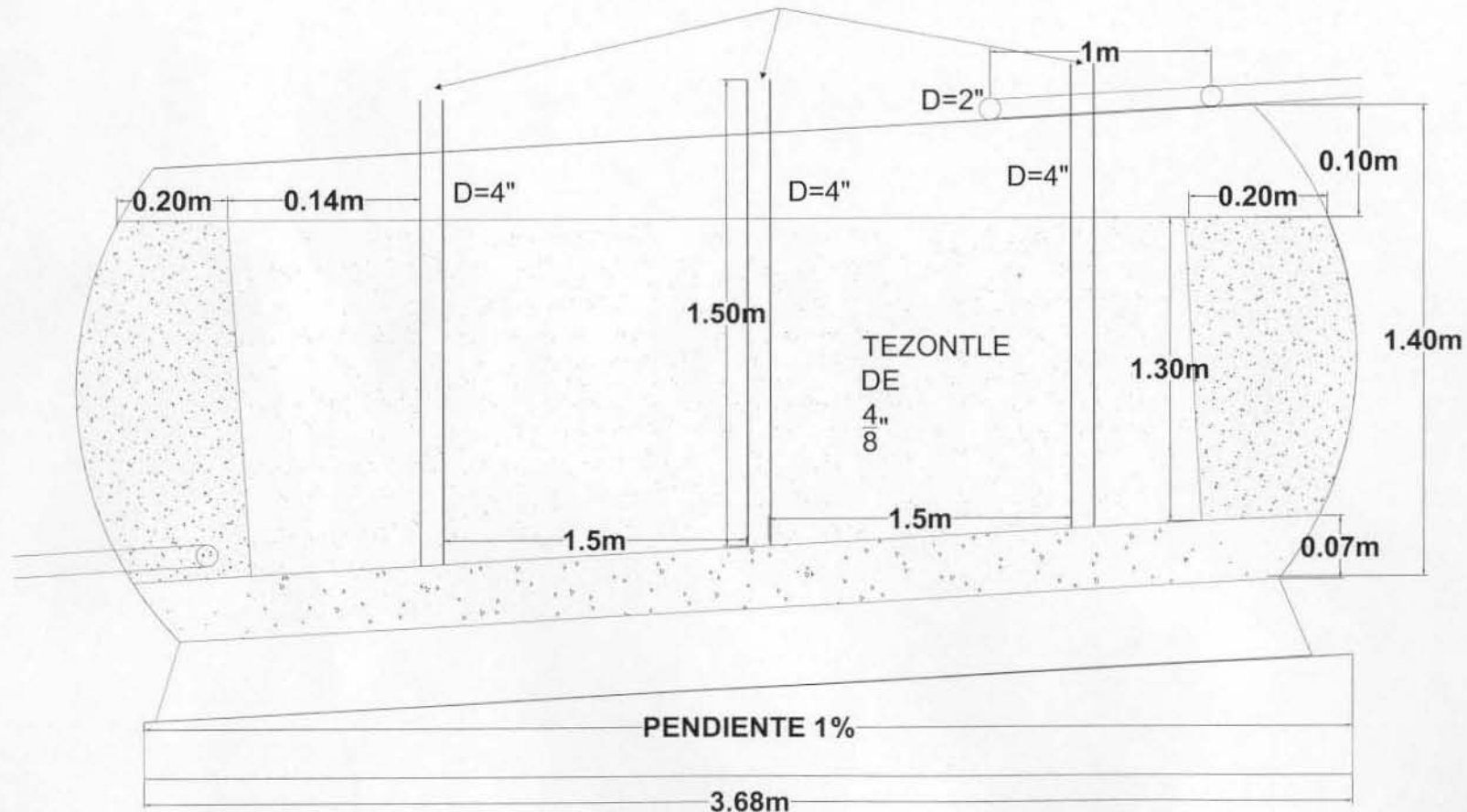
DIBUJO: ANA ALICIA ROMERO AZUELA

Pag 47	ESC S/E	DIB No. 1	FECHA MARZO 2006
--------	------------	--------------	---------------------

EFLUENTE

INFLUENTE

DISPOSITIVOS DE MUESTREO

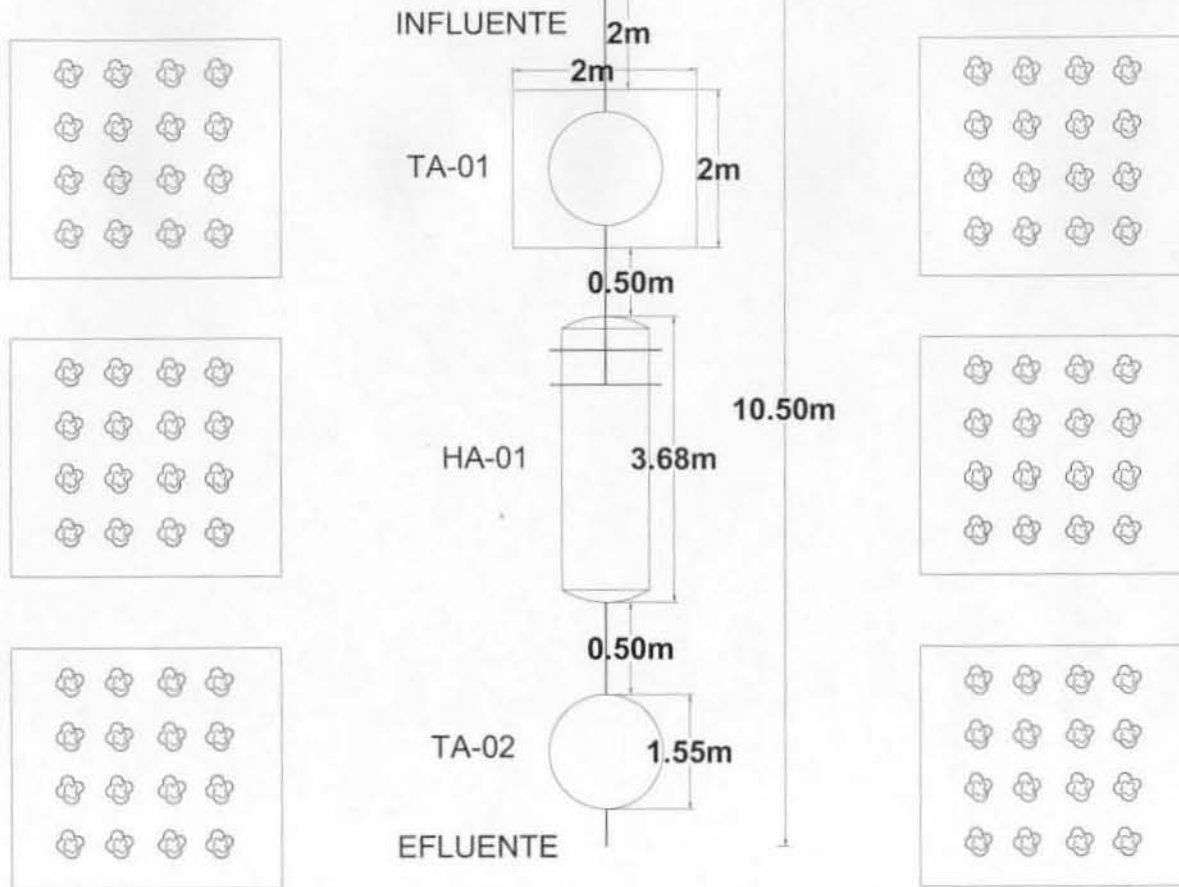


HUMEDAL
ARTIFICIAL DE
FLUJO
SUBSUPERFICIAL

VISTA LATERAL

DIBUJO: ANA ALICIA ROMERO AZUELA

REV	ESC	DIB No.	FECHA
	S/E	2	Marzo 2006



HUMEDAL ARTIFICIAL
FLUJO SUBSUPERFICIAL
XOCHIMILCO

DIAGRAMA
GENERAL DEL
SISTEMA

DIBUJO: ANA ALICIA ROMERO AZUELA

REV	ESC	DIB No.	FECHA
	S/E	3	Marzo 2006

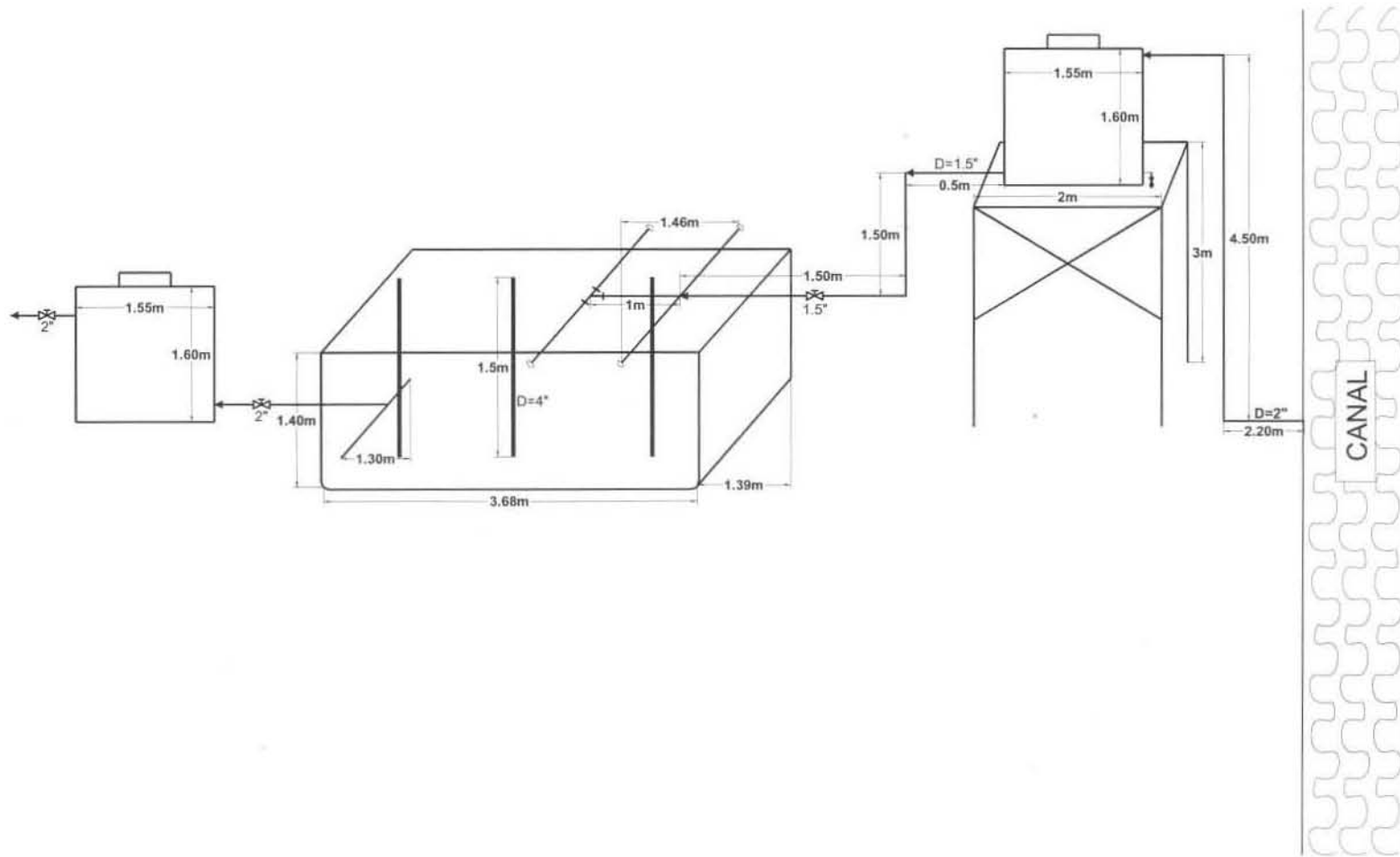


DIAGRAMA DE TUBERÍA
 HUMEDAL ARTIFICIAL
 XOCHIMILCO

DIBUJO: ANA ALICIA ROMERO AZUELA

REV	ESC	DIB No.	FECHA
	S/E	4	Marzo 2008