



Análisis del estado de conservación ecológica del sistema lacustre chinampero de la superficie reconocida por la UNESCO como Sitio Patrimonio de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta

Informe final



Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Eduardo Bárzana García
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Dr. Francisco José Trigo Tavera
Secretario de Desarrollo Institucional

Enrique Balp Díaz
Secretario de Servicios a la Comunidad

Lic. Luis Raúl González Pérez
Abogado General

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Dra. Estela Morales Campos
Coordinadora de Humanidades

Dra. María Teresa Uriarte Castañeda
Coordinadora de Difusión Cultural

Mtro. Juan Manuel Romero Ortega
Coordinador de Innovación y Desarrollo

Renato Dávalos López
Director General de Comunicación Social

Mireya Imaz Gispert
Coordinación general

Luis Zambrano González
Calidad del agua y variables bióticas
Productividad

Armando Tovar Garza
Carlos Sumano Arias
Cristina Ayala Azcárraga
Maya Rubio Lozano
Miguel Antonio Trejo Castillo

Juan Ansberto Cruz Gerón
Análisis hidrodinámico

Alejandra Morales Zamacona
Ángel Bautista Tadeo
Arturo Méndez Leyva
Carmen Martínez Aguirre
Edtna Santiago Ortega
Eliud De La Rosa Camacho
Luis Alberto García Mendieta
Luis Omar García Sánchez
Maycú Pichardo Barreiro
Paola González Ordaz
Valia Wright Sánchez

Adriana Martínez
Crecimiento urbano

Luis Gutiérrez
Linda Ruth Pérez
Oscar Cortés Olvera

Luis Gutiérrez
Integración

Miguel Villegas
Audrey Nagant

Contenido

Introducción	5
Objetivos	7
Análisis hidrodinámico	8
Aforo de caudales de entrada de agua en estiaje	8
Estimación de pérdidas por evaporación y evapotranspiración	13
Balance hidrológico en estiaje en las condiciones urbanas actuales	16
Identificación de estructuras hidráulicas y descripción de su función.....	18
Sectorización de zonas lacustres en función de su infraestructura hidráulica y usos.....	19
Modelo hidrodinámico general para estimar tiempo de residencia del agua	21
Diagnóstico general del sistema lacustre en época de estiaje	24
Calidad del agua y variables bióticas	26
Variables fisicoquímicas en Xochimilco.....	28
Nutrientes y variables bióticas en Xochimilco.....	41
Variables fisicoquímicas en Tláhuac.....	50
Nutrientes y variables bióticas en Tláhuac.....	63
Diagnóstico de las variables bióticas y abióticas del sistema lacustre	68
Productividad	70
Entrevistas para recolección de información	70
Problemática asociada a la producción agrícola	74
Producción predominante en Xochimilco, por zonas	74
Producción predominante en Tláhuac, por zonas.....	79
Situación general de la productividad en la zona de estudio.....	80
Crecimiento urbano	81
Asentamientos humanos en la zona de estudio	82
Crecimiento urbano regular	83
Crecimiento urbano irregular.....	84
Aspectos demográficos	85
Dinámica de crecimiento urbano	85
Recomendaciones	87
Análisis hidrodinámico	87
Calidad del agua y variables bióticas.....	88
Productividad	91



Crecimiento urbano..... 93

Índice de figuras

Figura 1. Infraestructura de agua tratada en Xochimilco y Tláhuac. 9

Figura 2. Diagrama de distribución de ART de la PTAR Cerro de la Estrella. 11

Figura 3. Mapa de suministro de ART a la zona de estudio..... 12

Figura 4. Evaporación media mensual de la zona de estudio..... 13

Figura 5. Clasificación de canales para la cuantificación de sus longitudes y superficies, así como de cuerpos de agua. 14

Figura 6. Comparación del sistema lacustre original y el actual..... 15

Figura 7. Red de drenaje de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac. 16

Figura 8. Zonas que aportan sus aguas residuales directamente a la zona de estudio..... 17

Figura 9. Balance hidrológico global de la zona de estudio en condiciones de estiaje. Elaboración propia. 18

Figura 10. Ubicación de estructuras hidráulicas levantadas en sitio, sobre hipsometría. 19

Figura 11. Sectorización del sistema lacustre en polígonos sólidos. 20

Figura 12. Sectorización del sistema lacustre en polígonos con hipsometría. 20

Figura 13. MDE de la zona a la cual se le realizó el análisis hidrodinámico. 22

Figura 14. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica. 23

Figura 15. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica sobre ortofoto. 23

Figura 16. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica sobre carta de INEGI escala 1:20,000. 24

Figura 17. Sitios de colecta de variables bióticas y monitoreo de calidad del agua. 26

Figura 18. Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco propuesta por Merlo, 2010..... 27

Figura 19. Humedales de Tláhuac. 28

Figura 20. Valores promedio de temperatura y pH de cada zona. 29

Figura 21. Valores promedio de conductividad, turbidez, sólidos disueltos y salinidad de las zonas. . 31

Figura 22. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la temperatura. 32

Figura 23. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al pH. 33

Figura 24. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la conductividad. 34

Figura 25. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la turbidez. 35

Figura 26. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a lo solidos disueltos totales. 36

Figura 27. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la salinidad. 37

Figura 28. Valores promedio del porcentaje de oxígeno y oxígeno disuelto de las zonas. 38

Figura 29. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al porcentaje de Oxígeno. 39

Figura 30. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al Oxígeno disuelto. 40

Figura 31. Valores promedio de los nutrientes registrados en las zonas. 42

Figura 32. Abundancia total de peces exóticos por canales y por zonas. 43

Figura 33. Abundancia total de peces de talla pequeña por canales y por zonas. 43

Figura 34. Abundancia total de zooplancton en cada zona..... 44

Figura 35. Abundancia total de peces por zonas..... 45

Figura 36. Abundancia total y número de familias presentes de insectos en cada zona. 45

Figura 37. Longitud total promedio de peces en cada zona..... 49

Figura 38. Peso promedio de peces en cada zona.	49
Figura 39. Cuerpos de agua colectados en el antiguo Lago de Chalco.....	50
Figura 40. Profundidad promedio y máxima de cada cuerpo de agua del Lago de Chalco.....	51
Figura 41. Valores promedio de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, transparencia y turbidez de los cuerpos de agua colectados, Humedales de Tláhuac.	54
Figura 42. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a la Salinidad.....	55
Figura 43. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Profundidad.	56
Figura 44. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Transparencia.	57
Figura 45. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Turbidez.	58
Figura 46. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Porcentaje de Oxígeno.	59
Figura 47. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a pH.	60
Figura 48. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a conductividad.	61
Figura 49. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a temperatura.	62
Figura 50. Valores promedio de nutrientes en los cuerpos de agua colectados, Humedal de Tláhuac.....	63
Figura 51. Abundancia promedio de zooplancton en cada zona, Humedales de Tláhuac.	63
Figura 52. Abundancia total y número de familias presente en cada cuerpo de agua colectado, Humedales de Tláhuac.	64
Figura 53. Axolotes colectados en los cuerpos de agua de Tláhuac-Milpa Alta.....	65
Figura 54. Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco propuesta por Merlo, 2010.	69
Figura 55. La imagen muestra en color verde los recorridos realizados en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac a partir de los cuales se generó la información para el diagnóstico de la línea de acción productividad.	73
Figura 56. La imagen muestra los puntos donde se realizaron entrevistas en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac a partir de las cuales se generó la información para el diagnóstico de la línea de acción productividad.	73
Figura 57. Zonificación de la superficie Zona Patrimonio perteneciente a la delegación Xochimilco de acuerdo a las diversas actividades productivas identificadas.	75
Figura 58. Zonificación de la superficie zona patrimonio perteneciente a la delegación Tláhuac según las diversas características productivas identificadas.	79
Figura 59. Zonificación primaria de uso de suelo dentro de la poligonal en las tres delegaciones.	81
Figura 60. Asentamientos humanos que conforman la estructura urbano-rural de la poligonal de estudio.	82
Figura 61. Asentamientos humanos regulares en la zona de estudio.....	83
Figura 62. Asentamientos irregulares en la zona de estudio.	84

Índice de tablas

Tabla 1. PTAR que tienen relación directa con el sistema Lacustre Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta, operadas por el SACMEX.....	8
Tabla 2. Caudales de entrada a la zona chinampera de Xochimilco.	10
Tabla 3. Caudales de entrada a la zona de Xochimilco, datos de SACMEX y caudales medidos.	11
Tabla 4. Resumen de longitudes y superficies de canales y cuerpos de agua en la zona de estudio. ...	14
Tabla 5. Datos de población y volúmenes de agua residual aportados al sistema lacustre.	17
Tabla 6. Características de los sectores en los que se divide la zona lacustre de estudio.	21
Tabla 7. Vegetación presente en cada canal de la zona A.	46
Tabla 8. Vegetación presente en cada canal de la zona B.....	46



Tabla 9. Vegetación presente en cada canal de la zona C.....	47
Tabla 10. Vegetación presente en cada canal de la zona D y F.....	48
Tabla 11. Datos morfométricos de los axolotes colectados en Xochimilco y los Humedales de Tláhuac.	66
Tabla 12. Información obtenida mediante las entrevistas de campo en los recorridos de caracterización, los datos de georreferencia de los puntos de entrevista corresponden al sistema de coordenadas geográficas WGS84.	71
Tabla 13. Algunas problemáticas identificadas asociadas a la producción agrícola.....	74
Tabla 14. Distribución de asentamientos humanos por Delegación.....	82
Tabla 15. Dinámica de crecimiento urbano por delegación 2000 -2012.....	86
Tabla 16. Acciones recomendadas para zonificación descrita en este documento a corto, mediano y largo plazo.	91

Introducción

La zona lacustre de Xochimilco y sus alrededores constituye una zona de captación fundamental para la recarga de los acuíferos de la Cuenca de México. Históricamente, la ciudad de México ha utilizado agua proveniente de dicha zona para abastecerse. Durante el siglo XX, se implementó un sistema de bombeo y canalizaciones de los manantiales superficiales permitiendo llevar el agua hasta la ciudad de México, provocando el desecamiento progresivo de los lagos y la red de canales. Actualmente, el paisaje lacustre de las delegaciones del sureste del Distrito Federal forma el único vestigio conservado de ocupación de suelo tradicional en las lagunas de la Cuenca de México antes de la conquista española.

En la zona de estudio aún pueden verse las chinampas, sistema agrícola implementado entre los siglos XV y XVII (UNESCO-México, 2007). El sistema, constituido de pequeñas islas construidas en las zonas de poca profundidad, es considerado como uno de los sistemas agrícolas más productivos y sustentables del mundo. Las chinampas proveen de sustento a las familias que comercian con los productos generados en ellas, y además hacen posible la generación de otros servicios: insumos agrícolas, transporte acuático y terrestre, servicios turísticos, etc.

La persistencia de la tradición y riqueza agrícola de la zona durante la Colonia, así como la capacidad artesanal de sus habitantes, fue factor fundamental para el aporte de alimentos y materiales de construcción para el centro de la ciudad. La importancia de la producción local permitió la permanencia de las festividades prehispánicas relacionadas con el ciclo agrícola. Las chinampas que existían en otros sectores del lago, como Iztapalapa, Iztacalco y Chalco desaparecieron en la segunda mitad del siglo XX por la presión urbana ante la necesidad de nuevas tierras, mientras que Xochimilco y Tláhuac se convirtieron en relictos del sistema.

Actualmente, el sistema de chinampas se encuentra amenazado por la introducción de nuevas técnicas agrícolas, la extracción excesiva de agua de los acuíferos de la zona, el abandono, la presión del desarrollo urbano y la contaminación. La zona de estudio enfrenta, una serie de problemáticas relacionadas con las presiones sociales y urbanas que se derivan de su relación con la Ciudad de México. En las últimas tres décadas, los procesos de urbanización y construcción irregular de viviendas se han acelerado, conformando uno de los problemas más preocupantes para la región. La urbanización, aunada a la mala calidad del aire y agua, así como la introducción de especies exóticas como carpas (*Cyprinus carpio*) y tilapias (*Tilapia nilotica*), han llevado a Xochimilco a un punto crítico que se ve reflejado en la dramática reducción de una de las especies más emblemáticas y tradicionales de la zona: el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), que se encuentra en peligro de extinción desde 2010 (NOM-059-SEMARNAT-2010).



A pesar de los cambios en las condiciones geológicas (edáficas y de los acuíferos), de las modificaciones en la planeación territorial, del abandono y la contaminación, la zona ha mantenido sus valores culturales mientras se adapta a las diferentes etapas del desarrollo de la región, sobreviviendo hasta nuestros días.

Con la intención de contribuir a la conservación del entorno lacustre, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) proclamó en 1987, las chinampas de Xochimilco como patrimonio de la Humanidad intentando asegurar la permanencia de sus valores patrimoniales excepcionales. No obstante, de acuerdo con el Comité del Patrimonio Mundial de la UNESCO, el estado de amenaza del bien, desde el punto de vista de la conservación, se ha incrementado en los últimos años pasando de un índice de amenaza mínima de 0 entre 1987 y 2002, a uno de 60% en el 2011 (UNESCO, 2011).

A pesar de que se ha producido abundante bibliografía sobre la zona de estudio, debido a su obvia relevancia ecológica y cultural, no se cuenta hasta el día de hoy con un sistema de indicadores que permita monitorizar este sistema socioambiental con una perspectiva integral y de largo plazo, evaluar el impacto de las acciones del gobierno o de otros agentes sociales o económicos en el territorio, y por ende, no se cuenta con información que permita la construcción de nuevos acuerdos para ocupar y gestionar el territorio de forma sustentable.

El presente estudio aborda cuatro aspectos que son de la mayor relevancia para la Autoridad de la Zona Patrimonio Mundial Natural y Cultural de la Humanidad en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta de la Ciudad de México (AZP), como base para delinear líneas estratégicas y acciones iniciales que reorienten el curso del desarrollo actual de la zona de estudio hacia su conservación: análisis hidrodinámico, calidad del agua y variables bióticas, productividad y crecimiento urbano.

El tiempo y los recursos disponibles para la realización de este estudio permitieron establecer una base importante de conocimiento sobre estos aspectos, sobre la cual deberá profundizarse e integrar nuevas dimensiones de análisis. Asimismo, se definió una zonificación básica asociada a estrategias de trabajo que permitirán implementar acciones en el corto plazo y orientar la construcción de políticas públicas y nuevos acuerdos.

En el mediano plazo, lo deseable es construir una herramienta que permita reorientar las políticas y programas que actualmente operan en el territorio a través de diversas entidades del Gobierno del Distrito Federal y de los gobiernos delegacionales, articuladamente, y con objetivos comunes en materia de: protección ecológica y conservación, restauración, desarrollo social y económico, difusión de la cultura, e investigación y monitoreo.



Objetivos

- Analizar el estado de conservación ecológica del sistema lacustre del Sitio declarado por la Unesco como Patrimonio cultural y natural de la humanidad, en Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta.
- Integrar las propuestas para su conservación, protección y restauración, enfocándose en cuatro ejes:
 - a) análisis hidrodinámico,
 - b) calidad del agua y variables bióticas,
 - c) productividad, y
 - d) crecimiento urbano.



Análisis hidrodinámico

El agua, por tratarse del principal factor limitante para la conservación de la zona lacustre, se estudió desde dos puntos de vista: por un lado, se identificó su hidrodinámica en época de estiaje, se realizó un aforo de los caudales de entrada de agua en época de estiaje, se calcularon las pérdidas debidas a evaporación y evapotranspiración, las estructuras hidráulicas actuales, se realizó un modelo hidrodinámico general para estimar tiempos de residencia del agua y, en general, en este capítulo se presenta el diagnóstico de la hidrodinámica del sistema lacustre.

Por otra parte, se trataron aspectos de la calidad del agua en el sistema y su relación con la biodiversidad, lo cual se abordará en el capítulo siguiente.

Aforo de caudales de entrada de agua en estiaje

El agua residual tratada (ART) constituye la principal fuente de abastecimiento de agua del sistema en época de estiaje. De acuerdo con información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) presentada en un informe denominado “Infraestructura de agua tratada en Xochimilco y Tláhuac”, en el mes de abril de 2014, existen 24 plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) en el Distrito Federal, de las cuales siete tienen una relación directa con Xochimilco y Tláhuac.

Los datos de proceso de tratamiento, gasto de diseño y operación de estas PTAR se presentan en la Tabla 1, así como el año de su construcción.

Tabla 1. PTAR que tienen relación directa con el sistema Lacustre Xochimilco-Tláhuac-Milpa Alta, operadas por el SACMEX.

PLANTA DE TRATAMIENTO	PROCESO	GASTO DE DISEÑO (lps)	GASTO DE OPERACIÓN (lps)	DELEGACIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
CERRO DE LA ESTRELLA, DELEG IZTAPALAPA	TERCIARIO CON FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN	4000	2200	IZTAPALAPA	1971
EL LLANO, DELEG. TLÁHUAC	TERCIARIO CON FILTRACION Y DESINFECCION CON RAYOS ULTRAVIOLETA	250	130	TLAHUAC	2000
LA LUPITA, DELEG. TLÁHUAC	SECUNDARIO	15	14	TLAHUAC	1994
SAN ANDRES MIXQUIC, DELEG. TLÁHUAC	PRIMARIO AVANZADO CON DESINFECCIÓN	30	25	TLAHUAC	1997

PLANTA DE TRATAMIENTO	PROCESO	GASTO DE DISEÑO (lps)	GASTO DE OPERACIÓN (lps)	DELEGACIÓN	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
SAN LORENZO, DELEG. TLÁHUAC	TERCIARIO CON FILTRACION Y DESINFECCION	225	75	TLAHUAC	1998
SAN LUIS TLAXIALTEMALCO, DELEG. XOCHIMILCO	TERCIARIO CON FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN	150	65	XOCHIMILCO	1989
SAN NICOLAS TETELCO, DELEG. MILPA ALTA	SECUNDARIO	15	10	TLAHUAC	1993

Fuente: SACMEX

En la Figura 1 se presenta la infraestructura de agua residual de las Delegaciones Xochimilco y Tláhuac, en ésta figura se presentan seis de las siete PTAR que interactúan con la zona de estudio, indicando su gasto de diseño. También se indica el trazo de las tuberías de distribución. Dos grandes ramales distribuyen el agua en Xochimilco y otro conduce el agua hacia la zona de Tláhuac. En su recorrido se observan cuatro plantas de rebombeo que tienen la finalidad de elevar el agua para seguirla conduciendo hacia su destino.

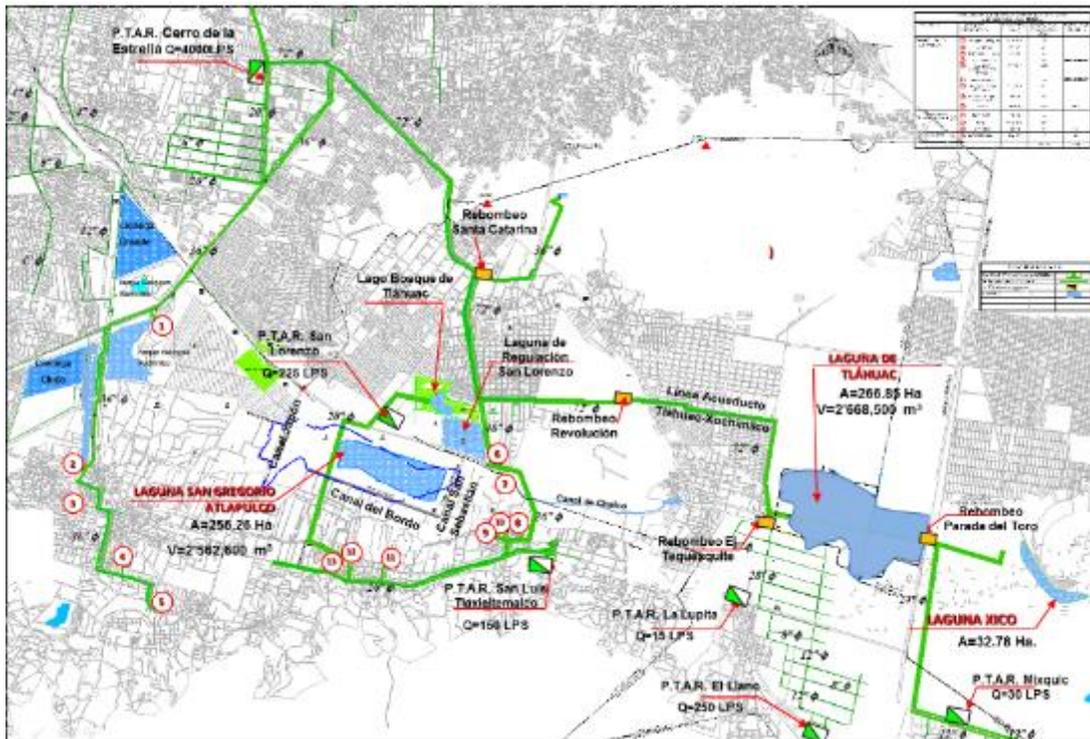


Figura 1. Infraestructura de agua tratada en Xochimilco y Tláhuac.

Fuente: SACMEX



En la figura anterior se indican los sitios de suministro de agua residual tratada (ART) a la zona, en la cual se destacan 13 sitios en Xochimilco, indicados en una circunferencia. De acuerdo con la información presentada en la Tabla 2, nueve son abastecidos por la PTAR Cerro de la Estrella, tres por la PTAR San Luis Tlaxialtemalco y una por la PTAR San Lorenzo. La suma de los caudales presentados en la Tabla 2 es de 875 l/s.

Tabla 2. Caudales de entrada a la zona chinampera de Xochimilco.

Nº	SITIO DE SUMINISTRO	DIÁMETRO	GASTO (l/s)	FUENTE
1	PARQUE ECOLÓGICO	30 (12")	150	PTAR Cerro de la Estrella
2	LA DRAGA	15 (6")	50	PTAR Cerro de la Estrella
3	FERNANDO CELADA	15 (6")	60	PTAR Cerro de la Estrella
4	LOS GALEANA		0	PTAR Cerro de la Estrella
5	CANAL 27 (EMBARCADEROS ZACAPA)	91 (32")	300	PTAR Cerro de la Estrella
6	CANAL CALTONGO		0	PTAR Cerro de la Estrella
7	CANAL CALTONGO (EXCLUSA)	30 (12")	180	PTAR Cerro de la Estrella
8	CANAL CALTONGO (MERCADO)	10 (4")	20	PTAR Cerro de la Estrella
9	FLORICULTOR	61 (24")	30	PTAR Cerro de la Estrella
10	MEXICO 70	10 (4")	5	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
11	ATENCO	30 (12")	30	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
12	LA FABRICA	10 (4")	10	PTAR San Luis Tlaxialtemalco
13	MOCTEZUMA	30 (12")	40	PTAR San Lorenzo
TOTAL			875	

Fuente: SACMEX

En la Figura 2 se presenta un esquema en el cual se indica la distribución de los gastos de suministro de ART tanto a Xochimilco como a Tláhuac provenientes de la PTAR Cerro de la Estrella, en este esquema se notan algunas diferencias de valores y lugares de descarga en la zona de Xochimilco con respecto a la Tabla 2, en adelante se utilizarán como referencia los datos de la Tabla 2.

En la misma Figura 2, se presentan los suministros a la zona de Tláhuac, lo cual incluye descargas directas y rebombes que envían el agua a otros puntos dentro de la zona.

Estimación de pérdidas por evaporación y evapotranspiración

La evaporación potencial de la zona de estudio, se revisó a partir de una serie de poco más de 60 años, correspondientes a la Estación Climatológica de Moyoguarda (Xochimilco), con clave 09034. Esta estación registró una evaporación media mensual como se muestra en la Figura 4, en donde el total de la evaporación media anual es de 1,489.3 mm, que para el año más representativo de dicho valor (año 1967) registró una evaporación promedio diaria de 4.05 mm y un valor de evaporación diaria máxima de 11.9 mm y mínima de 0.5 mm. Los datos fueron analizados a partir de la base de datos Extractor Rápido de Información Climatológica versión 3 (ERIC 3). En el Anexo 2 se presentan los datos de evaporación diaria para la zona de estudio.

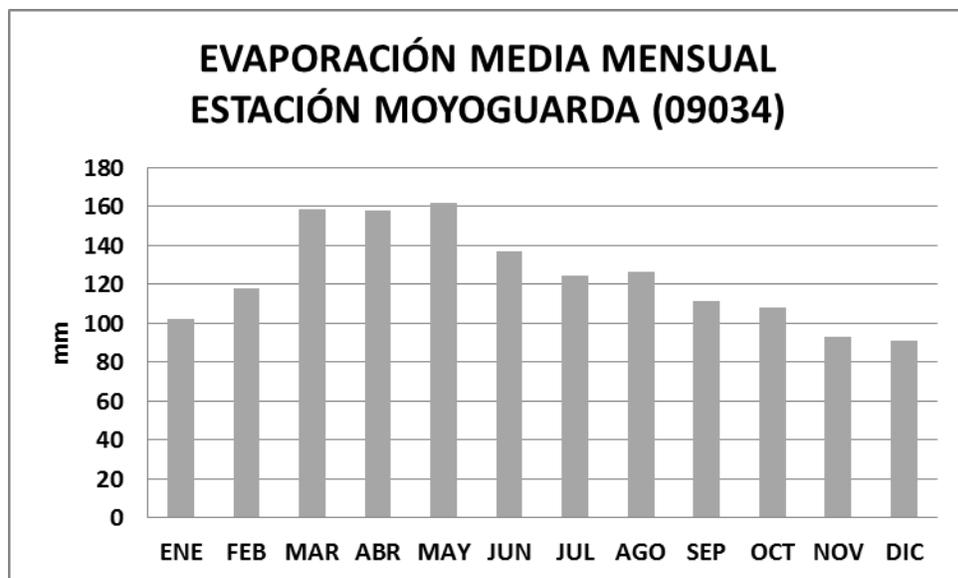


Figura 4. Evaporación media mensual de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia con datos de ERIC3.

La evaporación real en cuerpos de agua mayores a 1.20 m de profundidad se estima en cerca del 50% de la evaporación potencial. La evapotranspiración se puede estimar mediante los métodos de Blanney-Criddle y Thornthwaite, sin embargo dichas metodologías no aplican para vegetación al interior de cuerpos de agua.

Para estimar las pérdidas de agua expuesta en la superficie libre del agua de los canales y cuerpos de agua, se elaboró una cuantificación de los mismos, en condiciones medias de espejo de agua. En una imagen aérea de gran resolución se clasificó los canales en tres anchos tipo: a) grandes, mayores a 15 m de ancho; b) medios, anchos entre 5 m y 15 m; y c) chicos, menores a 5 m de ancho. En la Figura 5 se presenta gráficamente la clasificación de los canales



y cuerpos de agua de la zona de estudio, mismo que puede consultarse con detalle en el Anexo 8.

En la Tabla 4 se presenta el resumen de la cuantificación de los canales y cuerpos de agua, en donde se presentan los valores de longitud y superficie. El valor total de la superficie en las condiciones medias es de 6,792,862 m².

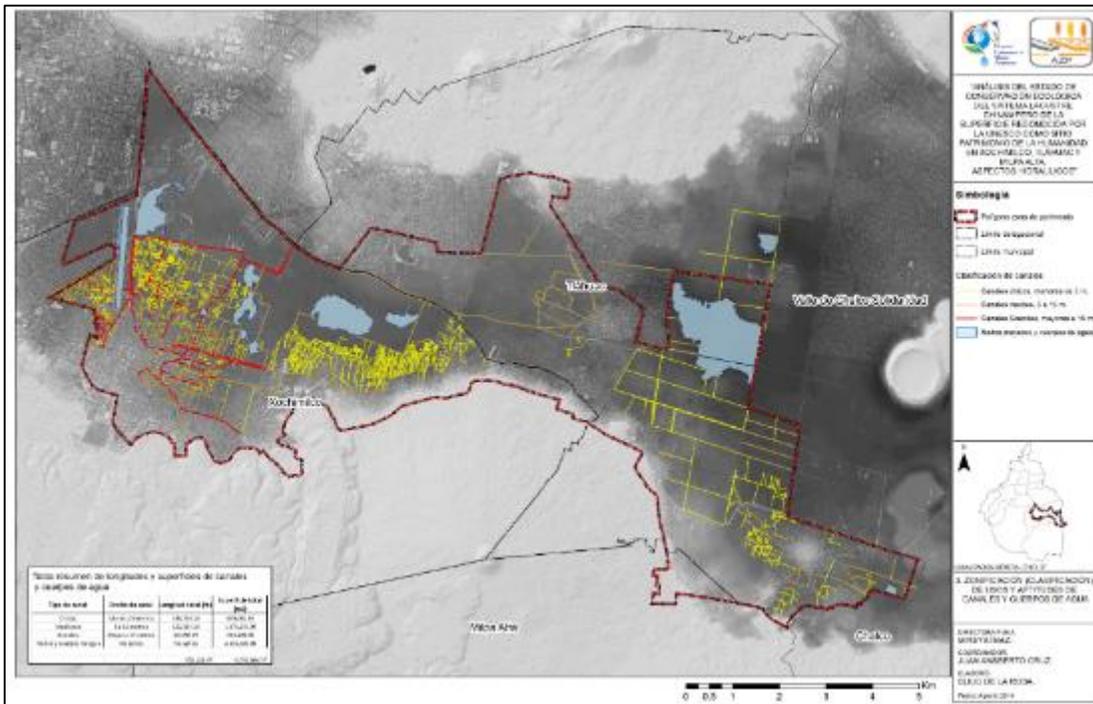


Figura 5. Clasificación de canales para la cuantificación de sus longitudes y superficies, así como de cuerpos de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Resumen de longitudes y superficies de canales y cuerpos de agua en la zona de estudio.

TIPO	ANCHO	LONGITUD (m)	SUPERFICIE (m ²)
GRANDE	< 15 m	193,723	678,031
MEDIO	15 m a 5 m	132,107	1,179,591
CHICO	< 5 m	26,292	616,220
NODOS Y CUERPOS DE AGUA	N/A	N/A	4,644,794
		Suma	7,118,636

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que la superficie total, en condiciones medias, es de 7,118,636 m², y que la evaporación media anual de los cuerpos de agua de Xochimilco, corresponde a cerca del 50% de la evaporación potencial, debido a que la mayor parte de dichos cuerpos de agua cuenta



Balance hidrológico en estiaje en las condiciones urbanas actuales

Una vez cuantificados los canales y cuerpos de agua, los ingresos de agua residual tratada y las salidas por evaporación de los mismos, se deberán incorporar los datos estimados de aguas residuales urbanas, que forman parte del sistema hidrológico de la zona de estudio. En la Figura 7 se presenta la red de drenaje urbano, en donde se enfatizan las zonas en las que no se cuenta con red de drenaje, lo que se asume como zonas de descarga directa de drenaje hacia la zona lacustre.

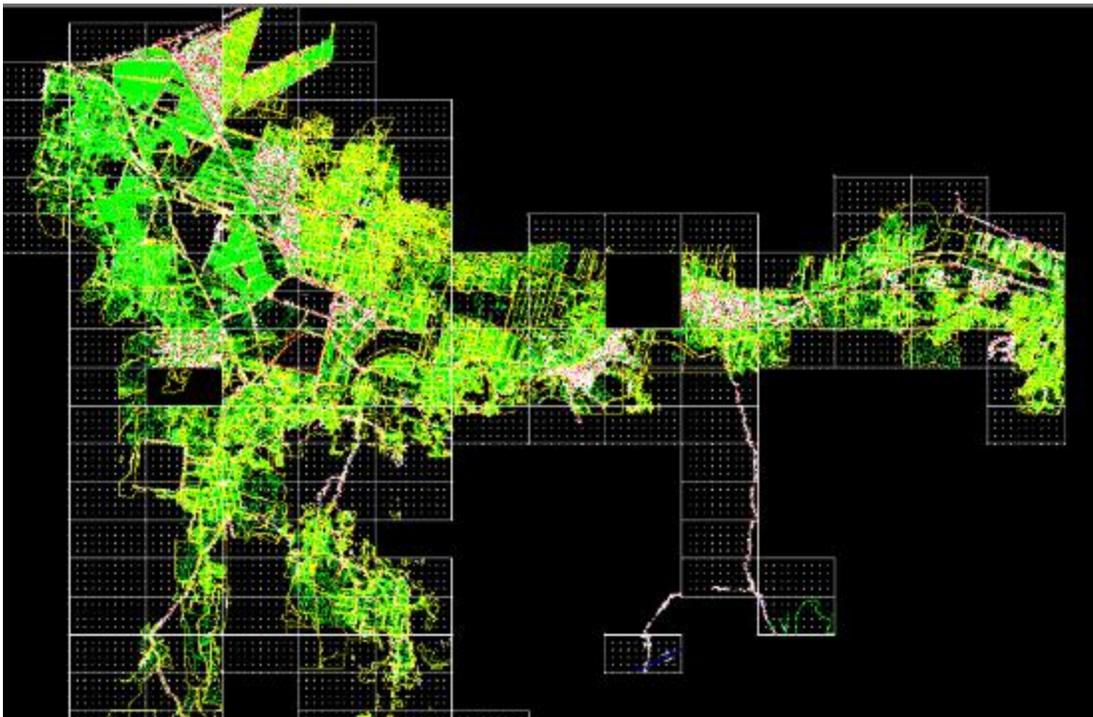


Figura 7. Red de drenaje de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac.

Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX.

En la Figura 8 se presenta la zonificación de las zonas no conectadas a la red de drenaje en color rojo, en naranja las zonas con red de drenaje que descargan a los cuerpos de agua de la zona lacustre y en verde las zonas con red de drenaje que envían sus aguas al sistema de drenaje del Valle de México, a las cuales se les estimó la población correspondiente mediante datos de las AGEB's de INEGI, misma que se presenta en la Tabla 5.

Considerando una dotación de agua baja, relativa a zonas urbano-rurales, de 90 litro por habitante al día, y un coeficiente de descarga de 0.8, se tiene como resultado que diariamente se aporta un volumen de 19,799 m³ de agua residual cruda.

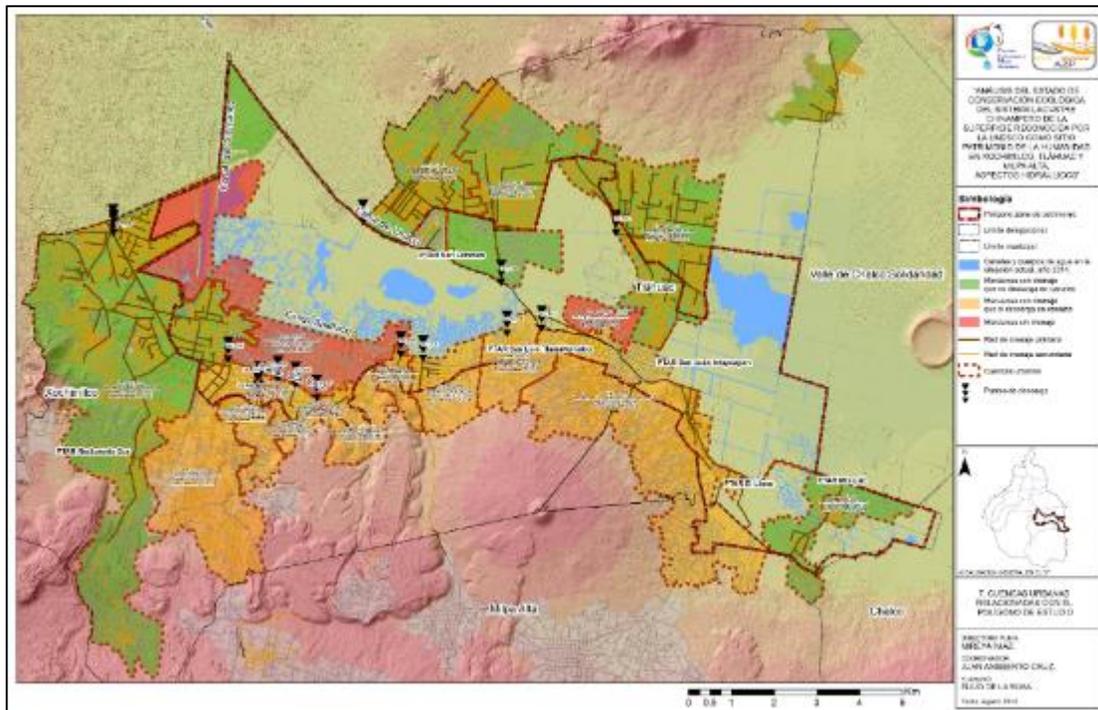


Figura 8. Zonas que aportan sus aguas residuales directamente a la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia con información de SACMEX e INEGI.

Tabla 5. Datos de población y volúmenes de agua residual aportados al sistema lacustre.

NUM	DESCARGA	POBLACIÓN	DOT (l/hab/día)	VOL (m³)	ZONA
1	LOCAL ZONA LACUSTRE	34043	90	2,451.096	ROJA
2	CANAL SANTA CRUZ	44625	90	3213	NARANJA
3	CANAL SANTA CRUZ	18610	90	1,339.92	NARANJA
4	CANAL SANTA CRUZ	2109	90	151.848	NARANJA
5	CANAL SANTA CRUZ	916	90	65.952	NARANJA
6	CANAL SANTA CRUZ	11717	90	843.624	NARANJA
7	CANAL SANTA CRUZ	14903	90	1,073.016	NARANJA
8	CANAL APATLACO	9501	90	684.072	NARANJA
9	CANAL APATLACO	15907	90	1,145.304	NARANJA
10	CANAL APATLACO	14642	90	1,054.224	NARANJA
11	CANAL NACIONAL CHALCO-AMECA	108019	90	7,777.368	NARANJA
				19,799.424	

El esquema del balance hidrológico general en temporada de estiaje, se muestra en la Figura 9, en donde se presenta un balance de volúmenes de agua diarios a nivel global. La



evapotranspiración por uso agrícola no formó parte de los alcances planeados en el presente estudio.

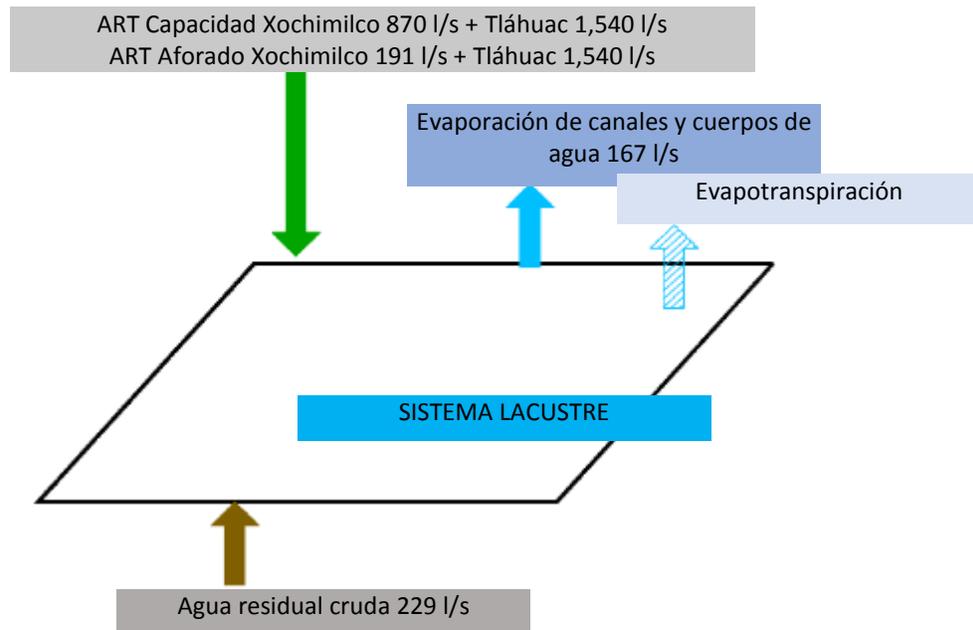


Figura 9. Balance hidrológico global de la zona de estudio en condiciones de estiaje. Elaboración propia.

Identificación de estructuras hidráulicas y descripción de su función

Durante los meses de abril a julio de 2014 se realizaron las visitas correspondientes a las estructuras hidráulicas de la zona Xochimilco, no fue posible realizar visitas a Tláhuac por falta de accesos. En el Anexo 3 se presentan las fichas de visita para la identificación de estructuras hidráulicas.

La ubicación y descripción de estas estructuras, tiene como finalidad conocer de una manera general su funcionamiento dentro del sistema, principalmente en el caso de las esclusas y compuertas, las cuales dividen el sistema lacustre por los niveles de agua.

En la Figura 10 se presenta la ubicación de las estructuras en la hipsometría de la zona de estudio, generada a partir de topografía de INEGI. Se observa que la ubicación puntual de cada una de las estructuras tiene la finalidad de dividir a la zona lacustre en diferentes zonas, como puede notarse en el fondo de la hipsometría.

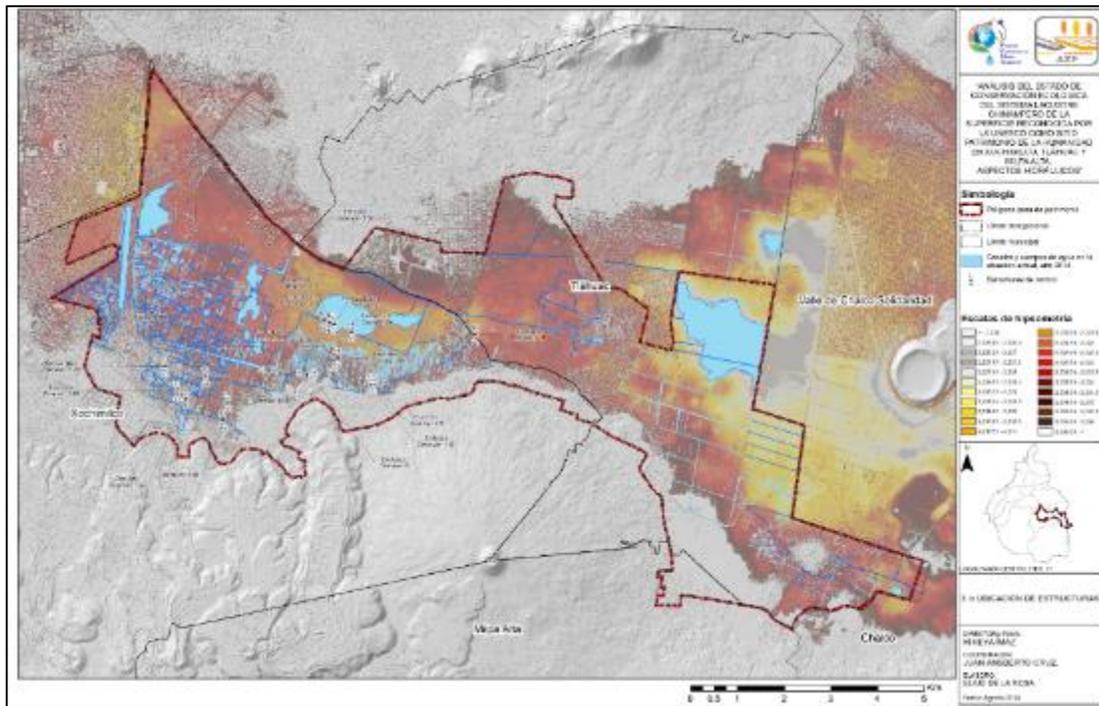


Figura 10. Ubicación de estructuras hidráulicas levantadas in situ, sobre hipsometría.

Fuente: Elaboración propia con base generada a partir de INEGI.

Sectorización de zonas lacustres en función de su infraestructura hidráulica y usos

A partir del análisis anterior, en la Figura 11 se presenta la zonificación final existente en polígonos sólidos, que se delimitan físicamente con la topografía y las estructuras hidráulicas de separación de los cuerpos de agua. En la Figura 12 se presenta la misma imagen, en donde el fondo es la hipsometría y se observan rangos cerrados de curvas de nivel.

A partir de estas figuras se elaboró una tabla resumen de las características de cada una de las zonas, enfatizándose en la relación que hay entre las cotas topográficas y sus superficies correspondientes.

En la Tabla 6 se presentan los datos correspondientes a la zonificación. En ella se puede observar que los espejos de agua medios, varían de la cota 2,227 m a la cota 2,233 m, un total de hasta seis metros. Lo cual es posible únicamente por la presencia de las estructuras de separación, tales como las compuertas y esclusas. En la sectorización sólo se ha incluido el área correspondiente a cotas menores a la cota 2,236 m, ya que se sectorizan zonas lacustres, por lo que no se han incluido cotas superiores, por ello el área total de la sectorización es de 42,882,517 m², contra los 75,341,707.76 m² del total de la zona de estudio.

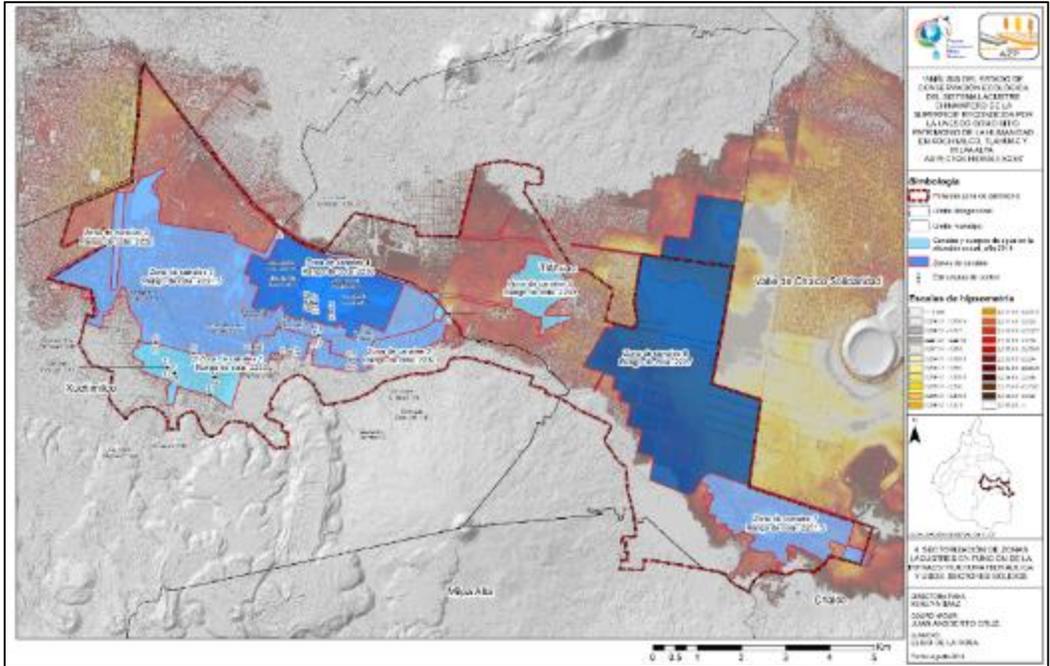


Figura 11. Sectorización del sistema lacustre en polígonos sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

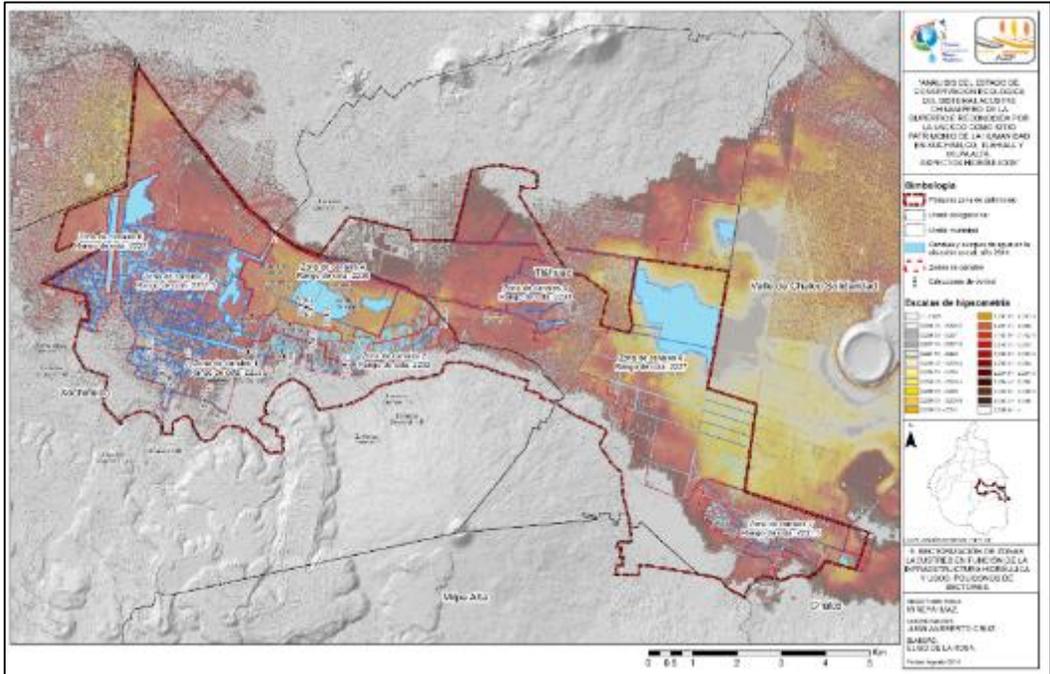


Figura 12. Sectorización del sistema lacustre en polígonos con hipsometría.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Características de los sectores en los que se divide la zona lacustre de estudio.

SECTOR	SUP TOTAL (m ²)	SUP CANALES (m ²)	COTA MEDIA DE SLA (m)	COTA MENOR (m)	COTA MAYOR (m)
0	408,365.52	325,771.62	2,232	2,231.5	2,232.5
1	2,072,745.33	203,905.47	2,233	2,232.5	2,233.5
2	2,107,243.26	183,449.14	2,232	2,231	2,233
3	12,391,291.55	2,319,631.00	2,231.5	2,231	2,233
4	4,790,028.83	901,596.95	2,230	2,229	2,234
5	2,584,525.30	307,779.01	2,233	2,231	2,233.5
6	14,667,407.50	2,654,826.79	2,227	2,225	2,236

Fuente: Elaboración propia.

Modelo hidrodinámico general para estimar tiempo de residencia del agua

Con la información de los datos de suministro de agua a la zona lacustre, así como con la sectorización establecida físicamente por la ubicación de las estructuras, se realizó una modelación hidrodinámica de flujo bidimensional para conocer las velocidades del flujo de agua en una zona del polígono de estudio.

En particular se seleccionó la zona 1, que es la más grande en el entorno de Xochimilco, y sus resultados son fáciles de corroborar en campo.

Se utilizó el modelo matemático de flujo bidimensional para la simulación de flujos en cauces, se compone de diferentes módulos que permite el cálculo de flujo en lámina libre resolviendo las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones (2D), considerando presión hidrostática y distribución uniforme de la velocidad en la profundidad.

Estas ecuaciones son resueltas en forma integral por el método de los volúmenes finitos, método muy extendido y comúnmente utilizado en la dinámica de fluidos por su eficiencia en la resolución de las leyes de conservación. El modelo emplea un esquema numérico descentrado, explícito tipo Roe con resolución de primer orden y alta resolución sobre mallas estructuradas y no estructuradas, formadas por tres y cuatro lados, con tratamiento de frentes de seco-mojado sin pérdidas de masa.

Para llevar a cabo los cálculos hidráulicos con el citado modelo, tanto en la fase de calibración como en la fase de aplicación, se consideró que la superficie de la cuenca se encontraba totalmente seca, es decir, sin profundidad ni velocidad de agua. Las condiciones de contorno de entrada se plantearon a partir de las entradas de agua que los datos del SACMEX proporcionó, que son la condición más favorable, y como condición de contorno en la salida de la cuenca, se utilizó una condición tipo vertedor ($Q = C_d LH^{3/2}$, con $C_d = 1.6$), considerando que el flujo a la salida es subcrítico y se plantearon dos salidas extremas a los puntos de ingreso de agua, con la finalidad de conocer las condiciones del recorrido. Para



representar la resistencia al flujo en la cuenca se asignó un coeficiente de fricción de Manning de $0.04 \text{ s/m}^{1/3}$. El proceso se planteó con una duración de 24 horas.

El modelo de terreno o modelo digital de elevación (MDE) es el que se presenta en la Figura 13, obtenido a partir de la información disponible de INEGI y se procesó en celdas de $10 \times 10 \text{ m}$.

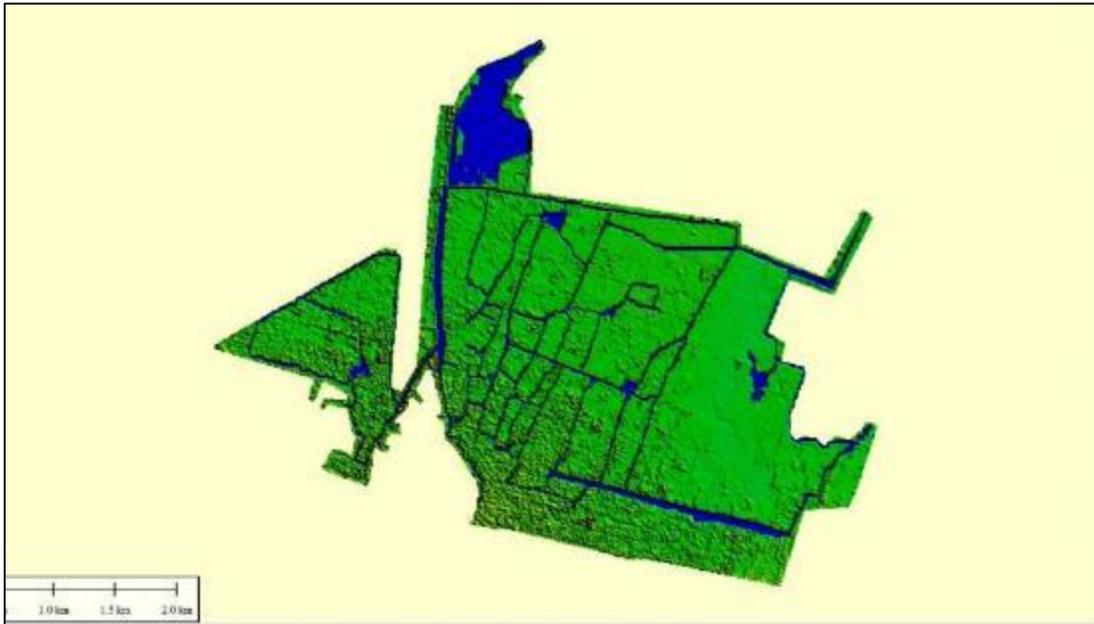


Figura 13. MDE de la zona a la cual se le realizó el análisis hidrodinámico.

Fuente: Elaboración propia con bases de INEGI.

En la Figura 14 se presentan los resultados de los módulos de velocidad en el sistema de canales del sector 1, en dicha figura se puede apreciar que las velocidades mayores (del orden de 10 cm/s) se presentan en los sitios de ingreso de agua y disminuyen notablemente en el denominado sistema de canales, con velocidades del orden de $1/10$ de mm/s , es decir 36 cm/h , lo cual es un valor extremadamente bajo, lo que se interpreta como que el sistema opera más como un sistema lagunar que como uno de canales.

En la Figura 15 y Figura 16 se presentan los mismos resultados sobre ortofoto y sobre la carta de INEGI $1:20,000$, a fin de visualizar mejor los resultados dentro de la zona de estudio.

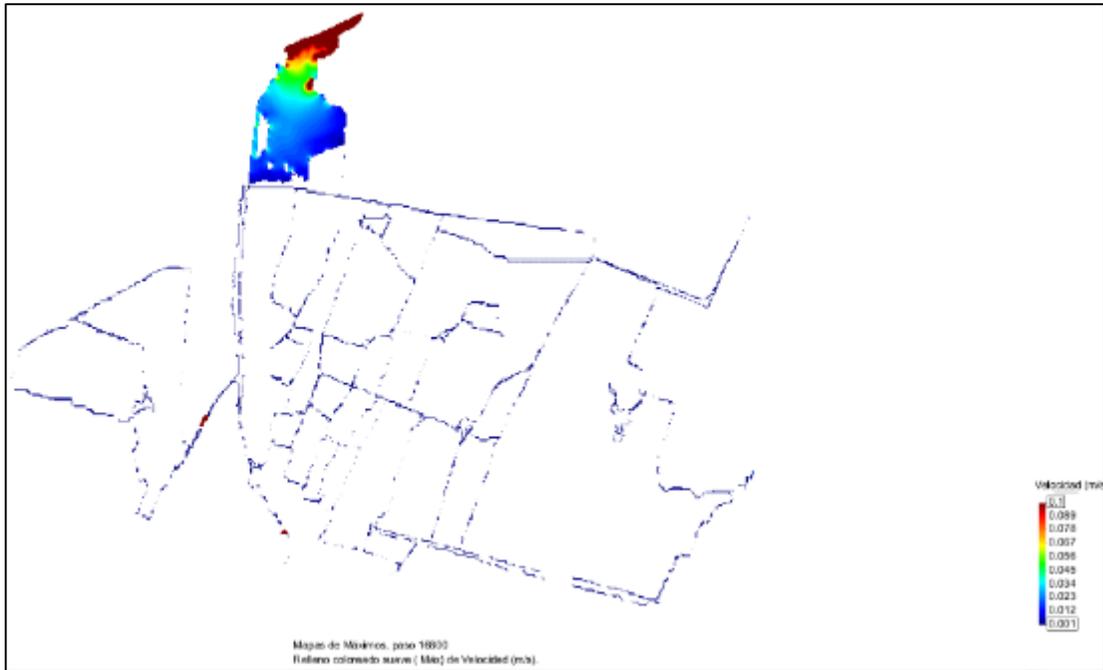


Figura 14. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica.

Fuente: Elaboración propia.

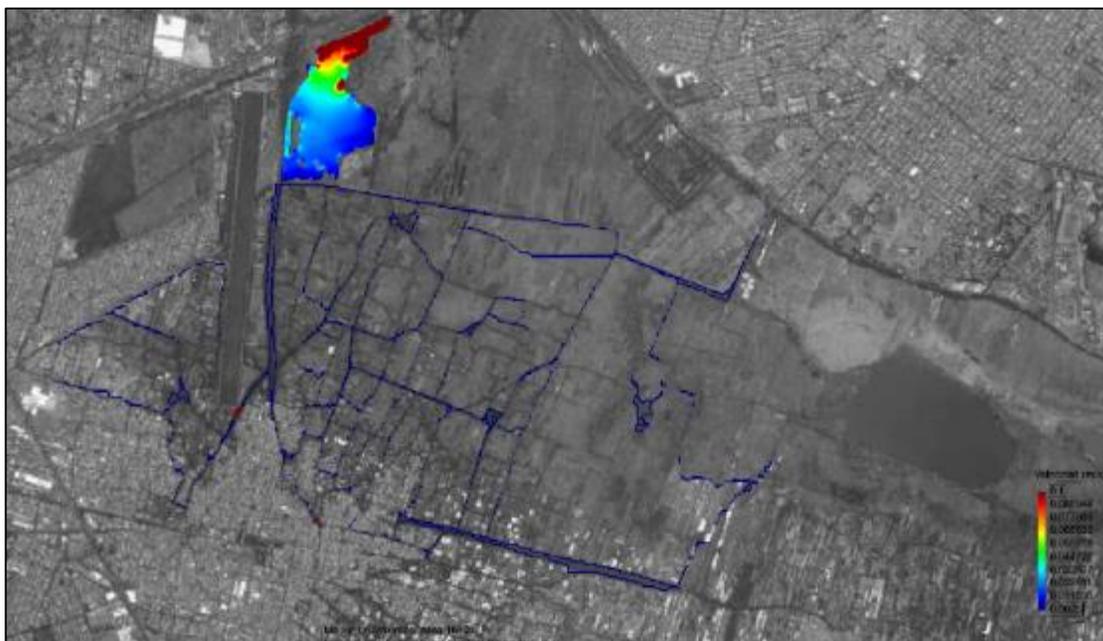


Figura 15. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica sobre ortofoto.

Fuente: Elaboración propia.

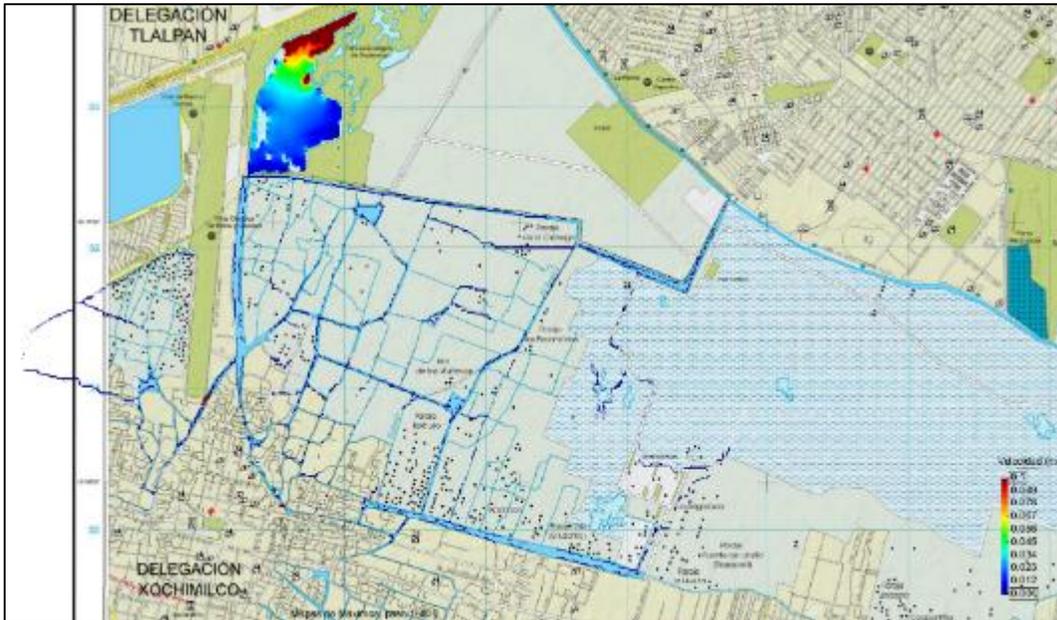


Figura 16. Resultado gráfico de los rangos de velocidad en la modelación hidrodinámica sobre carta de INEGI escala 1:20,000.

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico general del sistema lacustre en época de estiaje

La zona lacustre de la zona de estudio se considera, desde la perspectiva hidrológica, como aquella confinada en las cotas menores a la 2,236 m. A esta zona ingresa ART desde diferentes fuentes, tanto de la PTAR Cerro de la Estrella como de pequeñas PTAR locales, que en conjunto, según datos del SACMEX aportan un volumen de 2,410 l/s, lo que equivaldría a un volumen de 208,224 m³ diarios.

Si los cuerpos de agua y los denominados canales tienen una superficie de 7,118,636 m², con un volumen de evaporación de 14,428 m³, esto resultaría en un superávit de volumen ART de 193,795 m³, equivalente a una lámina de agua de 27 mm diarios, que de acumularse durante 40 días, resultaría en un metro de agua acumulada sobre dichos canales y cuerpos de agua.

Esto no ocurre debido a que los cuerpos de agua no tienen una frontera rígida y la humedad del agua se desplaza por el suelo y es absorbida humedeciendo grandes extensiones de suelo y evapotranspirándose, principalmente.

Durante la campaña de aforo se obtuvieron datos que indicaron, que al menos en la zona de Xochimilco, la suma de gastos medidos representaba una cuarta parte del caudal que se debería entregar, según la información del SACMEX.



No es posible establecer este resultado como una condición permanente, pues no fue posible realizar mediciones simultáneas en intervalos de tiempo más representativos. La incertidumbre de esta información se incrementa además por no poderse aforar la zona de Tláhuac por la falta de acceso.

Por otra parte, se calculó que existe una aportación de cerca de 20,000 m³ de agua residual cruda al sistema lacustre, proveniente de las zonas urbanas alrededor del sistema, según las estimaciones con la metodología establecida, lo que representa un insumo importante para la disminución de calidad del agua en el sistema lacustre analizado en temporada de estiaje.



Calidad del agua y variables bióticas

La calidad del agua de un sistema está determinada por múltiples factores. En la zona de estudio, el cambio de uso de suelo, la automatización de la producción agrícola y pecuaria, así como el aumento en la urbanización, han llevado al deterioro en la calidad de agua de este humedal.

La agricultura tradicional (chinampería), actualmente ha sido desplazada por métodos de producción que incluyen fertilizantes altamente solubles, lo cual contamina los productos, la tierra y el agua. En este apartado se describe el análisis de la calidad de agua en las diferentes regiones de la zona de estudio.

Durante el periodo de febrero a mayo de 2014 se realizó una colecta de variables bióticas y monitoreo de calidad de agua en canales dentro de la Zona Lacustre de Xochimilco. A partir de la base de datos generada en dicho proyecto se realizó el análisis de regionalización que se expone en este apartado. Para complementar esta regionalización se colectó la concentración de nutrientes, lo cual permite reconocer las entradas de materia orgánica y agroquímicos al sistema.

Dado que este proyecto pretende analizar el estado de conservación de la zona de estudio, se incluyeron los cuerpos de agua remanentes de los humedales de Tláhuac, en los límites de las delegaciones políticas de Tláhuac y Milpa Alta, como se ilustra en la Figura 17.



Figura 17. Sitios de colecta de variables bióticas y monitoreo de calidad del agua.

Las colectas en la zona lacustre de Xochimilco abarcaron 32 canales ubicados en cinco de las seis zonas de la regionalización de Merlo (2010) que se ilustran en la Figura 18, dejando fuera el monitoreo de la zona E ya que pertenece al Parque Ecológico de Xochimilco.



Figura 18. Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco propuesta por Merlo, 2010.

Los canales muestreados fueron la Pista de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe” y su pista de entrenamiento conocida como Pista de Retroceso, Cuemanco, El Bordo, Chicoco, Güerolodo, Atizapa, Laguna de Tlilac, Ampampilco, Paso del Águila, Laguna y canal de Tezhuilo, Costepexpan, San Pedro, Amelaco, Laguna del Toro, Toltenco, Tlicuilli, La Asunción, El infiernito, San Lorenzo, laguna y canal La Virgen, Santa Cruz, Xaltocan, Caltongo, Turístico, Nativitas, Tochipa, Puente de Urrutia, Apatlaco y Cruxtitla.

En los humedales de Tláhuac que se muestran en la Figura 19 se realizaron colectas en cada uno de los cuatro cuerpos de agua que lo conforman y cuya delimitación está dada por vías de comunicación terrestre. Cada una de estas lagunas posee diferente extensión y características, sin embargo, las cuatro lagunas se encuentran hidrológicamente interconectadas mediante una red de tubos subterráneos, lo que permite el intercambio de agua y materiales orgánicos.



Figura 19. Humedales de Tláhuac.

Variables fisicoquímicas en Xochimilco

El monitoreo de las variables bióticas y abióticas en los 32 canales permitió identificar los sitios con mayor grado de perturbación. Del mismo modo, se logró identificar la influencia de las distintas actividades que se realizan en las inmediaciones de los canales y los diferentes usos de suelo que modifican el comportamiento de las variables a nivel local.

En términos generales, los resultados promedio de los fisicoquímicos mostraron una tendencia similar al interior de los canales, observándose pocos cambios entre los canales monitoreados. La temperatura y el pH son los parámetros que se mantuvieron más homogéneos (Figura 20).

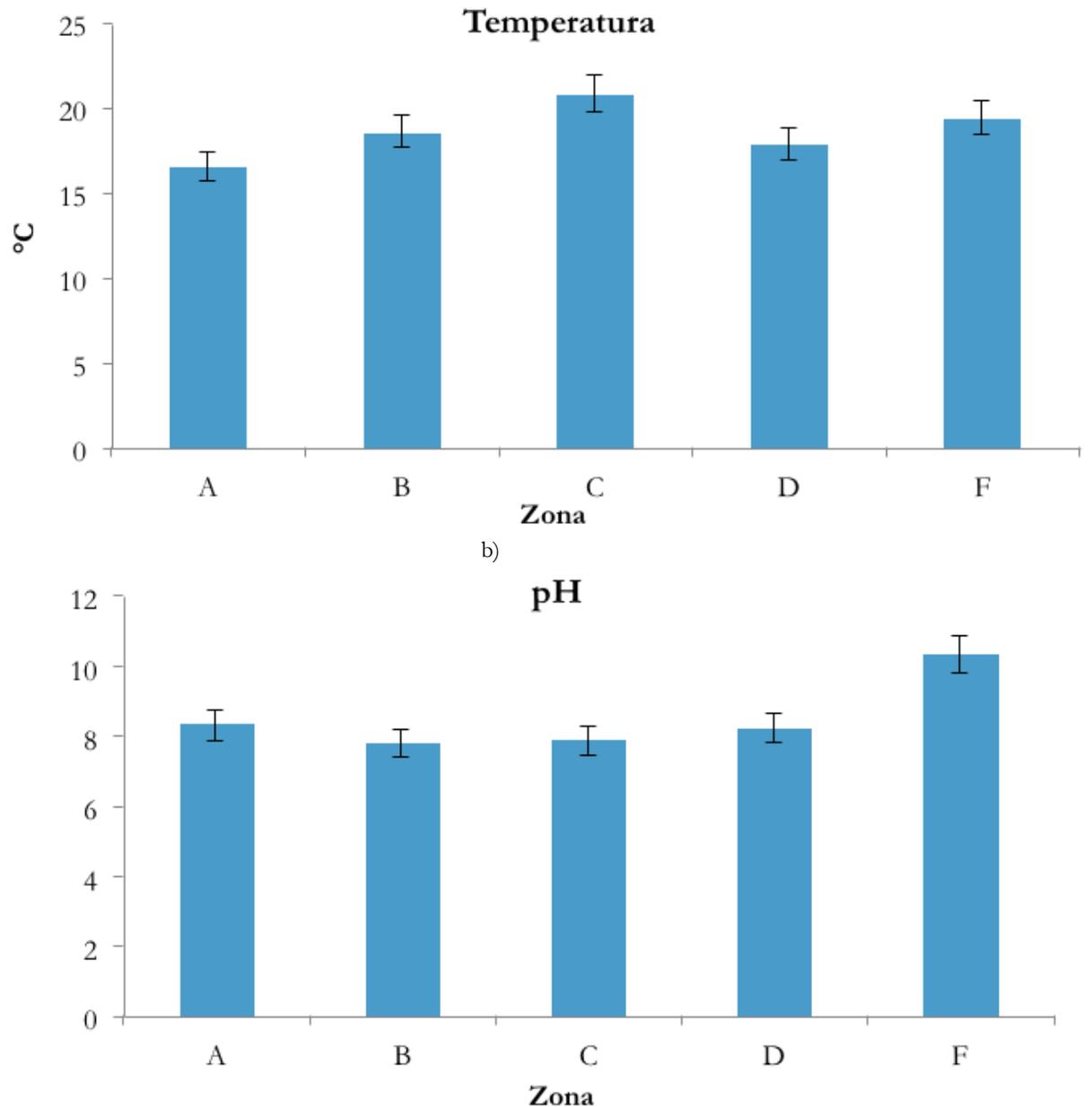
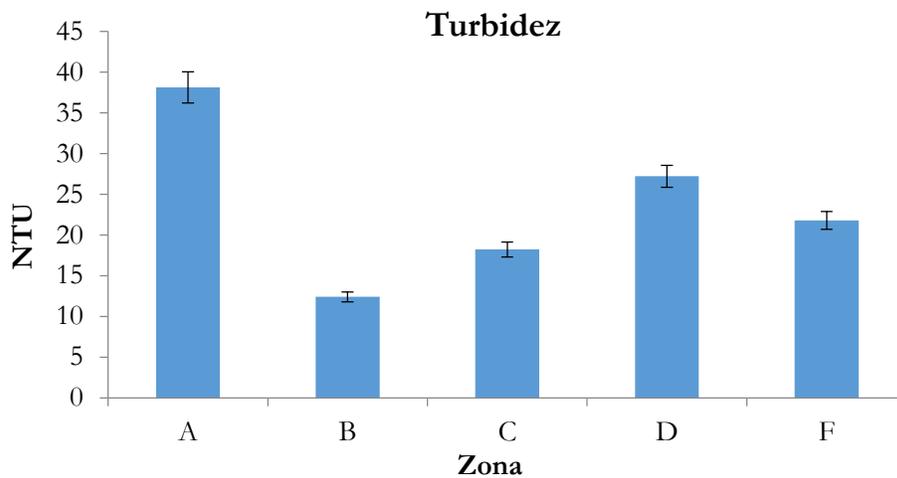
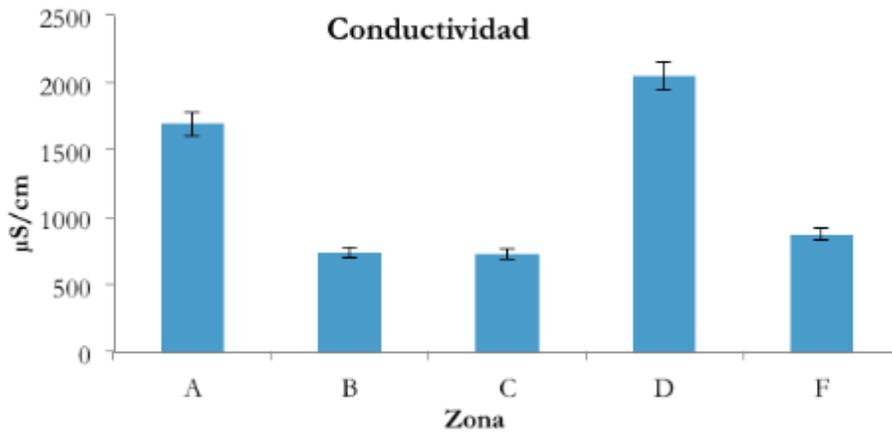


Figura 20. Valores promedio de temperatura y pH de cada zona.

En la mayoría de los canales la conductividad no suele rebasar los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual representa el límite que permite el establecimiento de las especies nativas como el axolote. La comparación entre zonas ubica a las zonas A y D como las que presentan los valores más altos. Sin embargo, estos valores pueden deberse a la influencia de los altos valores registrados en el canal el Bordo (zona A) y canal Cuemanco (zona D), ya que los otros canales ubicados dentro de dichas zonas presentan valores mucho más bajos. Debido a que la



conductividad está determinada por los niveles de iones disueltos en el agua, las zonas donde se registraron valores más altos podrían estar presentando una mayor entrada de compuestos alóctonos. Esto que incrementaría la salinidad del agua, así como la cantidad de sólidos disueltos y turbidez del sistema. Por esto, las zonas A y D también presentan los mayores valores en estos parámetros.



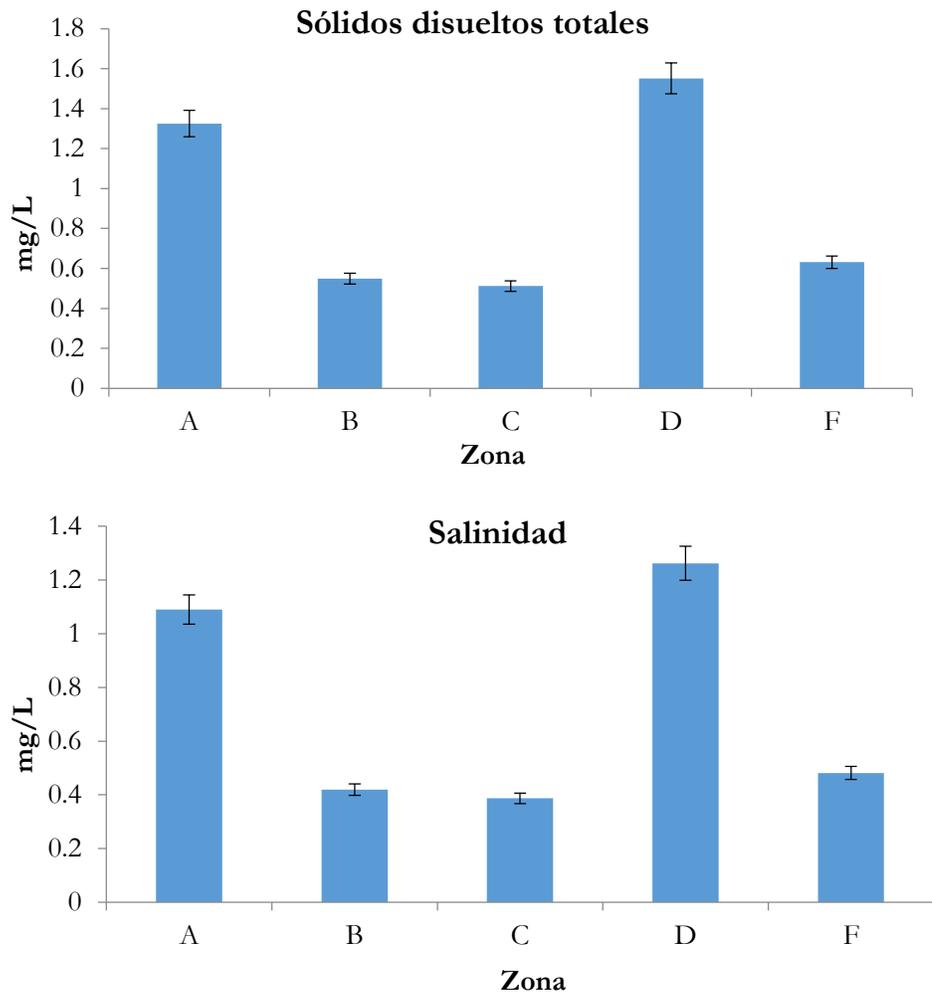


Figura 21. Valores promedio de conductividad, turbidez, sólidos disueltos y salinidad de las zonas.

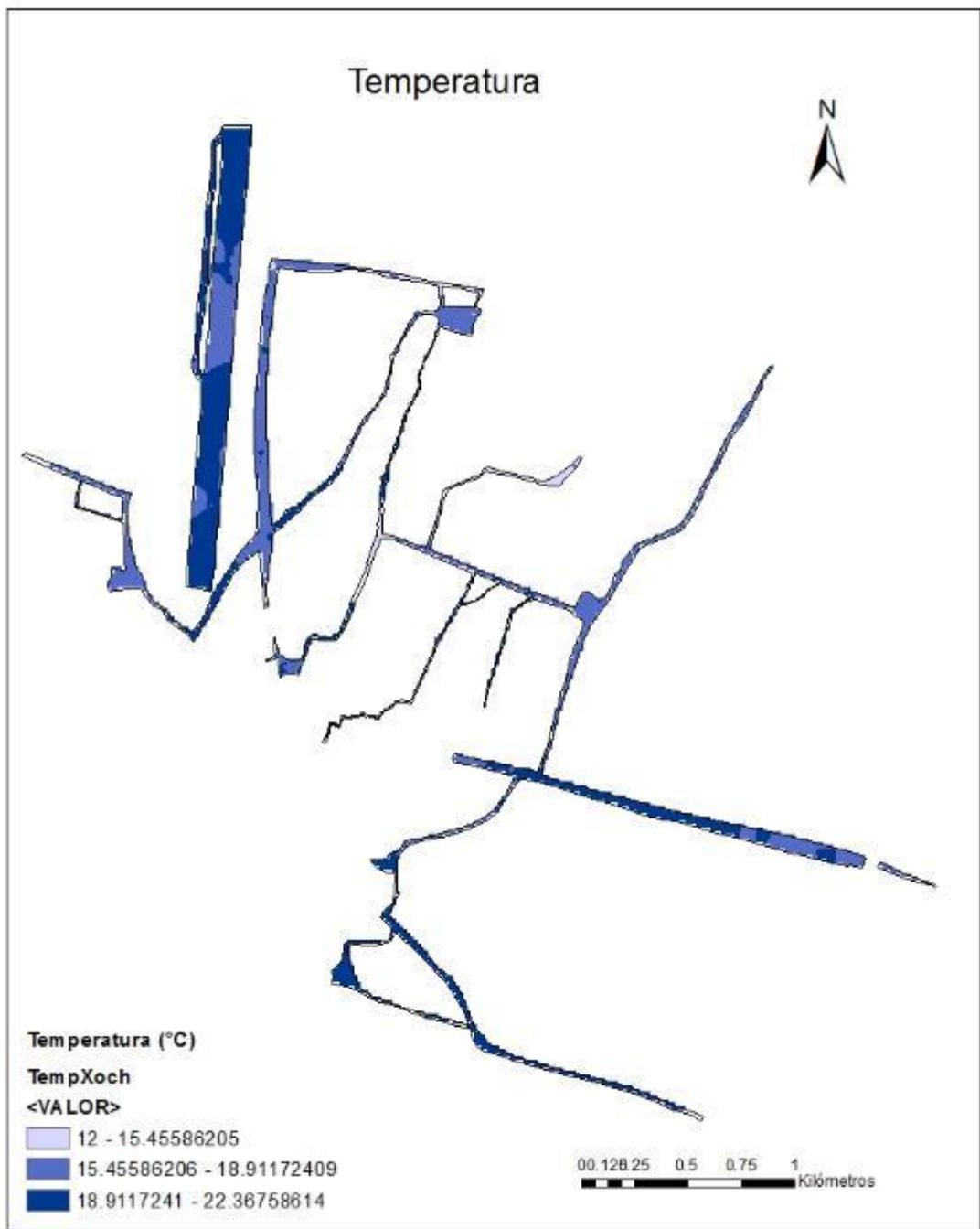


Figura 22. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la temperatura.

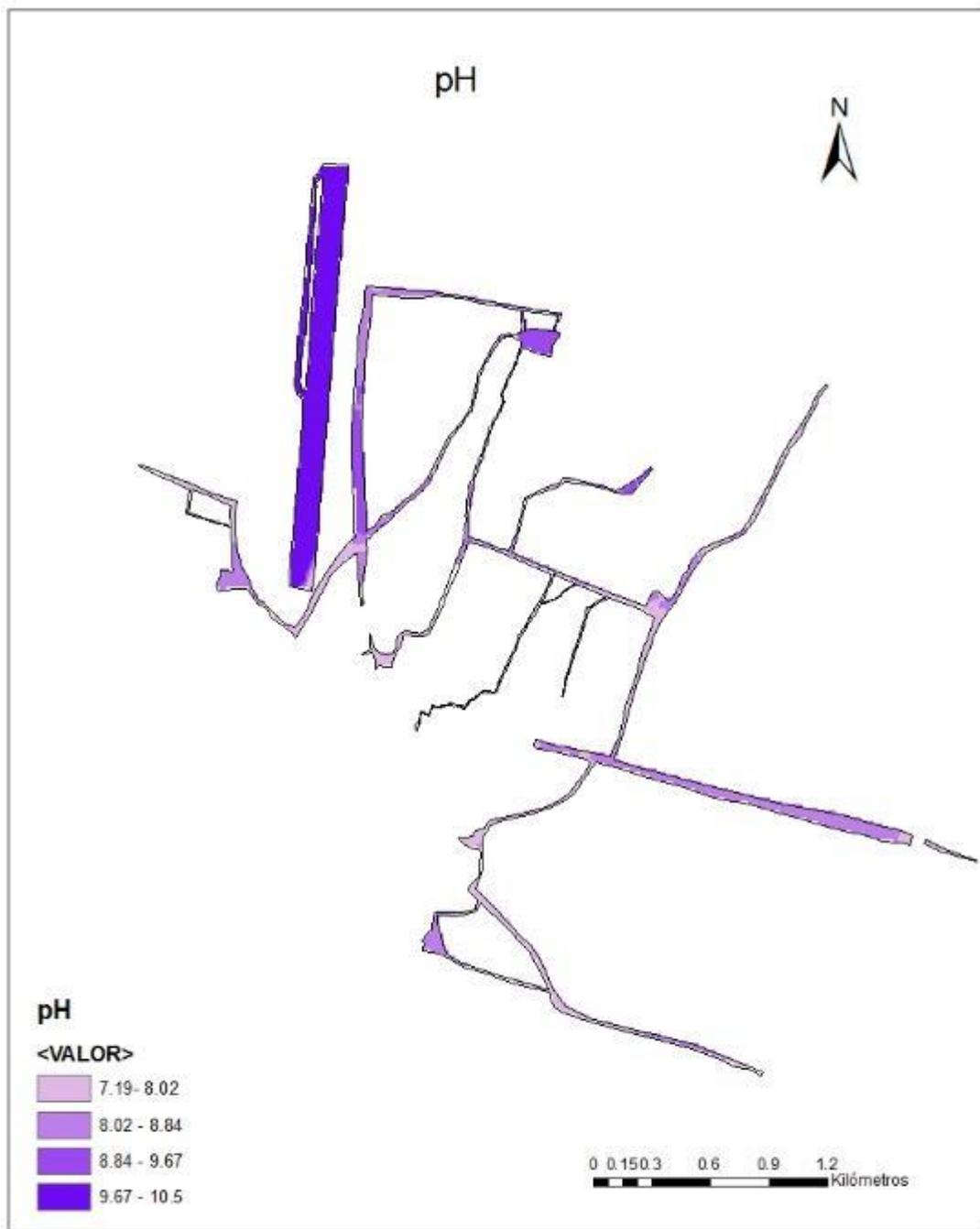


Figura 23. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al pH.

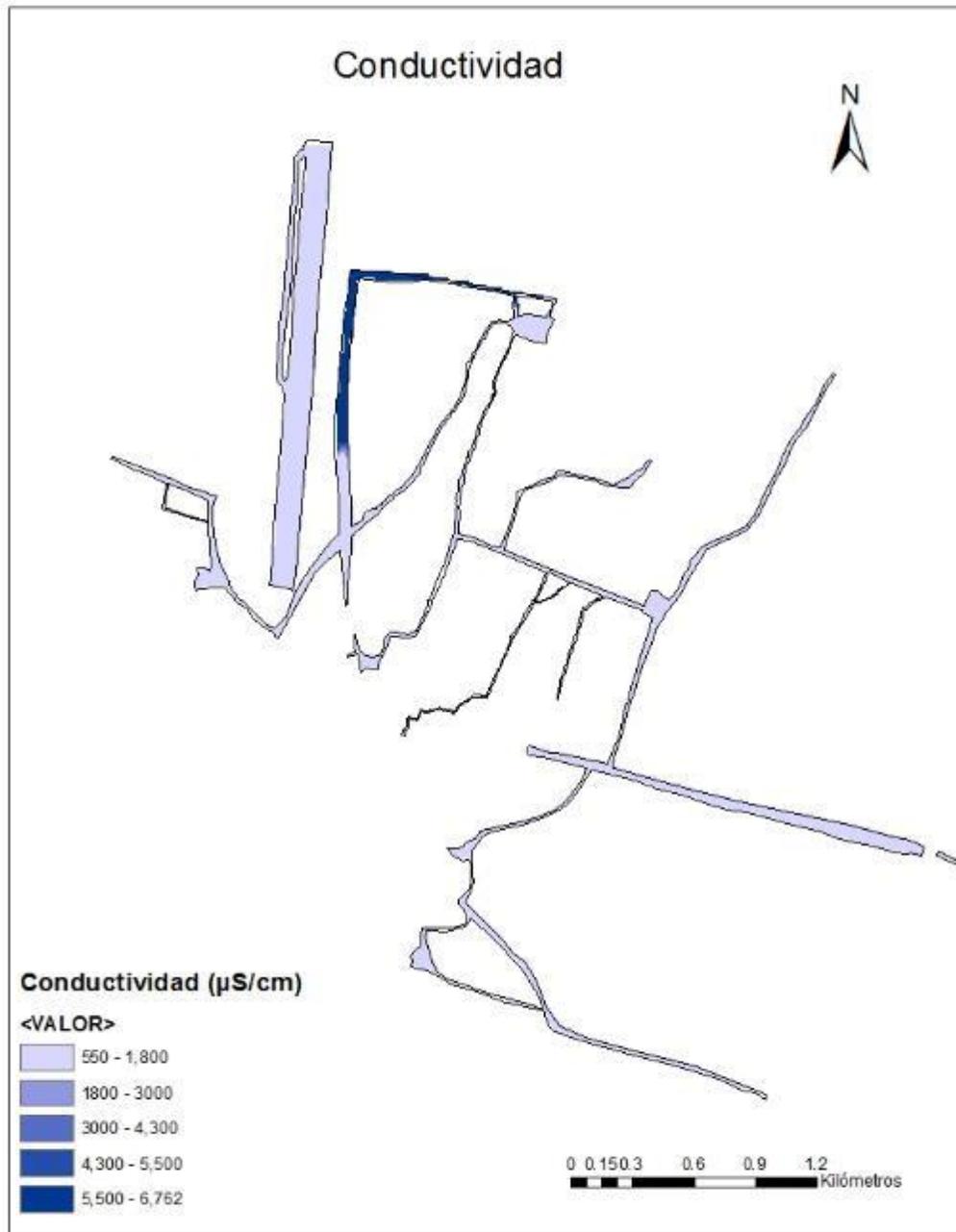


Figura 24. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la conductividad.

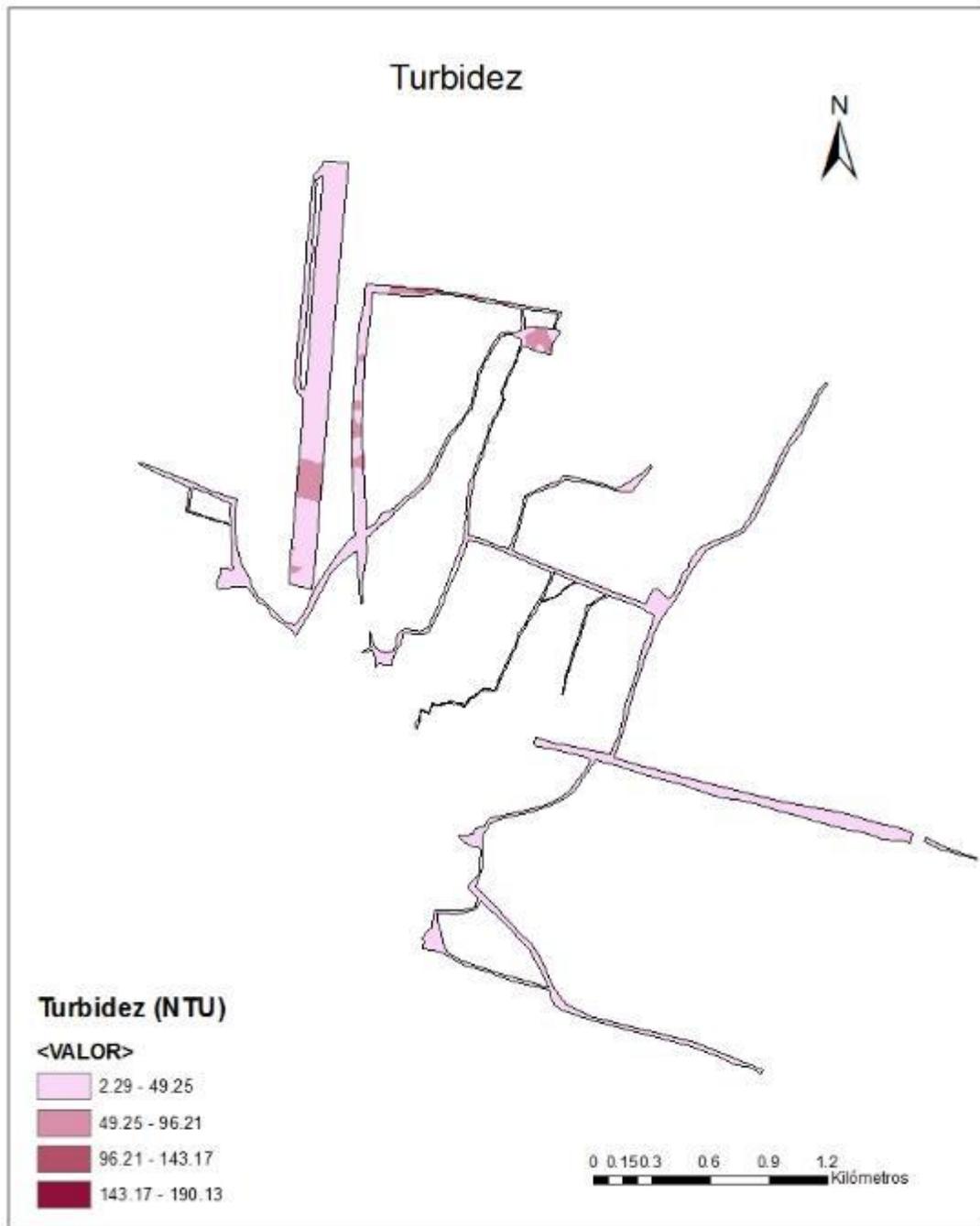


Figura 25. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la turbidez.

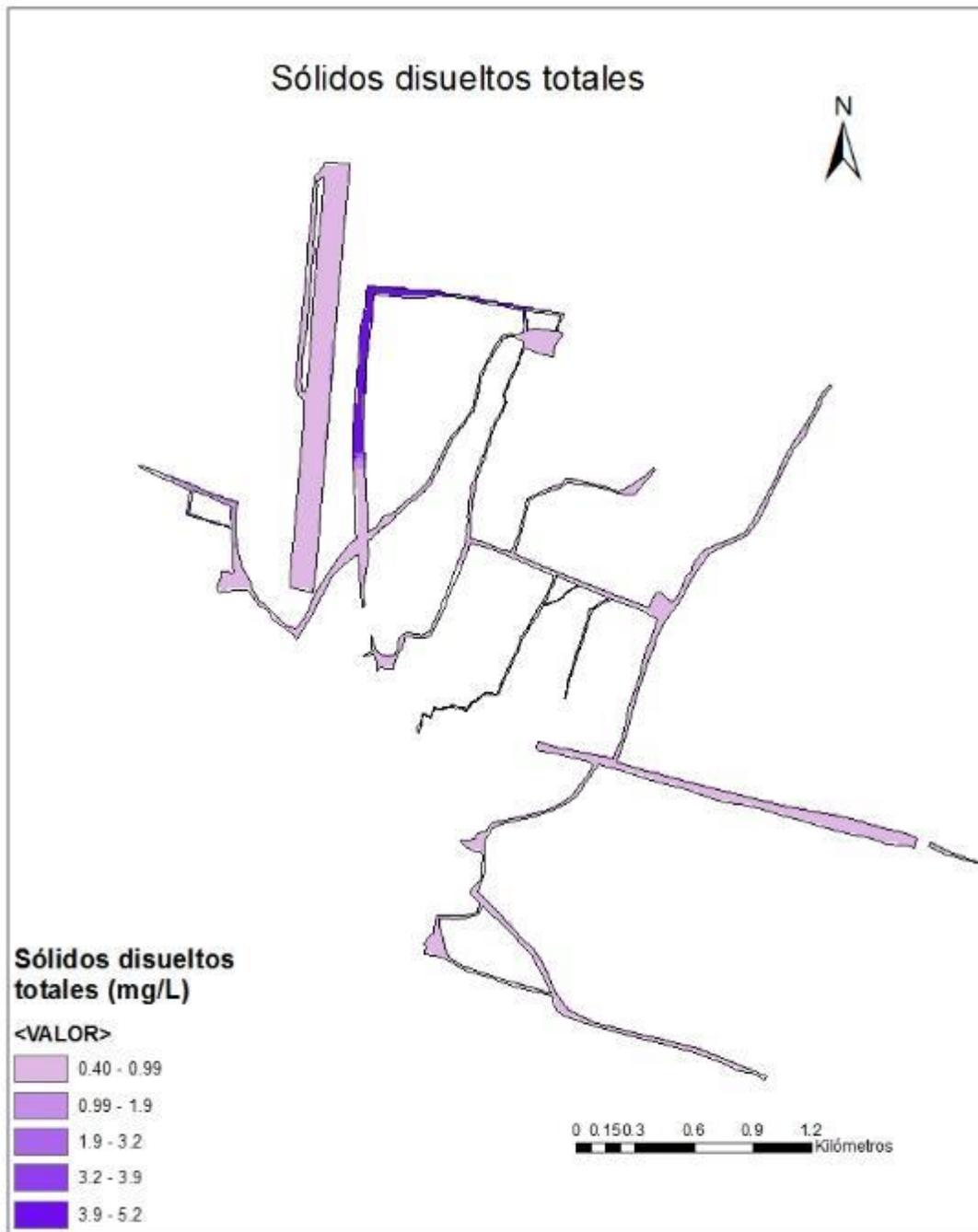


Figura 26. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a lo solidos disueltos totales.

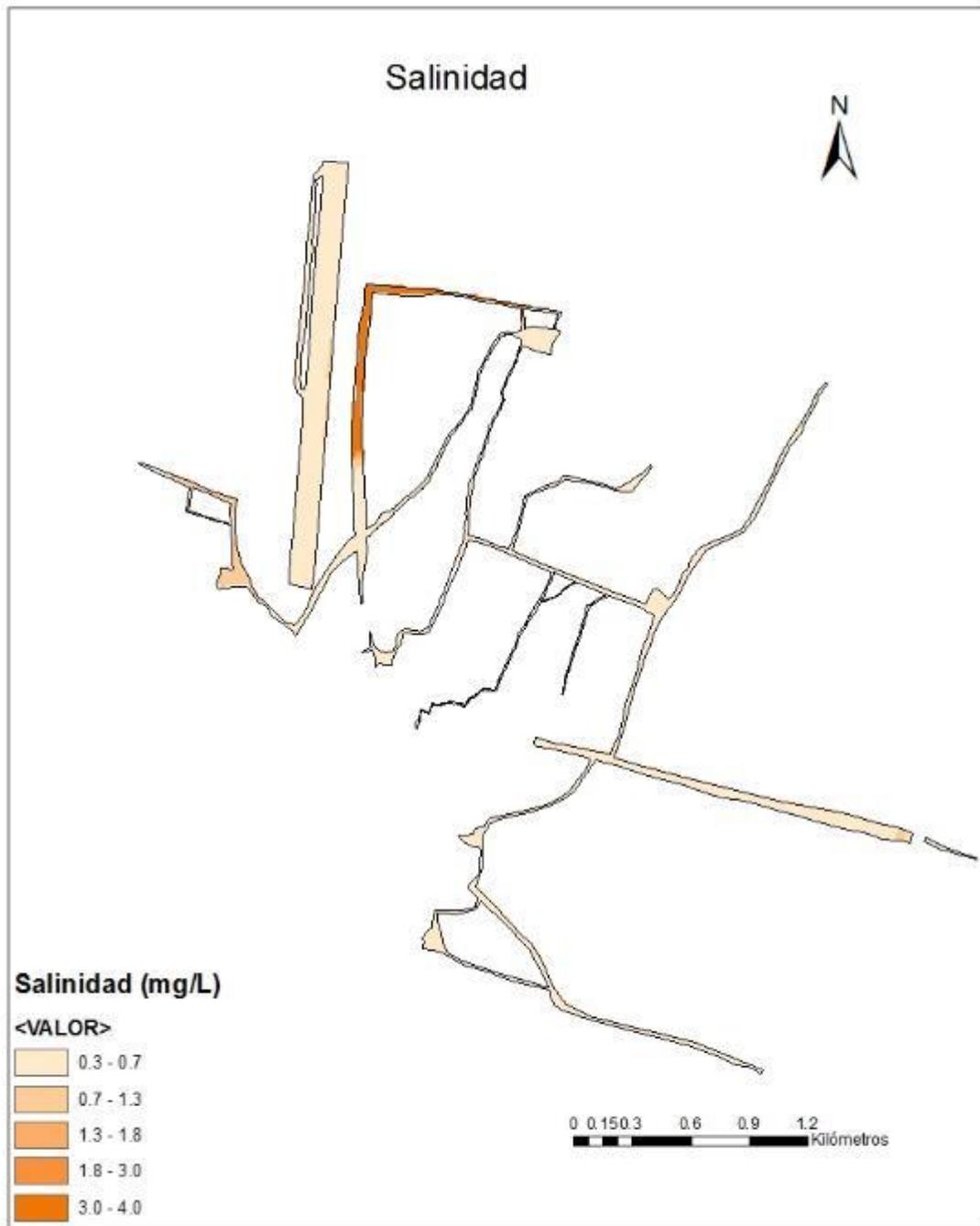


Figura 27. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto a la salinidad.



Contrastantemente, el oxígeno disuelto presenta niveles superiores a los 4 mg/L en todas las zonas, siendo la A y la F las que mayores niveles alcanzan. Los canales monitoreados son principalmente canales primarios que tienen grandes longitudes y amplias anchuras, lo cual permite la acción del viento como promotor de la oxigenación de la columna de agua. Por su parte, la zona A abarca canales considerablemente amplios como la laguna de Tlilac, laguna de la Virgen y Paso del Águila, por los cuales continuamente transitan trajineras y canoas con motor, colaborando con el aumento en los niveles de oxigenación. De igual forma, la zona F es uno de los canales más amplios que además, no presenta vegetación acuática por lo que la acción del viento es directa sobre la superficie, además de contar con el paso continuo de embarcaciones de entrenamiento de remo y canotaje. Los resultados obtenidos en todos los canales indican que el nivel de oxígeno no es una limitante para el establecimiento de las poblaciones de especies nativas.

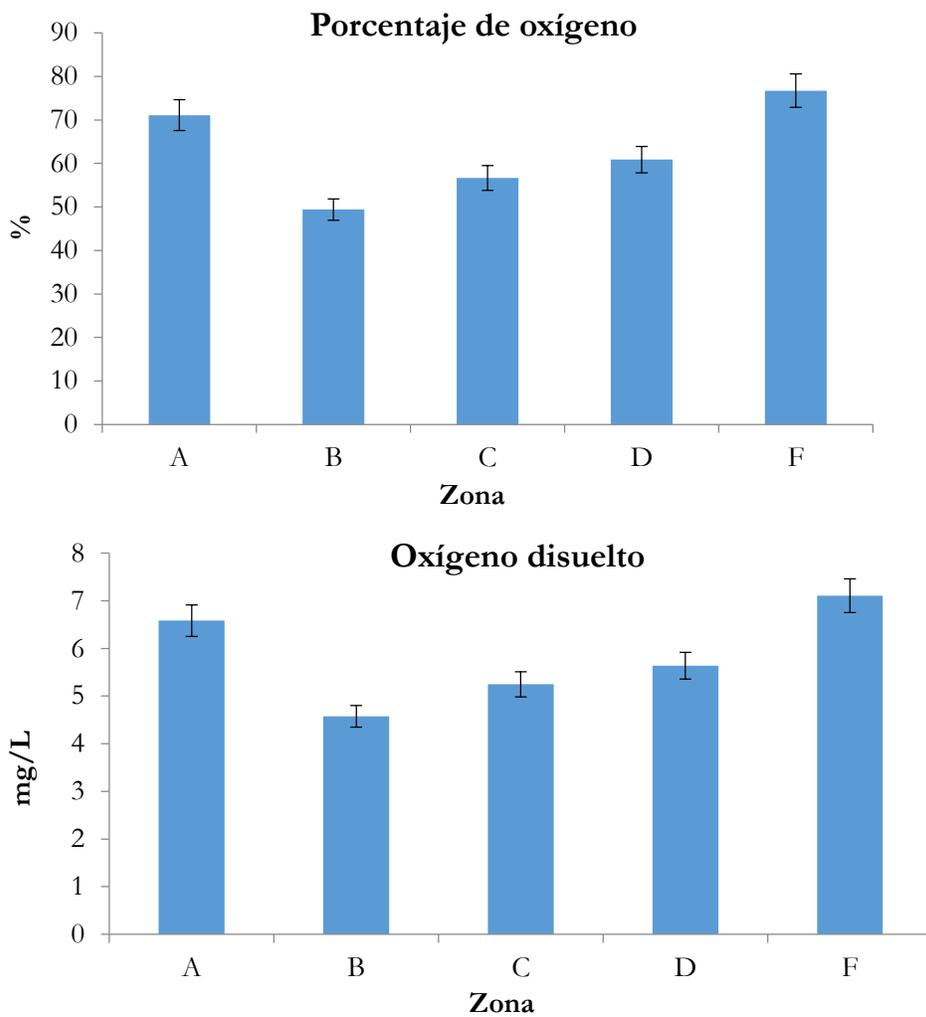


Figura 28. Valores promedio del porcentaje de oxígeno y oxígeno disuelto de las zonas.

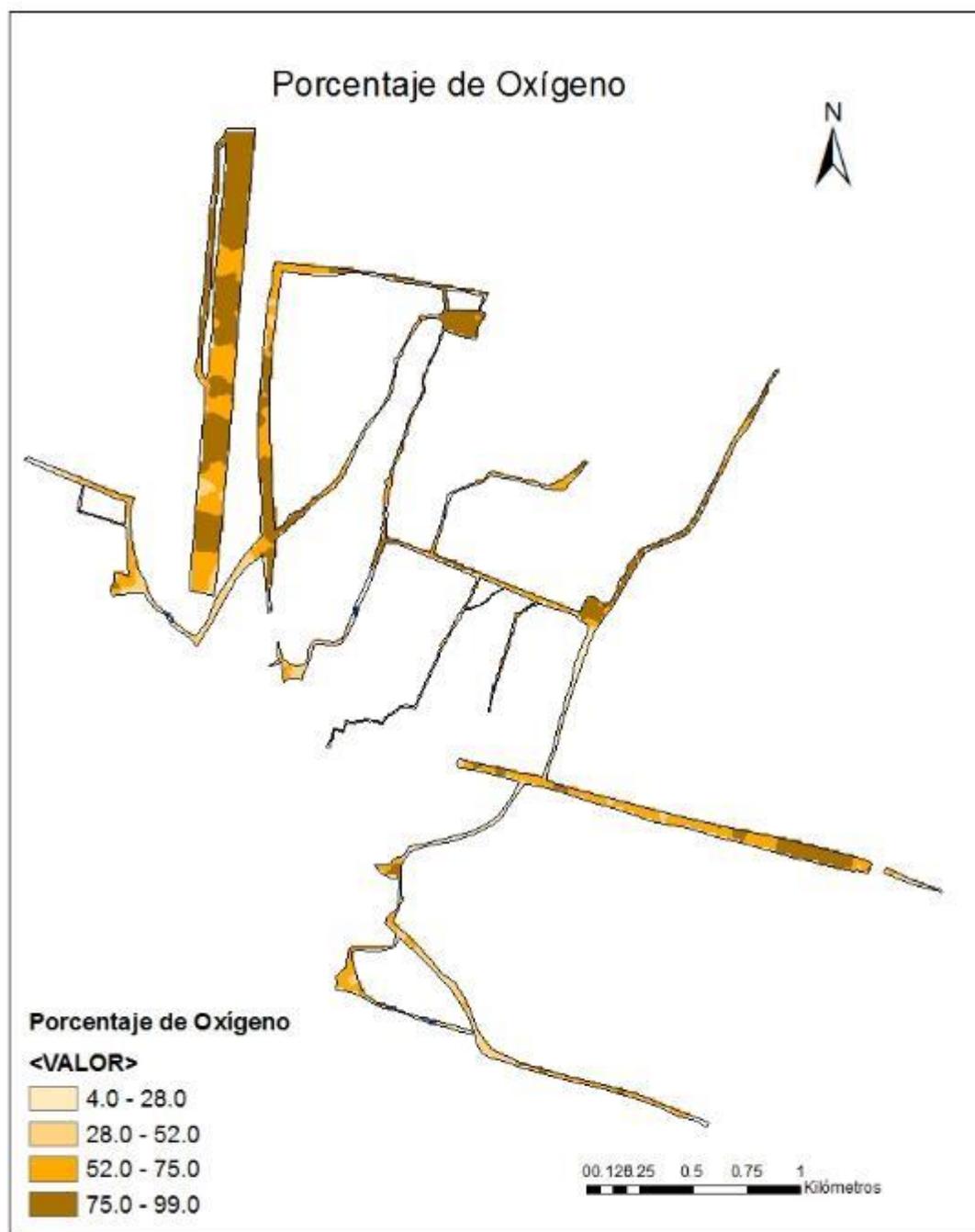


Figura 29. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al porcentaje de Oxígeno.

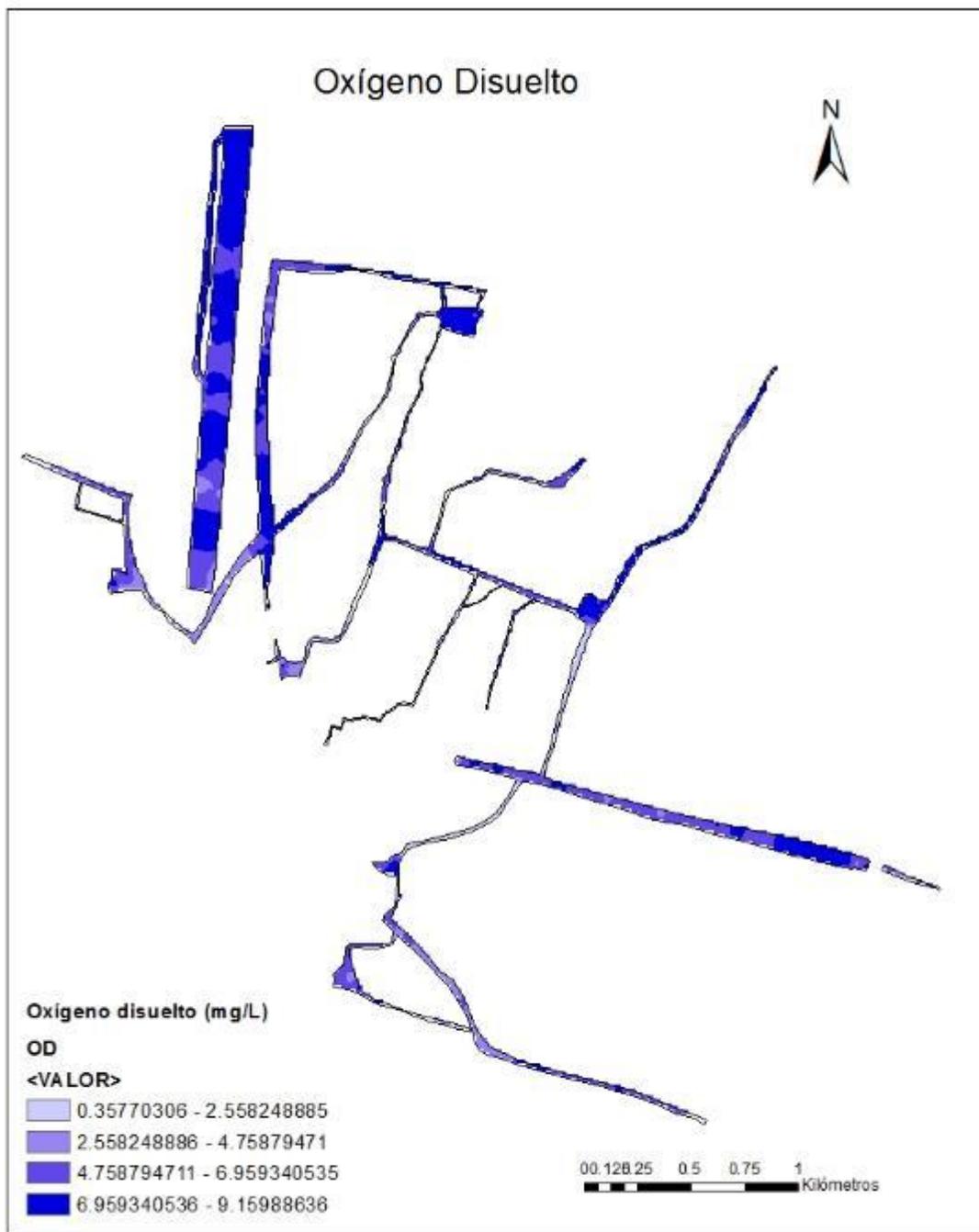


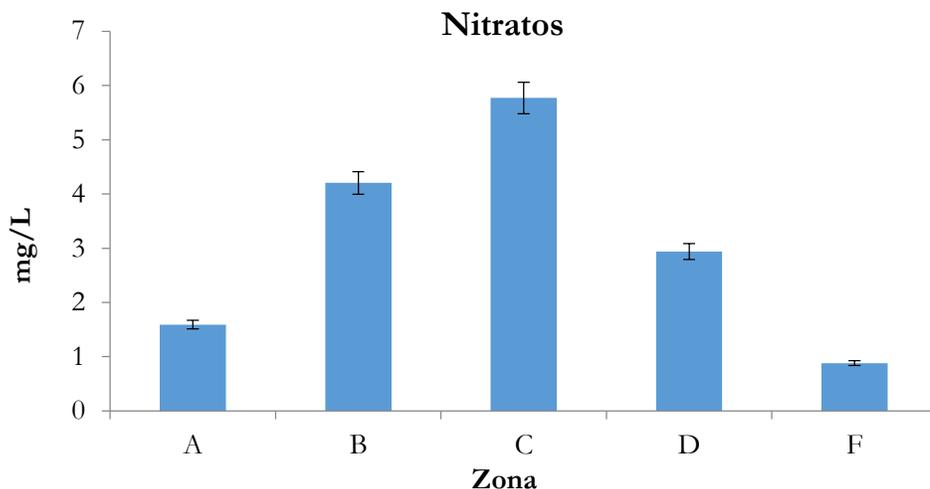
Figura 30. Caracterización del lago de Xochimilco en cuanto al Oxígeno disuelto.

Nutrientes y variables bióticas en Xochimilco

En cuanto a los niveles de nutrientes (amonio, nitratos y fosfatos), estos mostraron una fuerte influencia por las actividades humanas y distintos usos de suelo. Los fosfatos presentaron valores altos típicos de sistemas hipereutrofizados (> 0.1 mg/L). Todas las zonas presentaron valores superiores a 1 mg/L a excepción de la zona F que se encuentra prácticamente aislada del resto del sistema, no estando asociada a ningún tipo de actividad agrícola ni exhibiendo influencia de descargas urbanas. Esto resultados indican que la contaminación por fertilizantes en el sistema lacustre es alta.

Por otra parte, se observó que en las zonas con mayor nivel de asentamientos irregulares y con cercanía a sitios urbanos, los niveles de nitratos se encuentran por encima de los registrados en las zonas donde la principal actividad es la chinampería, situación coincidente con sistemas que presentan un fuerte aporte de materia orgánica a causa de las descargas directas de las casas. A su vez, los niveles de amonio fueron considerablemente altos en la zona C, D y F

En estos canales no sólo existe una fuerte influencia de descargas urbanas que incrementan los niveles de este tipo de nutrientes, sino que la densidad de peces es muy alta coadyuvando a su acumulación debido la presencia de desechos orgánicos en descomposición.



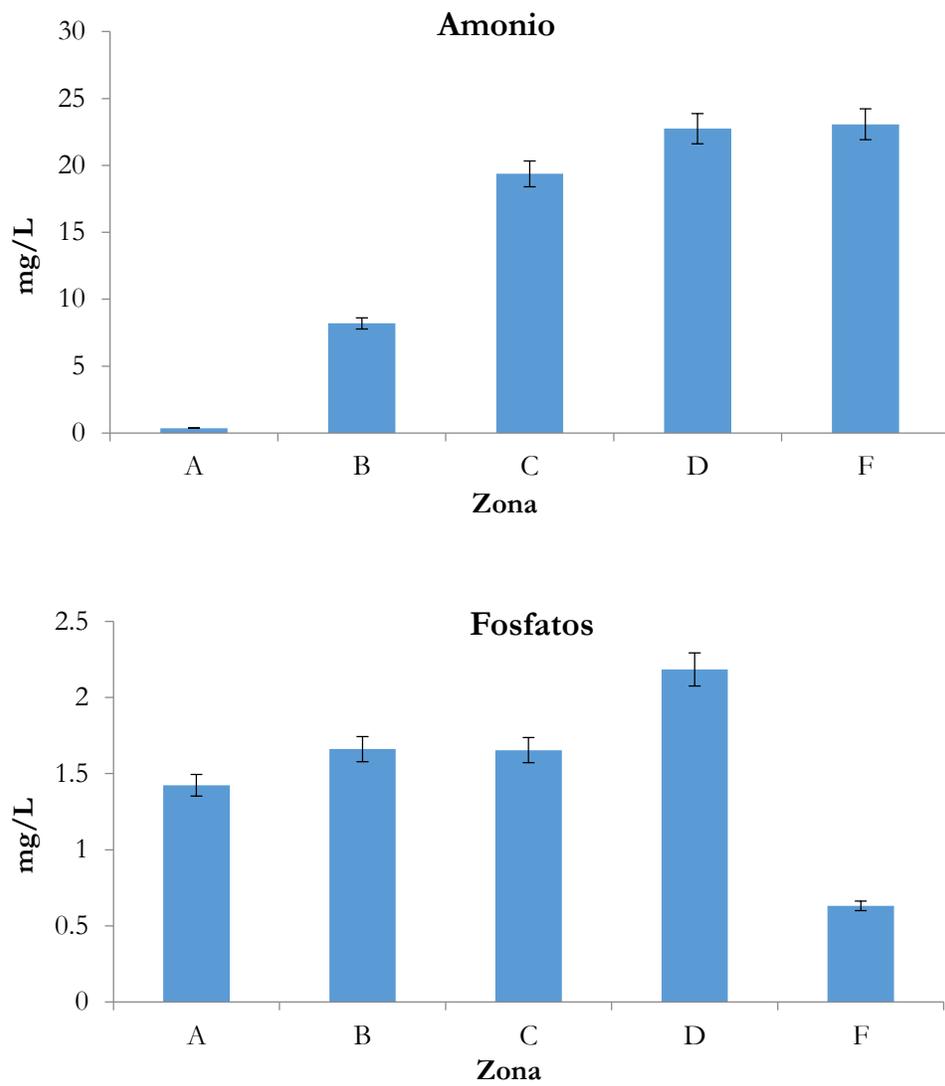


Figura 31. Valores promedio de los nutrientes registrados en las zonas.

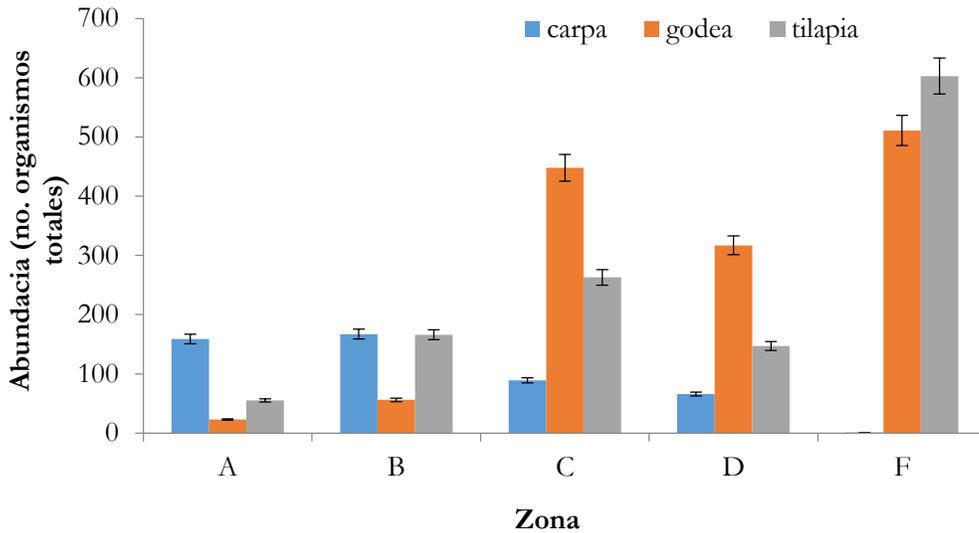


Figura 32. Abundancia total de peces exóticos por canales y por zonas.

Se observó que los peces de talla pequeña no son abundantes en todos los canales. Estas tallas son más sensibles a la contaminación del agua, por lo que su distribución se encuentra limitada a canales menos perturbados por actividades humanas. Del mismo modo, las tallas pequeñas suelen ser más susceptibles a la depredación por otros organismos, por esto, suelen refugiarse en sitios con abundante vegetación sumergida como la ninfa y la elodea (cuadro 3). De esta forma, se encontró que los canales con presencia de este tipo de plantas acuáticas albergaron el mayor número de peces de talla pequeña.

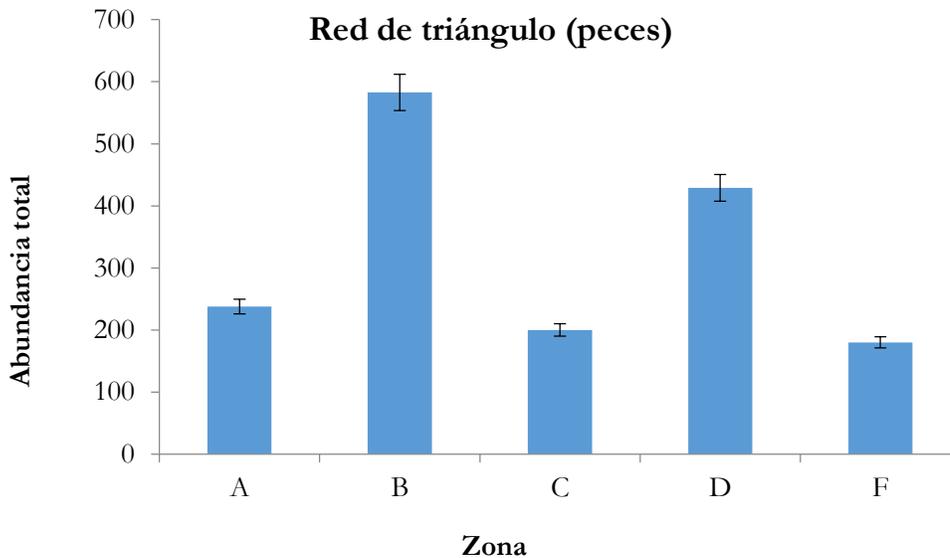


Figura 33. Abundancia total de peces de talla pequeña por canales y por zonas.



Del mismo modo, la abundancia de zooplancton también fue mayor en las zonas con mayor abundancia de peces. Esto indica que los peces pequeños no sólo se están refugiando en zonas con mayor vegetación, sino que están buscando sitios con mayor disponibilidad de alimento. Por su parte, el zooplancton se encuentra asociado a los manchones de vegetación por ser sitios de refugio y reproducción, así como por ser sitios con una mejor calidad de agua, ya que las plantas funcionan como filtradores naturales de los canales.

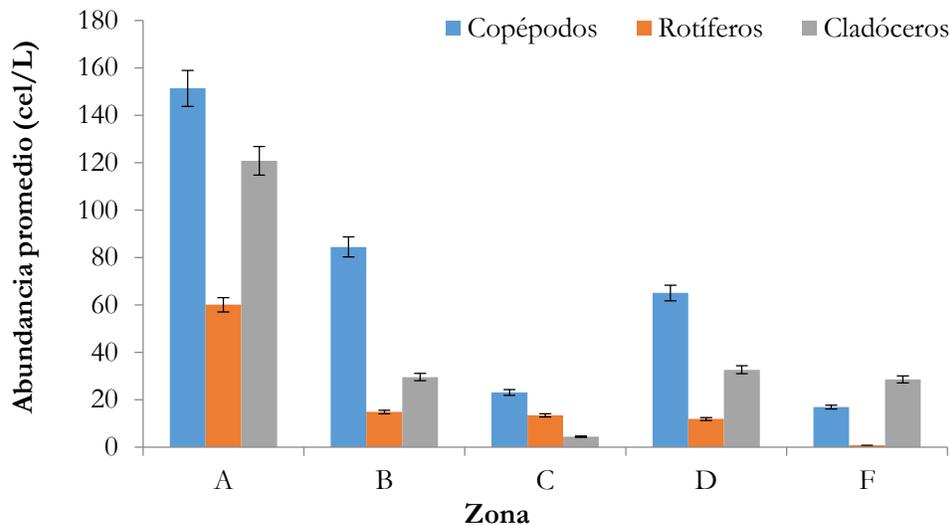


Figura 34. Abundancia total de zooplancton en cada zona.

En cuanto a las especies nativas de peces como el charal, su distribución es muy limitada, concentrándose la mayor parte en la zona B. Esto indica que dichos peces son altamente sensibles a los niveles de contaminación. El canal de Chicoco tiene una entrada de agua directa de la planta de tratamiento, por lo que la calidad de agua no suele ser tan mala. Además, no presenta chinampas activas, lo cual disminuye la posibilidad de entrada de fertilizantes y pesticidas químicos. Por otra parte, la abundancia y distribución de otras especies introducidas como el *guppy* y el pez espada fue significativamente abundante en la zona C, la más influenciada negativamente por la zona urbana y el turismo, y una de las zonas donde mayor número de tilapias y carpas se encontró. La abundancia de estos peces pequeños puede estar indicando un desplazamiento de hábitat de los charales a causa de la competencia.

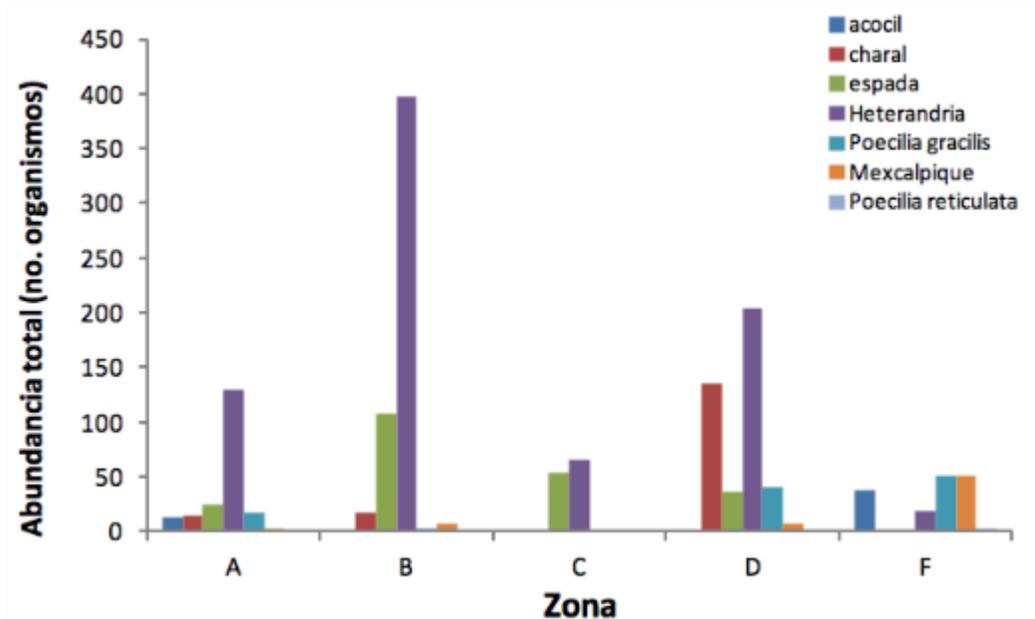


Figura 35. Abundancia total de peces por zonas.

Por su parte, los resultados muestran que la zona donde se registró el menor número de familias presentes, así como menor abundancia de insectos fue la zona C (Figura 36). Esto indica un deterioro de la zona y una limitante en la disponibilidad de alimento de los depredadores secundarios y terciarios. La zona B fue la que mayor abundancia y riqueza mostró, lo cual indica que la calidad del agua es buena.

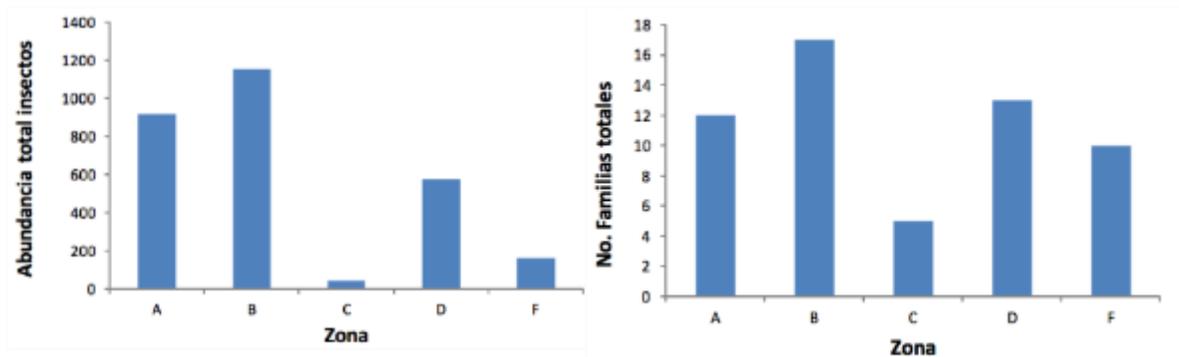


Figura 36. Abundancia total y número de familias presentes de insectos en cada zona.

Respecto a la presencia de vegetación en cada zona, a continuación se presenta una lista de las especies de vegetación presente en cada canal de cana una de las zonas.



Tabla 7. Vegetación presente en cada canal de la zona A.

ZONA	A						
SITIO	BORDO	GÜEROLODO	LAGUNA TLILAC	ATIZAPA	LA VIRGEN	LAGUNA VIRGEN	PASO ÁGUILA
ESPECIE							
Lirio acuático	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Altamisa							
Lechuga de agua			✓		✓		
Berro	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Chilillo	✓		✓				
Myriophyllum acuaticum	✓				✓	✓	
Paragüitas				✓			
Lemna sp.	✓	✓					✓
Tule	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Shacaltule							
Elodea				✓			✓
Ninfa		✓					
Ortiga	✓				✓	✓	
Carrizo	✓		✓				
Papiro	✓	✓	✓				✓
Pastos	✓						
Navajillo							
Tepozán			✓				
Jarilla							
Lama							
Ahuejote		✓					

Tabla 8. Vegetación presente en cada canal de la zona B.

ZONA	B											
SITIO	AMPAMPILCO	INFIERNITO	LAGUNA ASUNCIÓN	COSTEPEXAN	SAN LORENZO	TOCHIPA	SAN PEDRO	LAGUNA TEZHUILO	TEZHUILO	APATLACO	CRUXTITLA	PUENTE URRUTIA
ESPECIE												
Lirio acuático	✓			✓								
Altamisa					✓							
Lechuga de agua	✓	✓	✓		✓						✓	✓
Berro	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Chilillo	✓											✓
Myriophyllum acuaticum	✓									✓		
Paragüitas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Lemna sp.			✓		✓				✓	✓	✓	✓
Tule	✓							✓				
Shacaltule					✓						✓	
Elodea	✓	✓			✓		✓			✓	✓	
Ninfa										✓		
Ortiga												
Carrizo												
Papiro	✓		✓		✓	✓		✓		✓		✓
Pastos	✓											
Navajillo	✓											
Tepozán												
Jarilla							✓				✓	✓
Lama									✓			✓
Ahuejote									✓		✓	

Tabla 9. Vegetación presente en cada canal de la zona C.

ZONA	C				
SITIO	CALTONGO	TURISTICO	XALTOCAN	NATIVITAS	SANTA CRUZ
ESPECIE					
Lirio acuático			✓		✓
Altamisa					
Lechuga de agua					✓
Berro		✓	✓		✓
Chilillo					✓
Myriophyllum acuaticum	✓				
Paragüitas	✓	✓		✓	✓
Lemna sp.					
Tule					
Shacaltule	✓		✓	✓	✓
Elodea		✓			
Ninfa					
Ortiga					
Carrizo					✓
Papiro					
Pastos					
Navajillo					
Tepozán					
Jarilla					
Lama					
Ahuejote					



Tabla 10. Vegetación presente en cada canal de la zona D y F.

ZONA	D						F
SITIO	CUEMANCO	LAGUNA TORO	AMELACO	TOLTENCO	TLICUILLI	CHICOCO	PISTA CANOTAJE Y RETROCESO
ESPECIE							
Lirio acuático	✓	✓	✓	✓		✓	
Altamisa							
Lechuga de agua		✓	✓	✓	✓		
Berro	✓	✓	✓	✓	✓		
Chilillo	✓						
Myriophyllum acuaticum	✓		✓	✓	✓		
Paragüitas		✓	✓	✓	✓		
Lemna sp.		✓					
Tule			✓	✓	✓	✓	✓
Shacaltule							✓
Elodea			✓	✓	✓	✓	
Ninfa	✓						
Ortiga							
Carrizo							
Papiro		✓				✓	
Pastos							
Navajillo							
Tepozán							
Jarilla						✓	
Lama							
Ahuejote							

Respecto a las longitudes totales y pesos de los organismos colectados mediante los lances de atarraya, no se observó una diferencia marcada en cuanto a medidas morfométricas entre los organismos de diferentes zonas (Figura 37 y Figura 38). Esto puede indicar que para estas especies, el recurso alimenticio es abundante en todas las zonas y por lo tanto no es un limitante para su distribución.

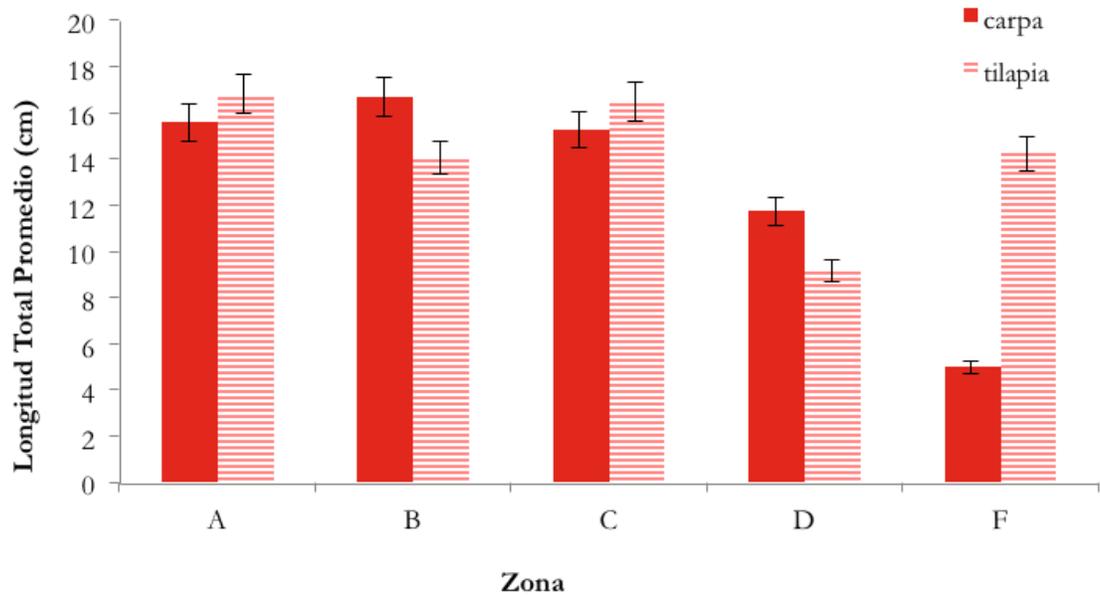


Figura 37. Longitud total promedio de peces en cada zona.

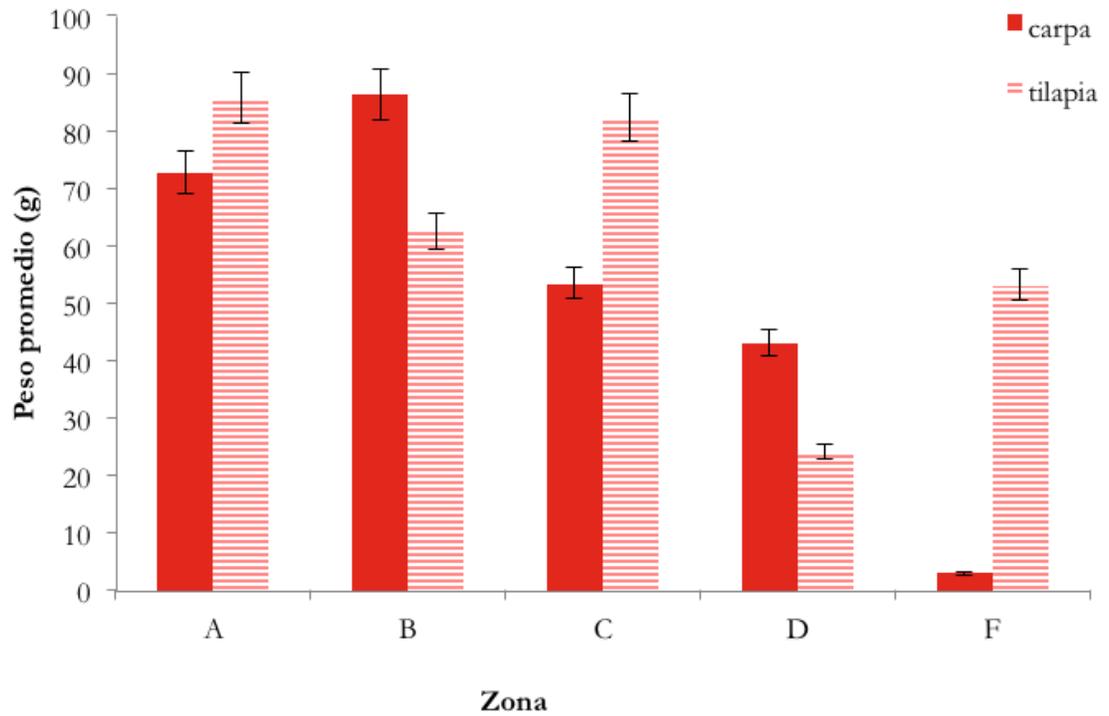


Figura 38. Peso promedio de peces en cada zona.



Variables fisicoquímicas en Tláhuac

La colecta en los Humedales de Tláhuac permitió caracterizar los cuatro cuerpos de agua presentes en la zona. Se observó que los cuerpos de agua tienen una coloración verdosa (Fig. 36) a causa de los florecimientos algales, presentan baja transparencia y son someros, presentando profundidades promedio no mayores a los 77 cm (Fig. 37). Entre los cuatro humedales, el que presentó la máxima profundidad fue el cuerpo denominado Tláhuac 2 con poco más de un metro de profundidad. Debido a esta poca variación en la profundidad, las temperaturas registradas de cada cuerpo de agua se mantuvieron uniformes entre cada punto de muestreo, y no se observó gran variación entre los cuatro cuerpos, oscilando la temperatura entre los 18 y 24 °C.



Figura 39. Cuerpos de agua colectados en el antiguo Lago de Chalco.

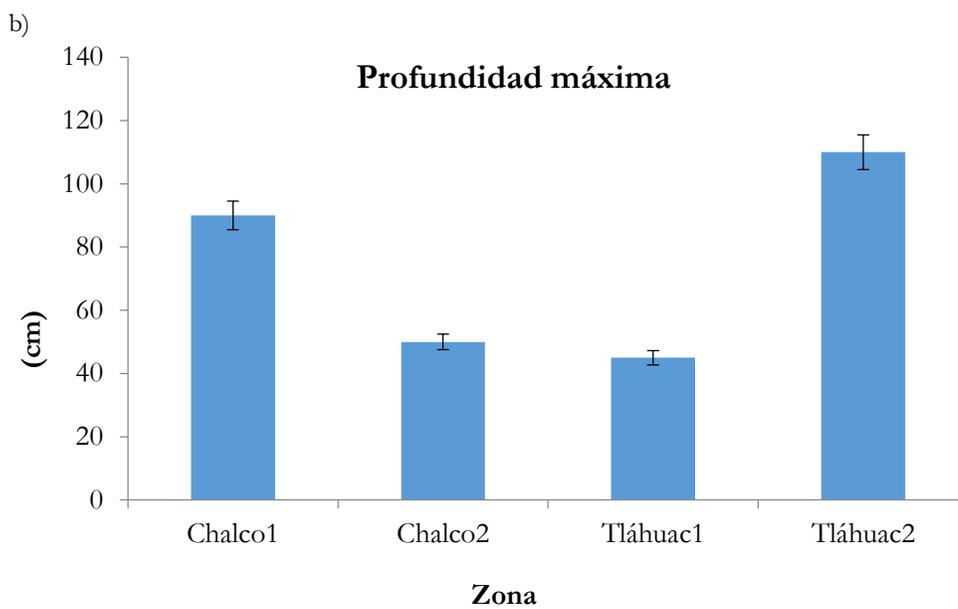
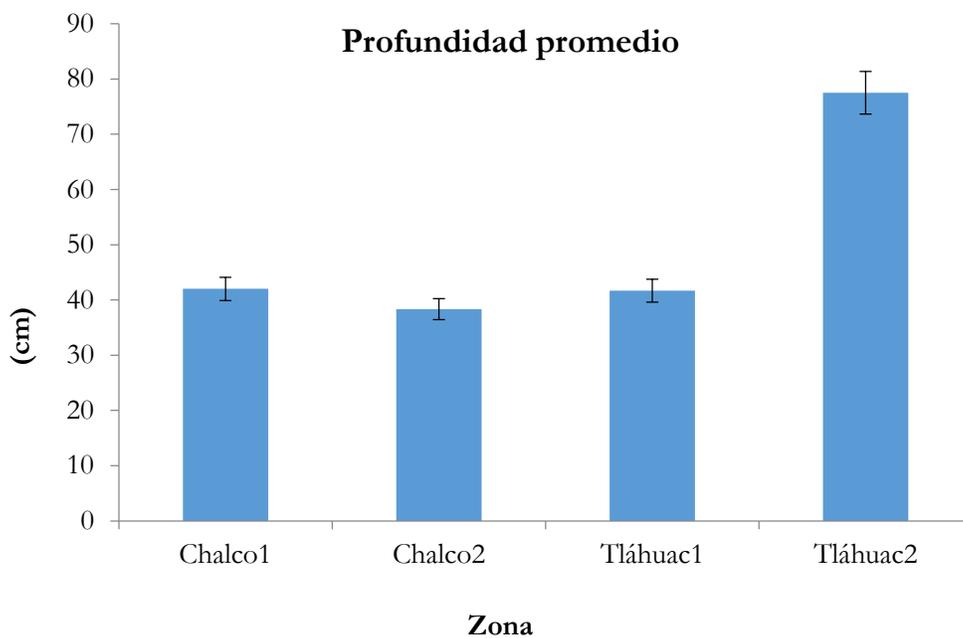
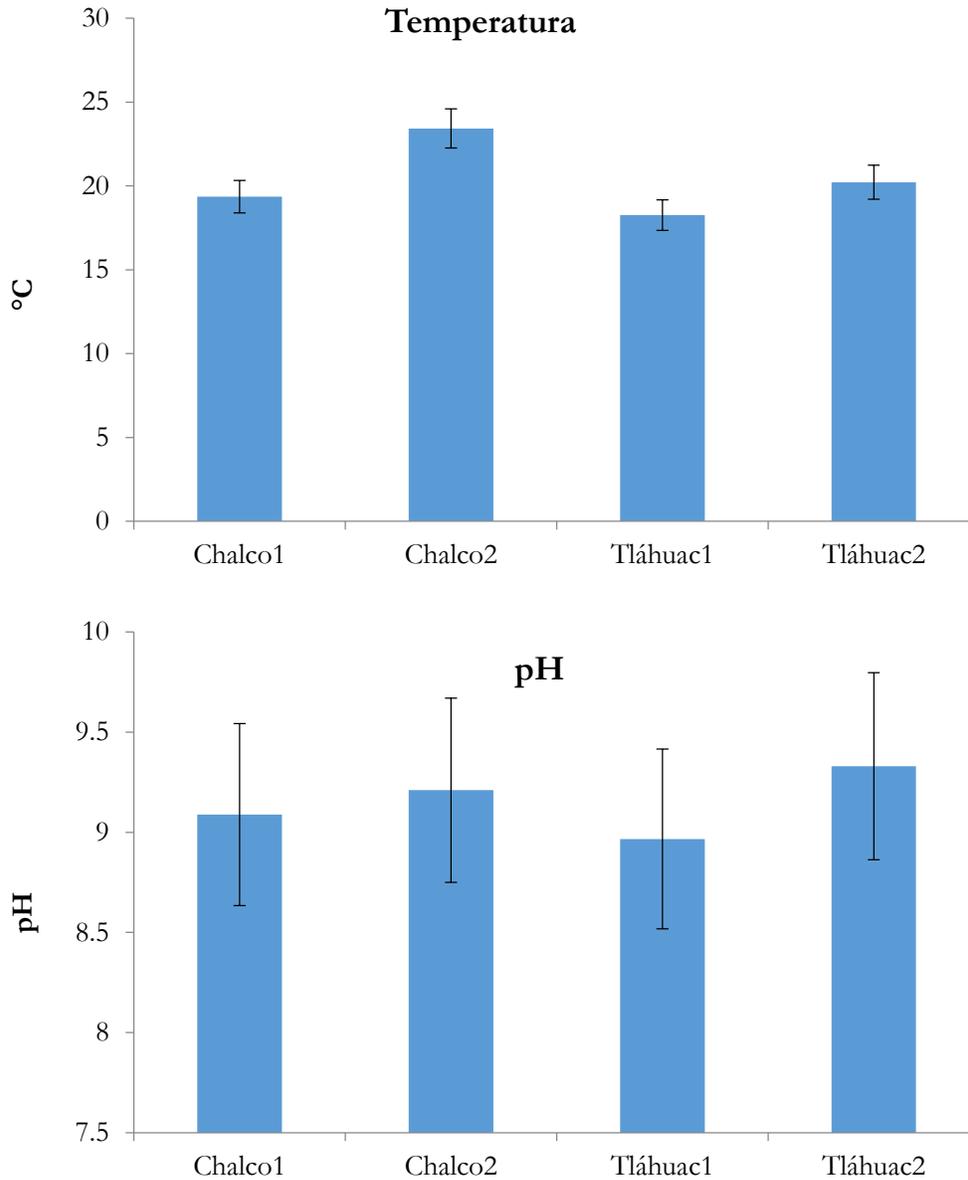


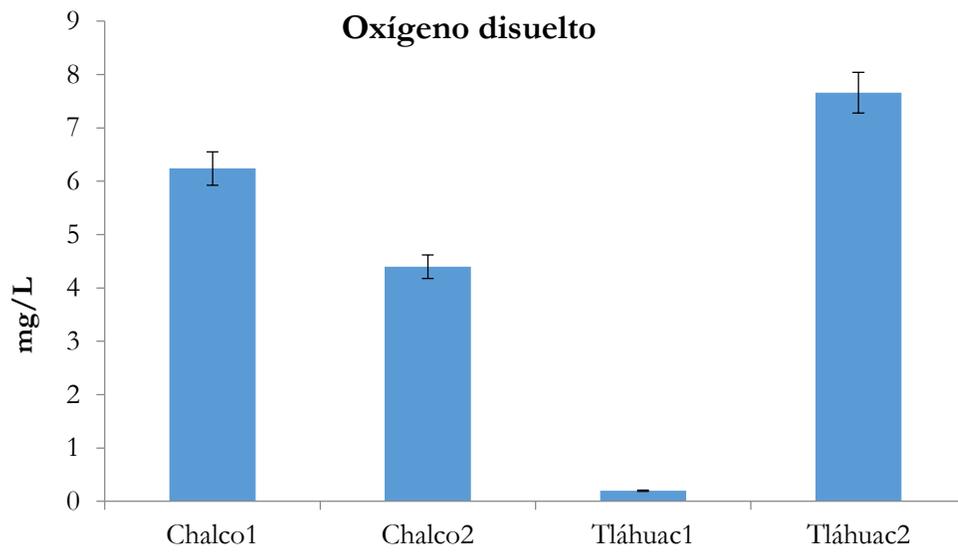
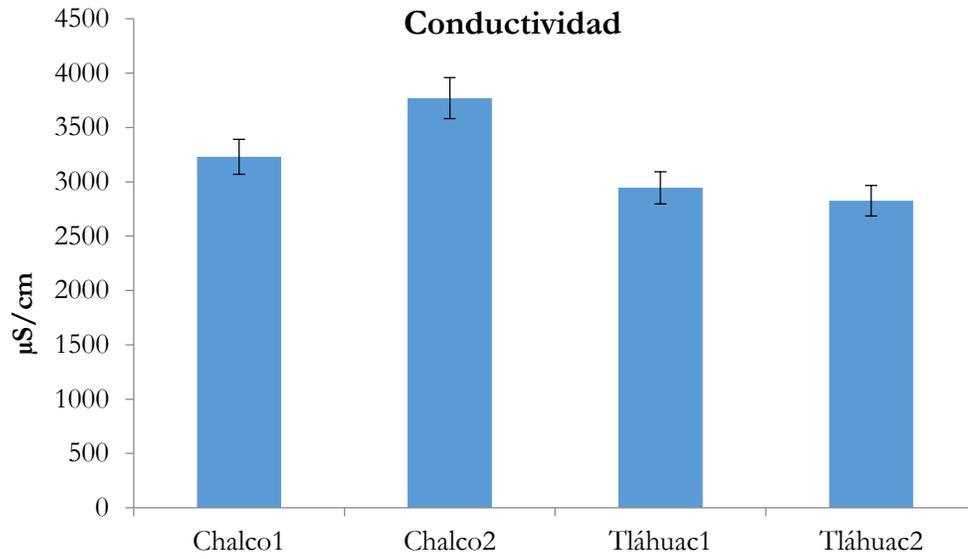
Figura 40. Profundidad promedio y máxima de cada cuerpo de agua del Lago de Chalco.

Por su parte, el pH osciló entre 8.5 y 9.8, con un promedio de 9.15, siendo Tláhuac2 el que mayores valores presentó. A su vez, la conductividad fue alta en todos los sitios muestreados, superando los 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y alcanzando más de 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Chalco2. En valores de



oxígeno disuelto, Tláhuac2 y Chalco1 fueron las que presentaron mayores niveles, alcanzando respectivamente los 7.6 y 6.2 mg/L en promedio. Particularmente, Chalco1 es un cuerpo con mucha abundancia de fitoplancton, factor que incrementa a nivel local la disponibilidad de oxígeno pero disminuye completamente la transparencia del sistema y aumenta la turbidez.





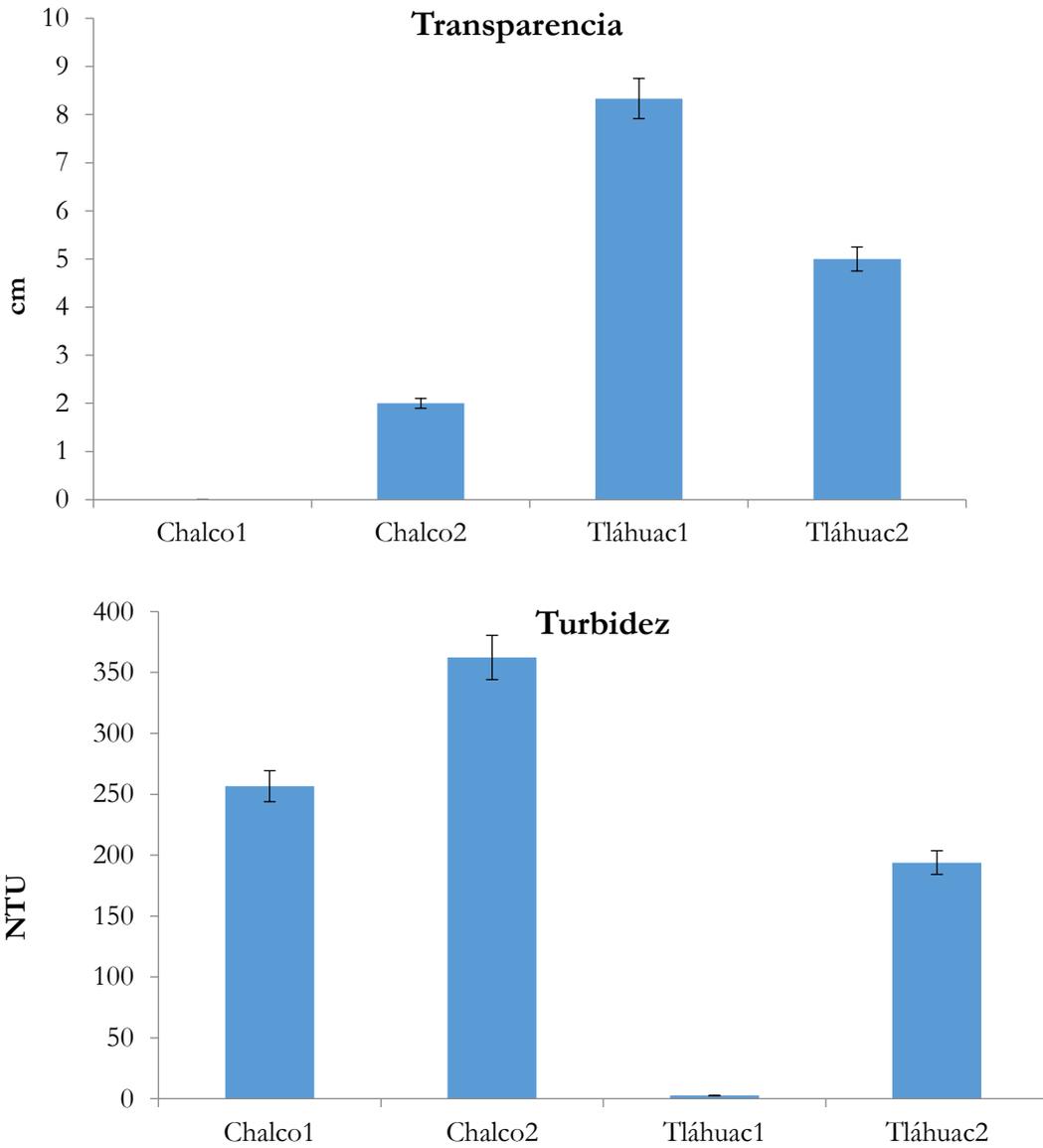


Figura 41. Valores promedio de temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, transparencia y turbidez de los cuerpos de agua colectados, Humedales de Tláhuac.

La recolección de datos fisicoquímicos en este cuerpo de agua permitió elaborar mapas de interpolación que muestren procesos espaciales respecto a cada parámetro medido (Fig. 39-46).

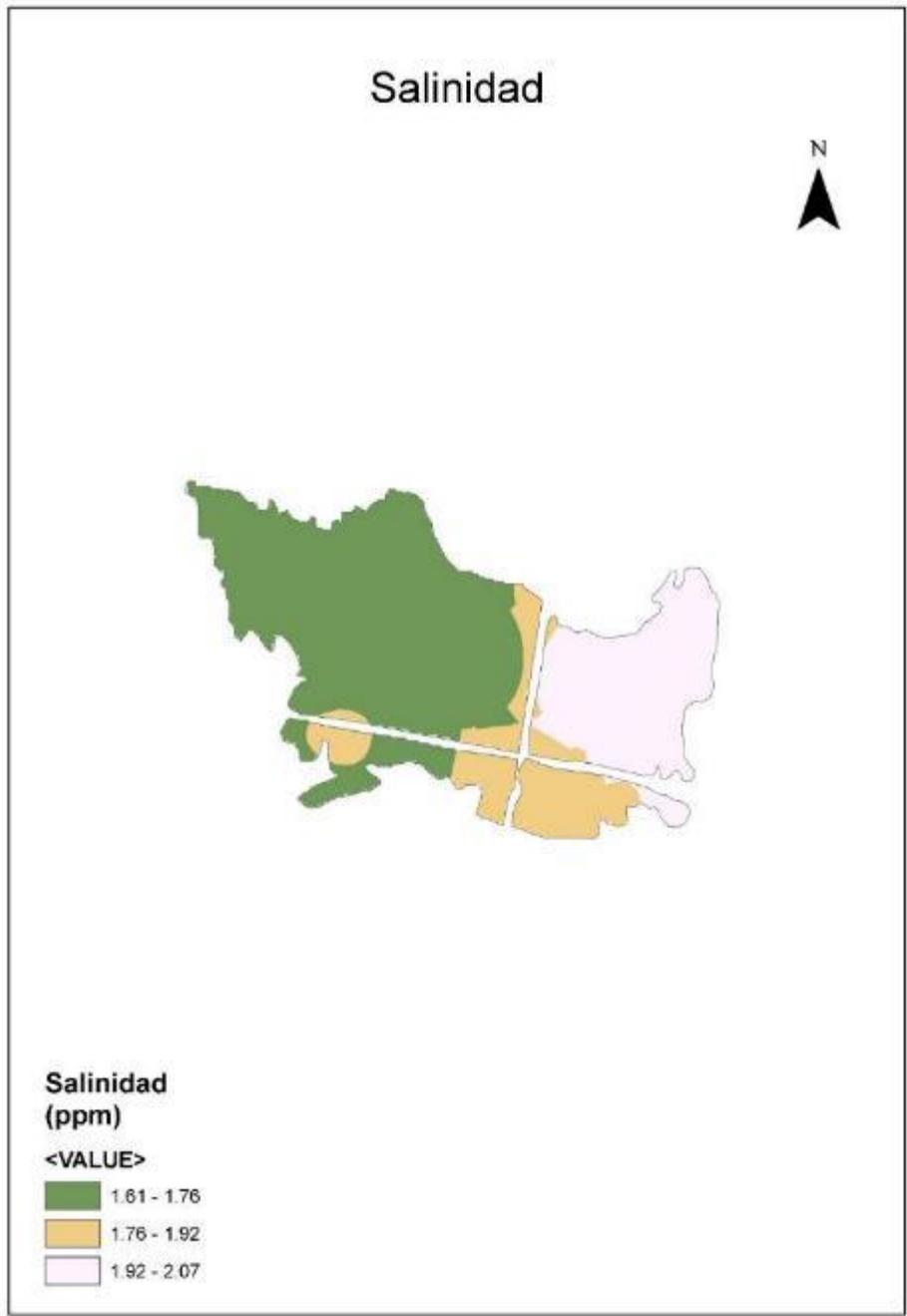


Figura 42. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a la Salinidad

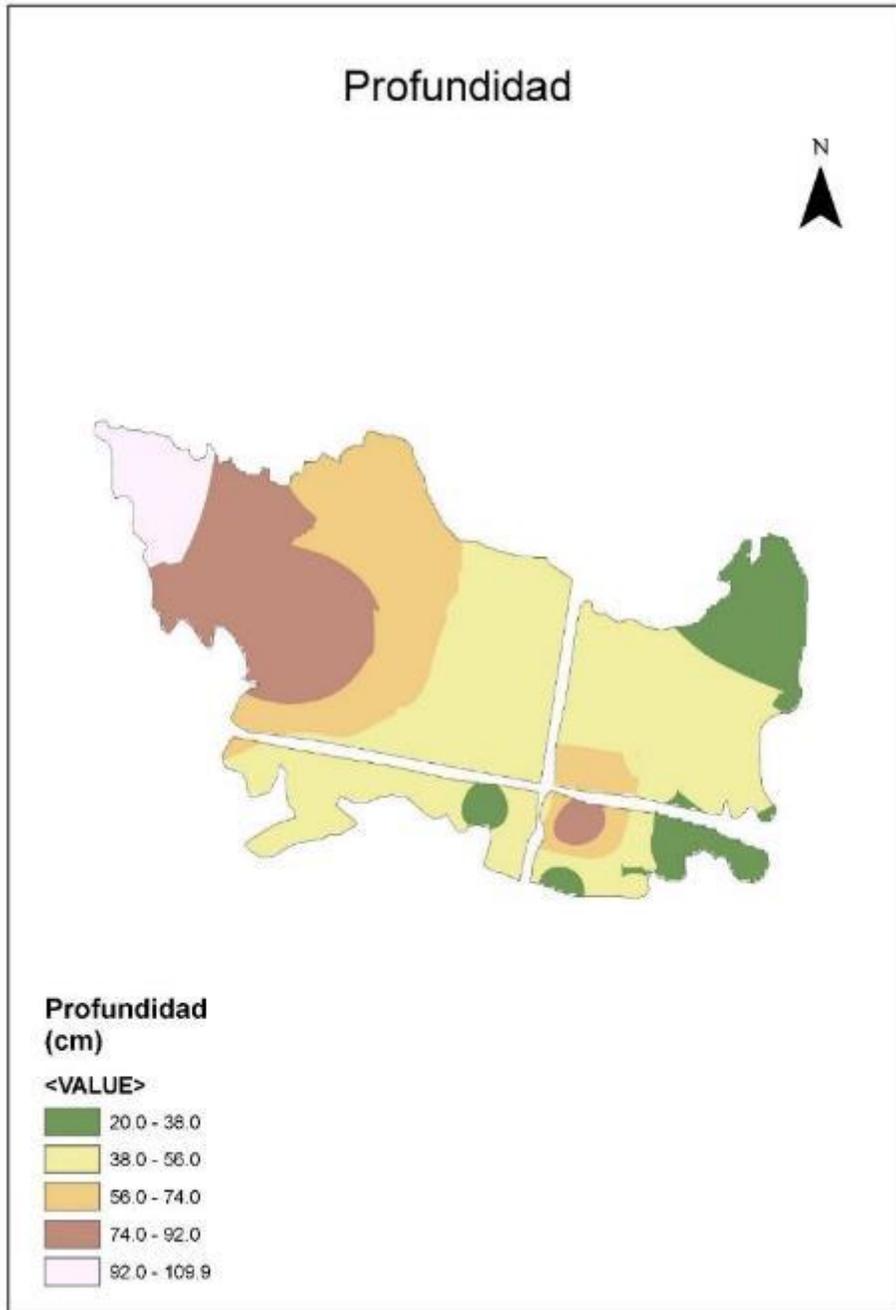


Figura 43. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Profundidad.

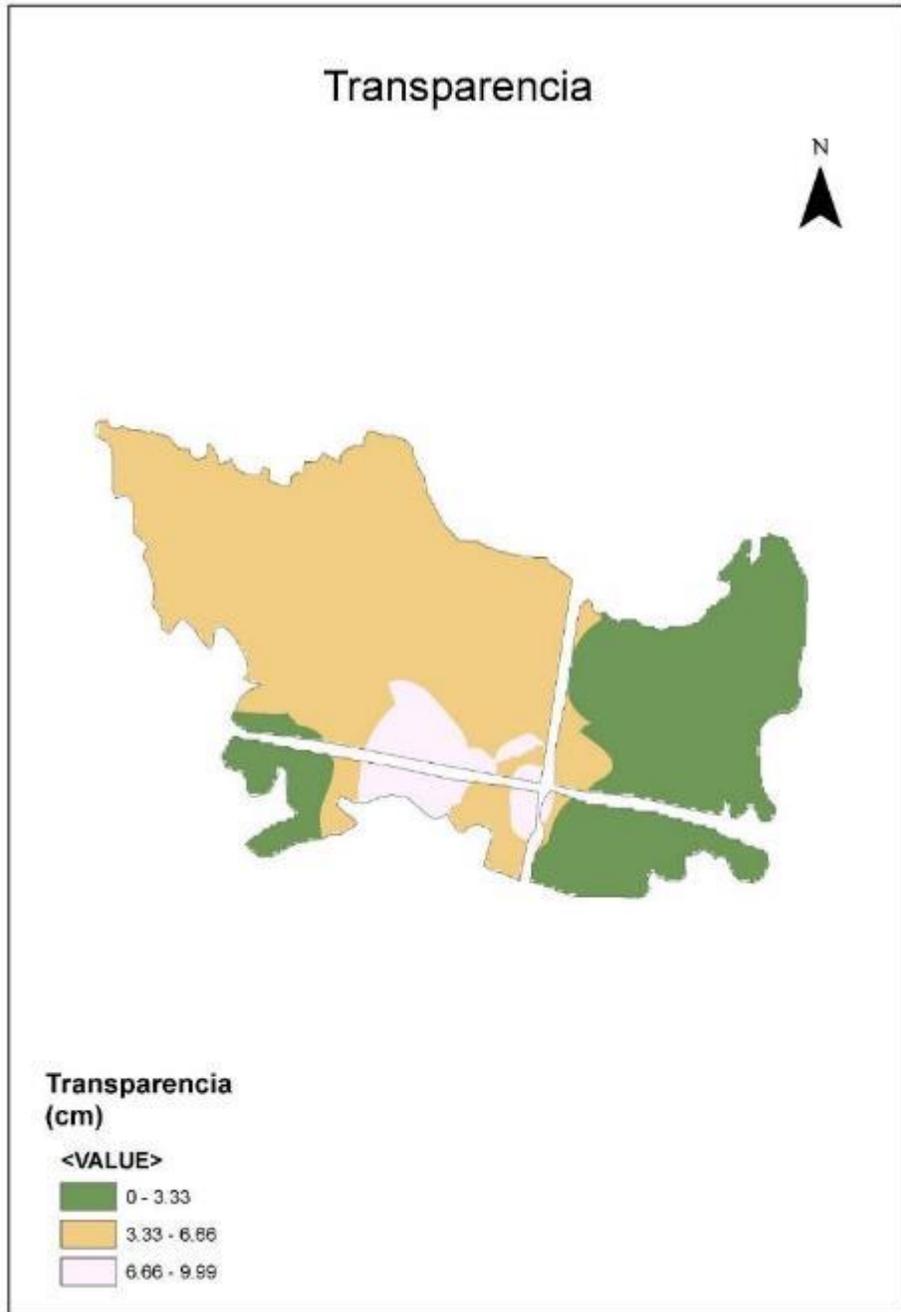


Figura 44. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Transparencia.

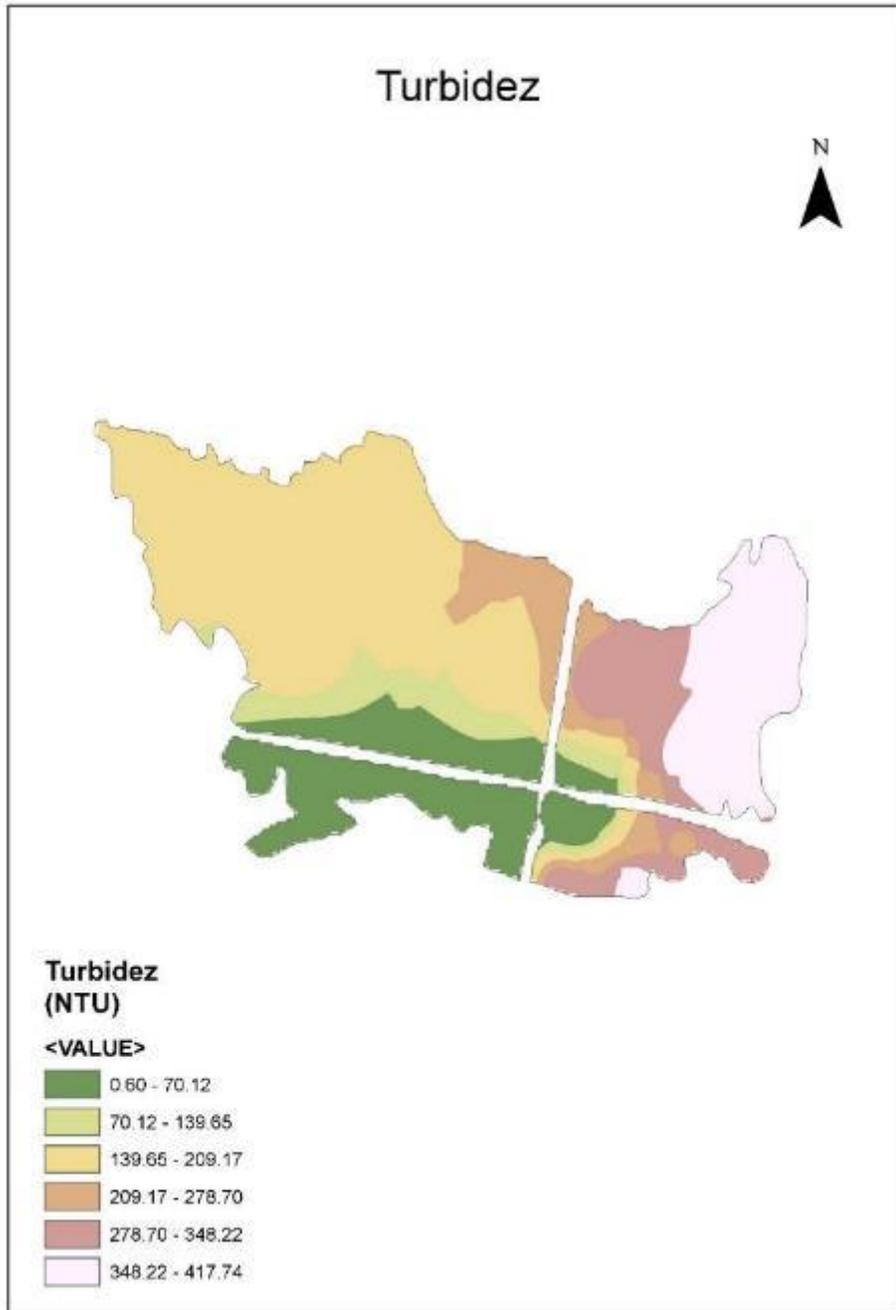


Figura 45. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Turbidez.

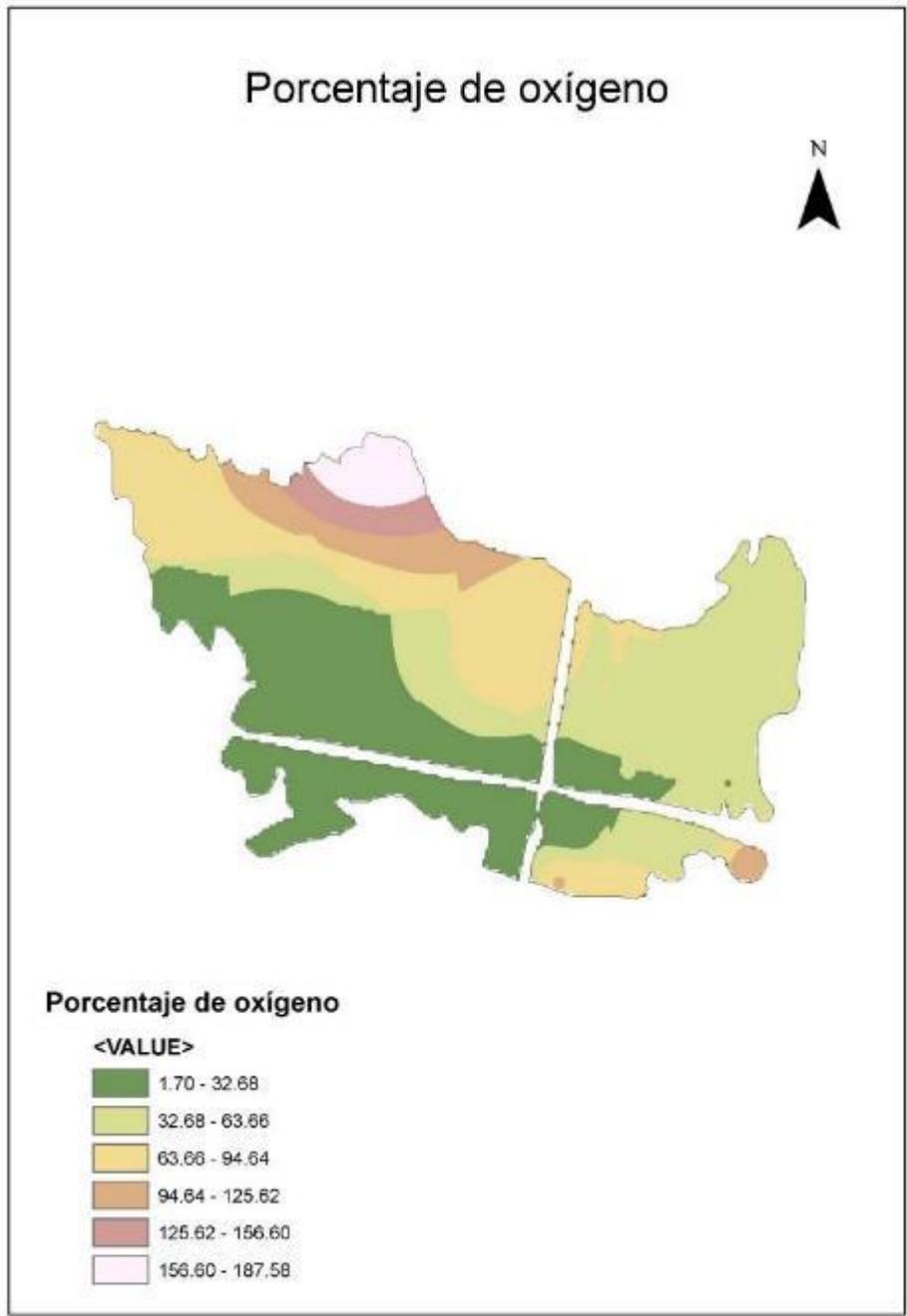


Figura 46. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a Porcentaje de Oxígeno.

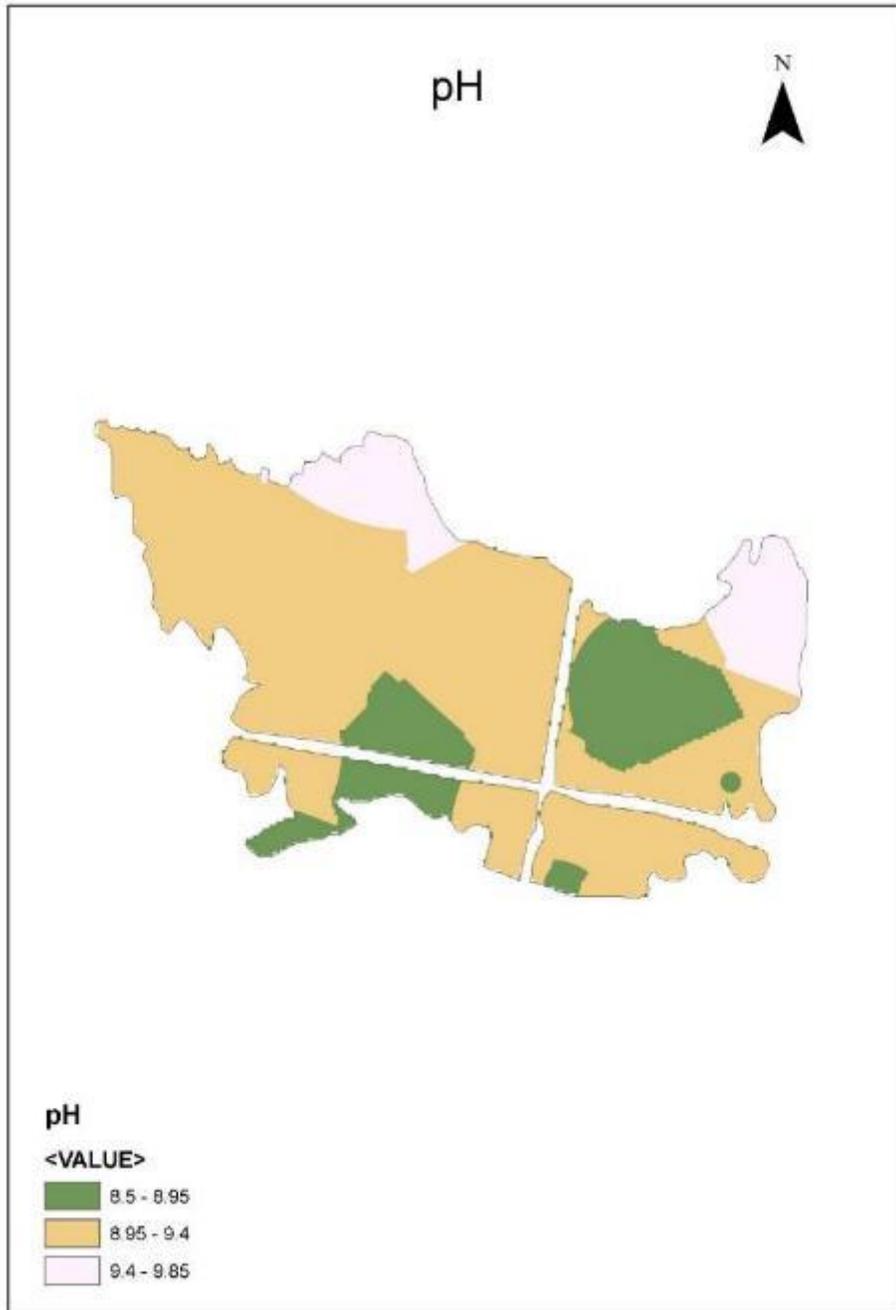


Figura 47. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a pH.

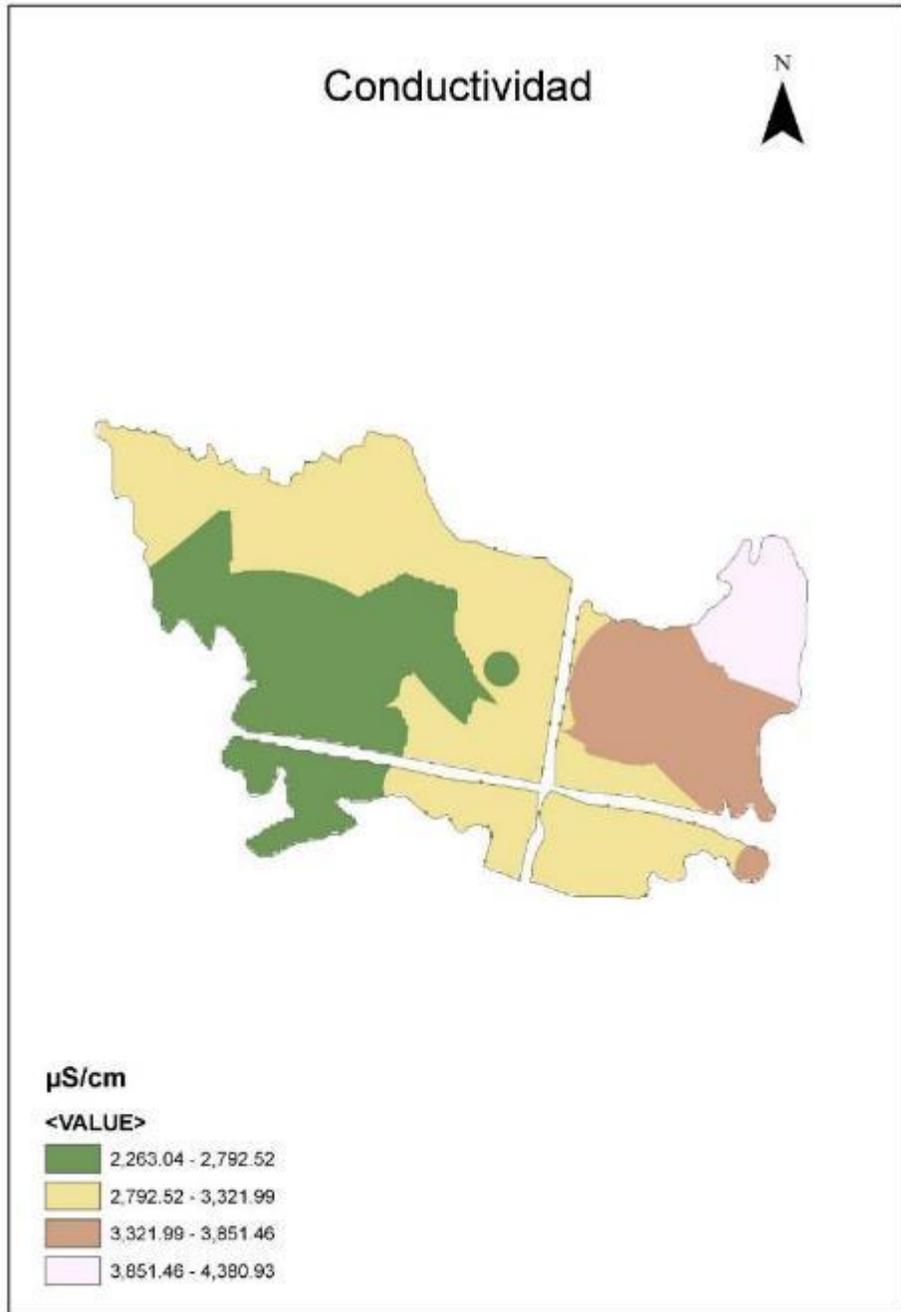


Figura 48. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a conductividad.

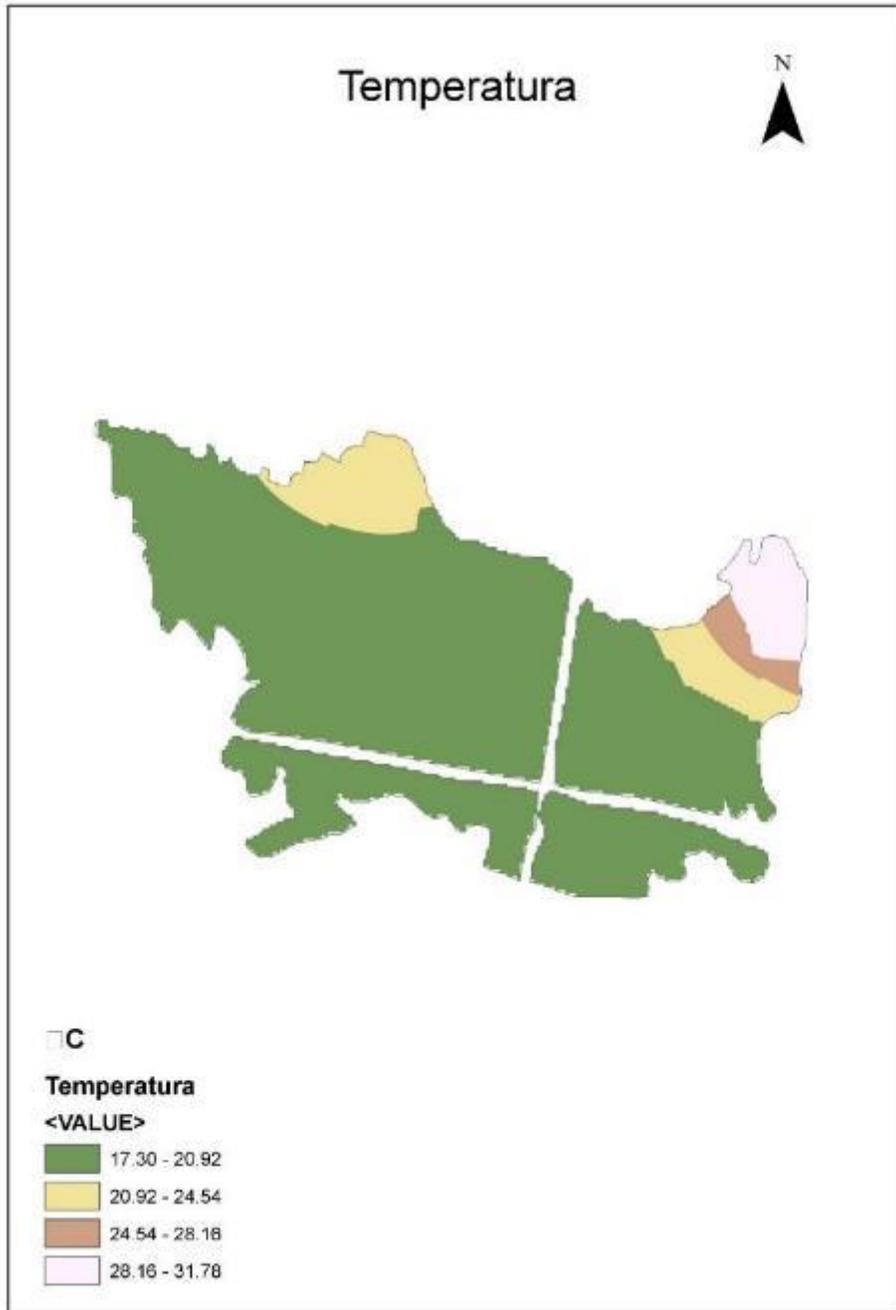


Figura 49. Caracterización de Humedales de Tláhuac en cuanto a temperatura.

Nutrientes y variables bióticas en Tláhuac

Los niveles de nutrientes indican que los sitios se encuentran en un estado hipereutrófico (1 mg/L). Entre los cuatro cuerpos, Chalco1 es el que presentó los mayores valores de amonio y nitratos. Este cuerpo de agua fue el único donde no se observó presencia de peces ni axolotes, sugiriendo que los niveles son demasiado tóxicos para permitir el establecimiento de alguna población.

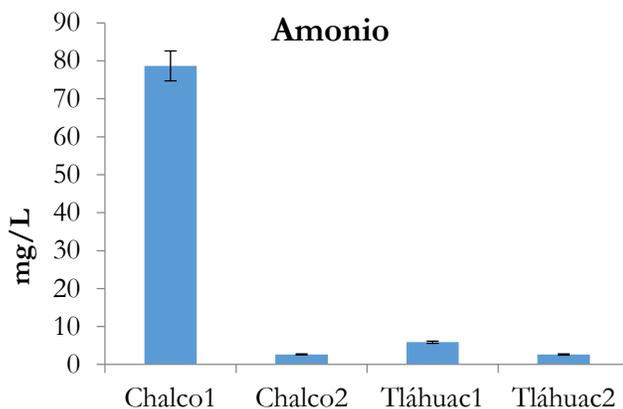


Figura 50. Valores promedio de nutrientes en los cuerpos de agua colectados, Humedal de Tláhuac.

Respecto a las variables bióticas, el sitio que presentó mayor cantidad de zooplancton fue Tláhuac 2, seguido de Tláhuac1. Esto representa una importante fuente de alimentación para los axolotes juveniles. Además, la abundancia de copépodos y rotíferos ayudan a la depuración del sistema mediante la filtración de fitoplancton y detritus, contribuyendo al aumento de la transparencia en estos sitios.

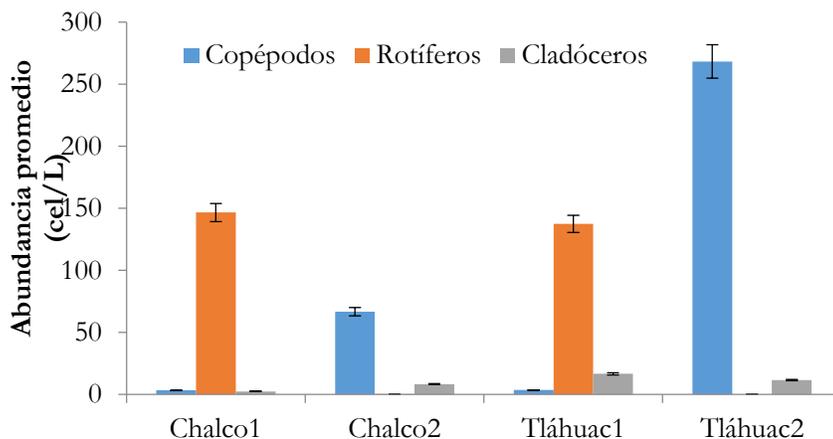


Figura 51. Abundancia promedio de zooplancton en cada zona, Humedales de Tláhuac.



Por su parte, se encontró que la abundancia de insectos fue mayor en Tláhuac1 seguido de Chalco 1, comportamiento similar respecto al número de familias identificado (Fig. 41). Estos cuerpos de agua fueron muy someros pero presentan abundante vegetación en sus márgenes, favoreciendo la presencia de insectos.

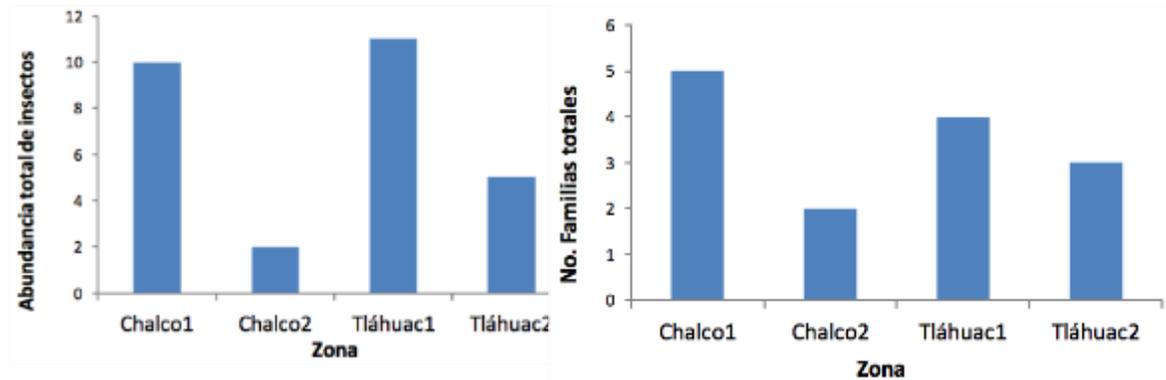


Figura 52. Abundancia total y número de familias presente en cada cuerpo de agua colectado, Humedales de Tláhuac.

La colecta de vertebrados acuáticos registró una especie de pez presente en Tláhuac1 y 2 y Chalco 2 identificada como una especie de charal (*Chiostoma* sp.) Los ejemplares colectados presentaron una longitud promedio de 3 cm. y la máxima longitud fue de un organismo que midió 5.5 cm y pesó 1.7 g. Además, se colectaron 14 ejemplares de axolote, 7 en Tláhuac1, 2 en Tláhuac2 y 5 en Chalco2. En Chalco1 no se registró presencia. Las características de los organismos sugieren que se trata de *Ambystoma mexicanum* pero se encuentran actualmente bajo resguardo del Laboratorio de Restauración ecológica para realizar pruebas genéticas que determinen con certeza la especie. Los datos morfométricos de estos organismos serán reportados en la.



Figura 53. Axolotes colectados en los cuerpos de agua de Tláhuac-Milpa Alta.



Tabla 11. Datos morfométricos de los axolotes colectados en Xochimilco y los Humedales de Tláhuac.

FECHA DE COLECTA	ORIGEN	ESPECIE	FECHA DE INGRESO A LA COLONIA	SEXO	COLOR	PESO (G)	CONDICIÓN CORPORAL (1=FLACO; 2=SANO, 3=OBESO)	LARGO TOTAL (CM)	LARGO BRANQUIAS (CM)	OBSERVACIONES
27-feb-14	Pista de canotaje Virgilio Uribe	<i>A. mexicanum</i>	28-feb-14	Macho	Verde oscuro con lunares negros	145	2.5	27.5	3	Se observan lesiones en la piel.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde olivo	30.5	2	15.3	1.2	Cola lastimada.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde olivo	31.6	2	16	2.3	Poco reactivo.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde olivo	27.3	2	14.5	1.7	Cola lastimada.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Gris verdoso	22.8	2	14.5	1.5	Cola lastimada.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde amarillo	17.42	2	13.5	1.5	Cola lastimada.
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde amarillo	17.78	2	13.5	1.7	Ninguna
23-abr-14	Tláhuac	Por identificar	23-abr-14	Juvenil	Verde amarillo	37.5	3	17	2.5	Cola lastimada.
24-abr-14	Tláhuac	Por identificar	24-abr-14	Juvenil	Verde amarillo	14.2	3	9.8	1.3	Lesiones en cola, miembros anteriores y posteriores
07-may-14	Tláhuac	Por identificar	07-may-14	Juvenil	Amarillo verdoso con lunares oscuros y claros	39.9	2	16.8	2.7	Ninguna
07-may-14	Tláhuac	Por identificar	07-may-14	Hembra	Amarillo verdoso con lunares oscuros y claros	80.1	3	22.6	1.6	Inicio de metamorfosis, lesiones en ojos y cola.
07-may-14	Tláhuac	Por identificar	07-may-14	Juvenil	Amarillo verdoso con lunares oscuros y claros	29.3	2	16.2	2.4	Lesiones en la punta de la cola.

FECHA DE COLECTA	ORIGEN	ESPECIE	FECHA DE INGRESO A LA COLONIA	SEXO	COLOR	PESO (G)	CONDICIÓN CORPORAL (1= FLACO; 2=SANO, 3=OBESO)	LARGO TOTAL (CM)	LARGO BRANQUIAS (CM)	OBSERVACIONES
07-may-14	Tláhuac	Por identificar	07-may-14	Juvenil	Amarillo verdoso con lunares oscuros y claros	22.1	3	14.4	2.2	Cola lastimada.



Diagnóstico de las variables bióticas y abióticas del sistema lacustre

Los resultados obtenidos de la colecta de variables bióticas y abióticas en los distintos canales, refrendan la zonificación de Merlo propuesta en el 2010 (Fig. 43). En esta zonificación se identifica a las zonas A y D como las más conservadas y las que actualmente presentan la menor abundancia de peces introducidos (carpa y tilapia), lo cual permite que las especies nativas desplazadas recuperen su hábitat gradualmente. A nivel local, algunas variables obtenidas en el canal del Bordo influyen negativamente en los promedios de la zona por lo que es necesario evaluar a largo plazo el comportamiento y dinámica de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del canal. De este modo, se podrá determinar si este canal se comporta diferente al resto de los demás en esta zona. Además, se deberán realizar monitoreos en el Parque Ecológico de Xochimilco para determinar su influencia en el canal. Los altos niveles de conductividad registrados en este sitio pueden deberse a entradas locales estacionales, así como a los niveles de evaporación y la pérdida de profundidad del canal por acumulación de sedimentos por lo que puede estar sufriendo la influencia acumulada del arrastre de compuestos orgánicos y carbonatados.

Por su parte, la zona D sobresalió por la presencia y abundancia de charal, un pez nativo cuya sensibilidad a la contaminación permite considerarlo un indicador de la calidad de agua del sitio. En esta zona, los valores promedio de las variables fisicoquímicas fueron perjudicados por los canales del lado de la Laguna del Toro (Amelaco, Toltenco y Tlicuilli). Esta área actualmente se encuentra separada del resto del sistema lacustre mediante una compuerta que limita el intercambio de agua pero además impide la circulación del agua del lado de la laguna. A su vez, no se observan chinampas trabajadas y el aumento de asentamientos irregulares muestra efectos adversos perceptibles en el agua de los canales. Sumado a esto, esta área se encuentra muy cerca de uno de los barrios más conflictivos de Xochimilco (Amalacachico) lo cual dificulta realizar monitoreos seguros en los canales. Al igual que con el canal del Bordo, se recomienda un monitoreo a largo plazo para comprender el comportamiento y la dinámica del área y se sugiere su posible inclusión en una zona aparte.

Respecto a la zona B, se identifica como una zona de transición por lo que su calidad de agua varía dependiendo de la cercanía a las zonas urbanas y de asentamientos irregulares. Al norte de la zona, en los límites con la zona A (Ampampilco, Tezhuilo, Paso del Águila, entre otros) todavía se cuenta con chinampas tradicionales así como una alta abundancia de peces de pequeña talla y zooplancton. Esto refleja una mejor calidad de agua, lo cual se ve traducido en mayor disponibilidad de alimento para los axolotes que puedan estar presentes en la zona. En la parte sur de la zona, se observa un crecimiento de los asentamientos humanos. El canal de Apatlaco actualmente parece ser el límite entre las chinampas trabajadas y las chinampas con uso de suelo habitacional. A su vez, en esta zona se encuentra inmerso uno de los asentamientos irregulares más grandes, que confluyen en la laguna de la Asunción y en canal San Lorenzo (Fig. 44). Estas características hacen que estos canales presenten una menor calidad del agua respecto al resto de los canales de la zona. La abundancia de organismos

acuáticos, vertebrados e invertebrados, es baja. Esta zona influye de forma negativa en la zona B, por lo cual se le considera como una de las más perturbadas.



Figura 54. Regionalización de los canales de la zona lacustre de Xochimilco propuesta por Merlo, 2010.

Asimismo, la zona C se puede catalogar como la zona menos conservada del sistema lacustre. La presencia de asentamientos urbanos y pérdida de chinampas tradicionales es muy marcada. La abundancia de especies introducidas es muy alta por lo que la perturbación ecológica es clara. Es una zona que si bien presentó manchones de vegetación propicios para el establecimiento de zooplancton y macroinvertebrados acuáticos, la cantidad y diversidad de ambos grupos fue muy baja. Además, fue la zona con más cantidad de nitratos lo que sugiere un aporte importante de materia orgánica por descargas directas de desechos humanos al sistema, esto causado por el uso de suelo presente, el cual está enfocado al préstamos de servicios turísticos como baños, puestos de comida, venta de animales (generalmente de manera ilegal) y venta de plantas y flores producidas con gran cantidad de agroquímicas.

Por su parte, la zona F se comporta aisladamente al resto del sistema lacustre. No presenta una alta riqueza de organismos y la abundancia de peces introducidos es muy alta, pero no cuenta con perturbaciones antropogénicas. Además, la presencia de axolote sugiere que el grado de conservación de esta zona es de moderado a alto.



Productividad

Una de las principales características que han distinguido a la Zona Lacustre de Xochimilco como un humedal de importancia internacional es la práctica de la chinampería. Este método de agricultura tradicional es considerado único en el mundo y catalogado como uno de los más productivos en el país debido a que la tierra se trabaja durante todo el año sin el uso de agroquímicos ni productos sintéticos contaminen los productos, la tierra o el agua. Esta singular técnica fue el principal factor por el cual en 1986, la UNESCO declaró a la Zona Lacustre de Xochimilco Patrimonio Mundial.

Esta línea de acción buscó identificar las actividades productivas que se llevan a cabo en las diferentes regiones de la Zona Patrimonial de Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta. También busca determinar el impacto generado en el humedal por dichas actividades así como identificar el potencial comercial de los recursos cultivados. Para esto se llevaron a cabo recorridos de observación y acopio de datos mediante entrevistas a los productores locales.

Entrevistas para recolección de información

Se realizaron 25 salidas dentro de la superficie perteneciente a la delegación Xochimilco y seis recorridos en la superficie perteneciente a la delegación Tláhuac considerando como zonas de interés las superficies con vocación agrícola contempladas dentro de la zona patrimonio (Figura 55). Se realizaron un total de 20 entrevistas en diversos puntos (Anexo 4 y Anexo 5), resulta pertinente destacar que en las entrevistas realizadas en el paraje Tlilac perteneciente al pueblo de San Gregorio Atlapulco (Figura 56) y la coordinación territorial de la delegación Tláhuac en el Centro Histórico de Mixquic se recopiló la opinión y percepción de diversos productores (Tabla 12).

En el caso de San Gregorio Atlapulco se contactó a los representantes de los parajes Tecaltitla y Tlilac quienes además de ser productores, conocen la problemática que aqueja alrededor de 90 productores. Cabe mencionar que en la entrevista realizada en el paraje Tlilac se congregaron cerca de ocho productores, cuya opinión fue registrada a nombre de Armando Galicia, representante de los productores del paraje. En el caso del Ejido de San Gregorio se dialogó con el Comisario Alfredo Abad, quien conoce la problemática ampliamente y representa a los ejidatarios.

En la entrevista realizada a Felipe David Jurado Ramírez, secretario Ejidal en Mixquic, se conversó con cinco productores, los cuales expusieron la problemática que enfrentan diariamente al realizar sus actividades. Estos datos fueron registrados en la entrevista de dicha autoridad. Estas entrevistas fueron realizadas a diversos representantes ejidales, por lo incorporan la opinión de decenas de productores de las distintas zonas.

Tabla 12. Información obtenida mediante las entrevistas de campo en los recorridos de caracterización, los datos de georreferencia de los puntos de entrevista corresponden al sistema de coordenadas geográficas WGS84.

ENTREVISTADO	GEOREFERENCIA	INFORMACIÓN RELEVANTE
Francisco Mendoza	19°16'4.29"N; 99° 6'25.01"O	Las actividades agrícolas están en decadencia y en la zona ya casi nadie produce, la calidad del agua está afectando a los cultivos.
Gregorio de la Cruz	19°17'4.81"N; 99° 6'4.61"O	Utiliza estiércol como abono, es importante tener información para dejar de usar agroquímicos pero tenemos que aprender cómo. Vender la producción es difícil y cada vez se gana menos.
Pedro Méndez	19°16'40.39"N; 99° 6'6.44"O	Se necesitan nuevos canales de comercialización y asesoría para mejorar la producción orgánica. La calidad del agua está ocasionando enfermedades a los cultivos.
Luciano García	19°16'57.96"N; 99° 5'49.75"O	La calidad del agua está enfermando los cultivos, es importante la asesoría para control de plagas y enfermedades.
Marco Antonio del Valle	19°16'40.46"N; 99° 5'38.26"O	Es indispensable la asesoría para lograr buenas cosechas y saber cómo mejorar nuestro suelo, la calidad del agua está dificultando obtener buenas cosechas.
Fidel Flores	19°16'24.60"N; 99° 5'43.89"O	Producir es cada vez más difícil porque se trabaja mucho y se gana poco, se gasta dinero en semillas y medicinas para los cultivos.
Felipe Trejo	19°16'17.09"N; 99° 5'48.25"O	Se necesita implementar acciones para rescatar la producción agrícola porque cada vez se produce menos.
Anastasio Medina	99° 5'48.25"O; 99° 5'51.76"O	Cada vez se obtienen menores ganancias en la producción agrícola y los insumos cada vez son más costosos.
Miguel Cristóbal Cortez	19°16'16.78"N; 99° 5'51.76"O	Se obtienen muy pocas ganancias de la venta de verduras en el mercado de Xochimilco, es importante aprender a producir orgánico para tener mayores ganancias.
Anastasio Santana	19°16'22.29"N; 99° 5'17.15"O	En muchas ocasiones no se recupera el gasto que se hace para sembrar, se



ENTREVISTADO	GEOREFERENCIA	INFORMACIÓN RELEVANTE
		gasta mucho para producir y es mucho trabajo.
Mario Rufino Ramos	19°15'58.21"N; 99° 4'1.82"O	Es importante contar con asesoría para producir orgánico y obtener un mejor precio de venta también debe mejorarse la calidad del agua para riego.
Alberto Castro Martínez	19°15'34.15"N; 99° 4'2.48"O	La calidad del agua genera muchos problemas de enfermedades en los cultivos.
Armando Galicia (representante del paraje Tlilac)	19°15'29.69"N; 99° 3'51.73"O	Los problemas de enfermedades en los cultivos son cada vez más frecuentes y diversos, la venta de hortalizas producidas en Gregorio cada vez es más difícil porque el mercado se está saturando.
Alfredo Abad (Comisario Ejidal)	19°15'21.40"N; 99° 3'39.32"O	La problemática es diversa y debe consultarse a los productores sobre las problemáticas que ellos identifican.
Elías Enríquez Flores	19°15'28.15"N; 99° 2'49.05"O	Cada vez es más preocupante la calidad del agua que enferma a nuestros cultivos y puede enfermar a los productores y la gente que consume las verduras, la poca cantidad de agua en los canales dificulta mucho desplazarse y transportar las cosechas.
Diego Hernández Fragoso	19°16'18.17"N; 99° 1'1.09"O	Existen muy pocos productores y en la zona y la participación es muy escasa.
Oswaldo Pineda	19°14'55.47"N; 98°57'55.78"O	En Mixquic existen experiencias de producción orgánica pero la apatía de la gente y la falta de tiempo para preparar abonos y fertilizantes dificulta adoptar este sistema. Existe asesoría por parte del comité de sanidad vegetal para el control de plagas y enfermedades, el mayor problema para los productores en Mixquic es la comercialización.
Enrique Romero (Zona D)	19°15'23.96"N; 99° 5'20.97"O	La producción de plantas ornamentales requiere uso permanente de agroquímicos
Luciano Ramírez (Zona D)	19°15'40.70"N; 99° 5'8.39"O	La siembra de ornamentales requiere una gran cantidad de agroquímicos y fertilizantes

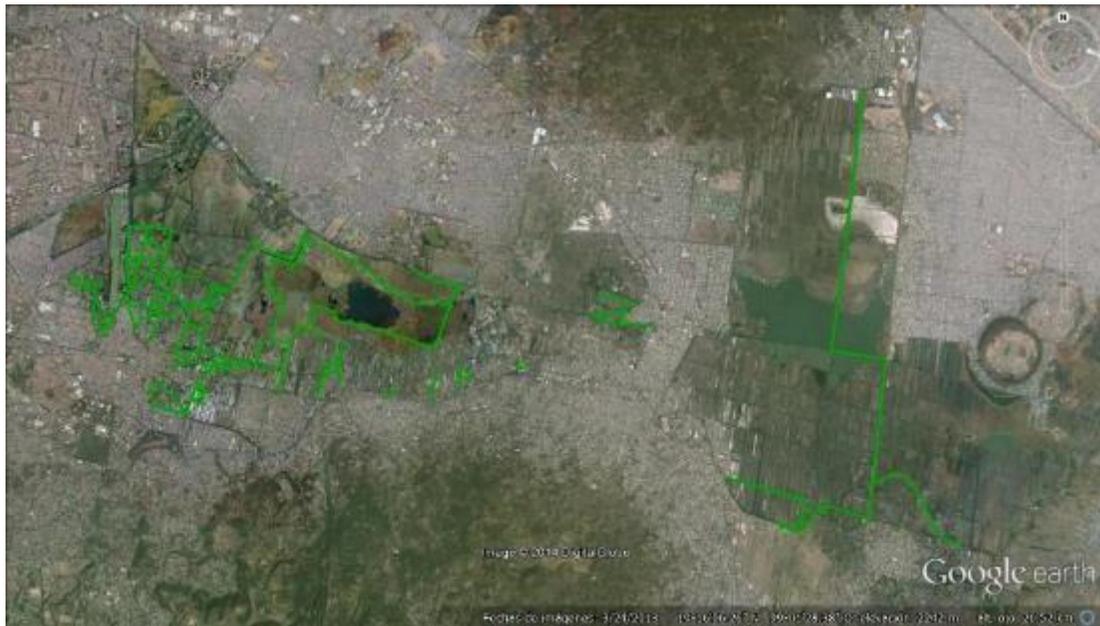


Figura 55. La imagen muestra en color verde los recorridos realizados en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac a partir de los cuales se generó la información para el diagnóstico de la línea de acción productividad.



Figura 56. La imagen muestra los puntos donde se realizaron entrevistas en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac a partir de las cuales se generó la información para el diagnóstico de la línea de acción productividad.



Problemática asociada a la producción agrícola

Tanto para la delegación de Xochimilco, como para Tláhuac, al establecer las diferentes zonas se tomó en cuenta la actividad productiva predominante sin excluir la posibilidad de que puedan realizarse, en menor cantidad, actividades consideradas propias de otra zona. Se encontró una fuerte relación entre el tipo de cultivo y la problemática que lo aqueja (Cuadro 2). Por lo tanto, se presenta una zonificación que integra las actividades productivas de los sitios visitados y sus problemáticas asociadas (Figura 57).

Tabla 13. Algunas problemáticas identificadas asociadas a la producción agrícola.

CULTIVO	PROBLEMÁTICA ASOCIADA
Acelga	Perforaciones y mordidas en Hojas
Brócoli	Mariposa Blanca
Calabaza	Amarillamiento, marchitamiento, pudrición de raíz. Mosca Blanca
Coliflor	Mariposa Blanca
Flor de Chícharo	Amarillamiento y marchitamiento
Epazote	Amarillamiento y marchitamiento
Kale	Infestación por mosca blanca
Maíz Planta	Amarillamiento de hojas
Maíz Grano	Infestación por gorgojos
Papa	Daños por minadores de hoja
Tomate	Mosca Blanca
Verdolaga	Piojo

Producción predominante en Xochimilco, por zonas

En la delegación de Xochimilco, se establecieron ocho zonas tomando en cuenta las diferentes actividades productivas que se realizan.

Zona A

Se caracteriza por la escasa producción agrícola y pecuaria, incluyendo la siembra de ornamentales. Las actividades productivas están encaminadas a la prestación de servicios de esparcimiento, venta de alimentos y bebidas para el turismo proveniente del embarcadero Fernando Celada. Los problemas asociados a plagas, enfermedades y abandono de actividades agrícolas, son los mismos que en la zona B y la comercialización se realiza en el centro de Xochimilco. La zona productiva está muy presionada por el avance de la zona urbana, al Sureste por la extensión de los barrios de Tlacoapa y San Juan, al Suroeste por el avance del barrio San Marcos y al Este y Noreste por Barrio 18.



Figura 57. Zonificación de la superficie Zona Patrimonio perteneciente a la delegación Xochimilco de acuerdo a las diversas actividades productivas identificadas.

Zona B

Concentra el mayor número de productores activos en Xochimilco. Las actividades agrícolas están encaminadas a la obtención de hortalizas de rápido crecimiento como lo son las lechugas, espinaca, rábano y verdolaga. También se observa una marcada preferencia por el cultivo de acelga posiblemente debido al prolongado periodo de corte. Entre los cultivos de temporada está la calabaza para la obtención de flor y fruto, romeritos para los festejos de Semana Santa, flor de cempasúchil y flor de estate para el 1 y 2 de Noviembre. Además, existen otros productos que se cultivan en pequeñas cantidades como el betabel, tomate, tornachile, chile jalapeño, kale, coliflor, maíz, manzanilla, cilantro, perejil y algunas flores como el monte casino, caléndula y haba.

La producción agrícola se encuentra enfocada en productos de interés comercial. Incluso la producción de maíz en algunas chinampas obedece al interés turístico ya que es utilizado en algunas festividades y reuniones sociales.

Las técnicas de producción incluyen el empleo de lodos para germinar semillas y trasplantar algunos cultivos y el uso de estiércol para abonar la tierra así como el uso de pasto o paja para cubrir las superficies de cultivo. Para la protección de cultivos se utilizan túneles de metal y plástico, esto los mantiene a salvo del frío. Otros elementos para la protección de cultivos son la malla antigranizo y malla sombra. Cabe destacar el uso de fertilizantes altamente solubles y agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.



En esta zona, el riego depende de la utilización de bombas de combustible, mangueras y boquillas para aspersión. Las herramientas más utilizadas para la producción agrícola son azadones, bieldos, cueros para extracción de lodo, palas, mochilas para aspersión, motocultores y uso de tractores para la siembra de maíz. La cría de ganado bovino y porcino es realizada por los productores agrícolas para complementar los ingresos debido a la venta de leche o carne.

Esta zona se encuentra altamente presionada en su extremo suroeste por el avance de la mancha urbana, particularmente de los barrios de La Asunción y San Lorenzo. En el extremo noroeste se ve amenazada por el avance de actividades productivas terciarias que incluye la prestación de servicios de recreación y esparcimiento con canchas de fútbol y espacios para realización de reuniones y eventos sociales. La venta de alimentos y bebidas y el servicio de sanitarios se están estableciendo en sitios con vocación agrícola.

Los principales canales de comercialización por medio del cual se distribuyen la producción de la zona son el mercado de Xochimilco y la Central de Abastos. En ambos mercados, el precio de compra es variable y no siempre resulta conveniente para cubrir los costos de producción. Esto desalienta la incorporación de más habitantes a las actividades agrícolas. Algunos productores han comenzado a establecer vínculos de venta directa con restaurantes y otros venden parte de su producción a la empresa Yolcan.

De acuerdo con la percepción de los productores respecto a las problemáticas actuales de sus cultivos, la mala calidad del agua es el principal factor en su contra. Además, esta zona no cuenta con asesoría técnica gubernamental para el manejo de problemáticas asociadas a la producción agrícola, lo cual dificulta su manejo.

El traslado de personas, insumos y cosechas a través de los canales requiere de tiempo que generalmente eleva los costos de producción.

Zona C

Esta zona se caracteriza por poseer una superficie con escasa actividad agrícola y pecuaria. En su lugar, es identificada como una región de pastoreo para vacas y caballos. Ocasionalmente se siembra maíz para obtener elotes y forraje para animales, sin embargo, estas actividades no se consideran representativas las actividades productivas de la zona.

Es una zona con escasa urbanización, lo cual la potencializa para la producción agrícola. En caso de impulsar este tipo de actividades, es prioritario establecer esquemas de producción orgánica para reducir el impacto negativo en este sitio ya que tiene un potencial para ser una de las zonas mejor conservadas en Xochimilco.

Zona D

Caracterizada por contener sistemas de producción totalmente dependientes de insumos externos como lo son los invernaderos, mallas sombra, macetas, bolsas de plástico, en otros. Además para aumentar su producción, estos sistemas invariablemente se valen de la incorporación de fertilizantes altamente solubles, el uso intensivo de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades, y de diferentes grados de tecnificación incluyendo sistemas de riego automatizados.

Las viviendas están dispersas a lo largo de la zona, de forma aleatoria a la zona de producción. Este tipo de producción favorece la urbanización debido a que las inversiones realizadas en insumos en infraestructura son elevadas y los propietarios prefieren cuidar de forma permanente sus bienes.

Los canales de comercialización de estos productos son el mercado de plantas Madre Selva, el mercado de plantas de periférico (embarcadero de Cuemanco) y el mercado de plantas de las instalaciones deportivas de la delegación Xochimilco. Debido a la enorme diversidad de productos que albergan estos invernaderos, las problemáticas asociadas a plagas y enfermedades son igualmente variadas y suelen ser controladas mediante el uso de agroquímicos.

Zona E

Esta zona pertenece al Ejido de San Gregorio Atlapulco y cuenta con actividades pecuarias escasas distribuidas a lo largo de la zona. Esta región tiene especial potencial para actividades agrícolas debido al reciente establecimiento de una línea de riego. Sin embargo, el suelo contiene altos niveles de salitre, lo cual puede afectar el desarrollo de cultivos. En esta zona, el establecimiento de esquemas de producción orgánica en conjunto con los propietarios de las parcelas podría reducir el impacto negativo que el uso de fertilizantes altamente solubles y agroquímicos suelen ocasionar en el agua de la zona.

Por su localización geográfica, el rápido acceso vehicular permite que las actividades productivas de la zona obtengan un fácil acceso para cargar y descargar insumos.

Zona F

Al igual que la Zona E, la Zona F se encuentra ubicada dentro del Ejido de San Gregorio Atlapulco. Aquí se localizan asentamientos humanos y algunas actividades pecuarias aisladas, sin embargo, se caracteriza por la falta de actividades de aprovechamiento productivo.

Al norte de la zona, el paisaje predominante está compuesto por pastizales y matorrales. En el área restante, la superficie está cubierta por tulares y se encuentra sometida a inundaciones en temporada de lluvias. Por las características de la zona no se considera propicio establecer actividades productivas primarias como la agricultura.



Zona G

Esta zona de producción intensiva pertenece al pueblo de San Gregorio Atlapulco y se caracteriza por el uso permanente de túneles y mallas para la protección de cultivo así como por el uso de acolchados de plástico y paja para obtener cultivos fuera de temporada. Esta técnica les permite a los productores obtener mejores precios de venta.

La calidad y cantidad de agua para la agricultura son un factor limitante para los productores de ésta zona. La problemática asociada a plagas y enfermedades es común y suele resolverse mediante la asesoría de tiendas de agroquímicos aledañas a la zona. El uso de estiércol y fertilizantes altamente solubles es común. Las labores de preparación de suelo se realizan con azadones y motocultores, mientras que los deshierbes se realizan de forma manual e incorporando herbicidas.

Entre los cultivos establecidos están la espinaca, verdolaga, rábano, acelga y algunas variedades de lechugas. La producción es comercializada en la Central de Abastos de la Ciudad de México. En esta zona, los productores obtienen un margen de ganancia cada vez menor ya que el mercado está siendo saturado por el ingreso de cultivos provenientes de otros estados aledaños al Distrito Federal. En esta zona la producción se caracteriza por el establecimiento de viviendas aledañas a la zona de producción.

El traslado de insumos y cosechas se dificulta por los estrechos caminos por los que transitan personas, carretillas y pequeños vehículos de arrastre manual, esto condiciona las actividades productivas haciéndolas lentas y poco eficientes.

Zona H

Al igual que la Zona D, se caracteriza por la producción de plantas ornamentales con total dependencia de insumos externos que proveen a los invernaderos. Las viviendas están dispersas por toda la zona, siendo más frecuentes en los sitios cercanos a la zona de producción. Este tipo de producción favorece la urbanización debido a que las inversiones realizadas en insumos e infraestructura son elevadas, por lo cual, los propietarios prefieren cuidar sus bienes de forma permanente. La venta de cultivos se realiza en el mercado de plantas de San Luis Tlaxialtemalco. Debido a que los cultivos de esta zona son diversos, no existe una problemática asociada a los cultivos generalizada en la zona. Las problemáticas que cada cultivo experimenta es controlada a través del uso de agroquímicos. Esta zona se encuentra presionada al sur de su territorio por el avance de la urbanización del pueblo de San Luis Tlaxialtemalco.

Producción predominante en Tláhuac, por zonas

En la superficie perteneciente a la delegación Tláhuac se propuso una zonificación de carácter preliminar, por lo que realizaron seis salidas prospectivas y tres entrevistas. Con la información obtenida se destacan preliminarmente tres zonas, las cuales serán nombradas de acuerdo al orden alfabético de la letra “I” a la letra “K” (Figura 58). En esta zona se consideró pertinente establecer cuatro zonas de interés de acuerdo a las actividades productivas realizadas.



Figura 58. Zonificación de la superficie zona patrimonio perteneciente a la delegación Tláhuac según las diversas características productivas identificadas.

Zona I

Las actividades agrícolas son escasas. Entre los pocos cultivos establecidos se pueden observar en la zona son: lechuga, espinaca, acelga, verdolaga y rábanos. En esta zona se utilizan agroquímicos para el control de plagas y enfermedades de los cultivos. Los canales de comercialización son el mercado de Tláhuac o la Central de Abastos de la Ciudad de México.

Zona J

Se realizan actividades pecuarias encaminadas a la obtención de leche y carne de bovinos. El estiércol producido en esta zona es utilizado por los productores de la zona K para abonar áreas de cultivo. En la mayor parte de la superficie no se realizan actividades productivas.



Zona K

Esta es una zona de producción intensiva y extensiva similar a la zona B de Xochimilco. Los terrenos pertenecen a pequeños propietarios y ejidatarios que han sustituido casi por completo la siembra de maíz por cultivos de mayor interés comercial como verdolaga, espinaca o lechuga, que por tener un ciclo de vida corto, permiten recuperar la inversión a corto plazo. Otros productos cultivados dentro de esta zona son: brócoli, coliflor, romeritos y la flor de cempasúchil, que son productos de alta demanda en ciertas temporadas debido a la celebración de festividades populares como Semana Santa, Navidad y Día de Muertos.

Las vías de comunicación favorecen el ingreso de camiones, camionetas, tractores y motocultores, lo cual facilita la carga de cosechas y las labores de preparación de superficies de cultivo.

La germinación de semillas se realiza de forma tradicional, por medio de la generación de almácigos de lodo y la formación de chapines.

En la zona existen sistemas de producción orgánica, ya que en la región se ha promovido la preparación de abonos orgánicos, biofertilizantes y controladores de plagas y enfermedades. En palabras de algunos productores no ha podido concretarse el manejo orgánico por apatía de algunos productores, falta de tiempo para preparar abonos y el alto costo de un sello verde

Situación general de la productividad en la zona de estudio

Existen diversos elementos productivos que confieren particularidades a diversas regiones de la Zona Patrimonio, lo cual permite distinguir una clara zonificación de acuerdo a sus actividades productivas. Las problemáticas encontradas suelen estar asociadas a ciertos cultivos, lo cual permite proponer soluciones de acuerdo a las zonas propuestas en el documento.

Se encontraron problemáticas compartidas por las zonas, derivadas de problemas que no siempre dependen del sistema productivo. Por ejemplo, la mala calidad del agua depende en gran medida del uso de fertilizantes y agroquímicos. Sin embargo, existen factores asociados al cambio de uso de suelo, de agrario a suelo urbano o de pastoreo, que determinan este factor.

La mala calidad de agua promueve la urbanización, desata la especulación inmobiliaria y esto empeora el estado del sistema. La percepción negativa de los productores sobre la influencia del agua en su capacidad y calidad de producción es generalizada, así como la dificultad creciente para obtener ganancias derivadas de la comercialización. Esta situación lleva a los pocos chinamperos que actualmente producen, a considerar el abandono de sus tierras.

Crecimiento urbano

La zona de estudio está regulada por más un instrumento normativo en cuanto a los usos del territorio. Por un lado, se encuentra el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (2000), el cual determina las actividades a desarrollar en el suelo de conservación. Esta normatividad es muy relevante en la distribución de recursos y aplicación de las políticas públicas para la conservación, protección y recuperación de los recursos naturales, que debieran limitar o promover la no ocupación de los suelos por los asentamientos humanos, originando la sustentabilidad y la conservación del patrimonio natural y cultural ya existente.

De igual forma, conforme a la normatividad vigente señalada en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano, las Delegaciones Tláhuac, Milpa Alta y Xochimilco, tiene una zonificación primaria dentro de la poligonal en suelo urbano de 16.39% y en suelo de conservación de 83.61% (Figura 59)

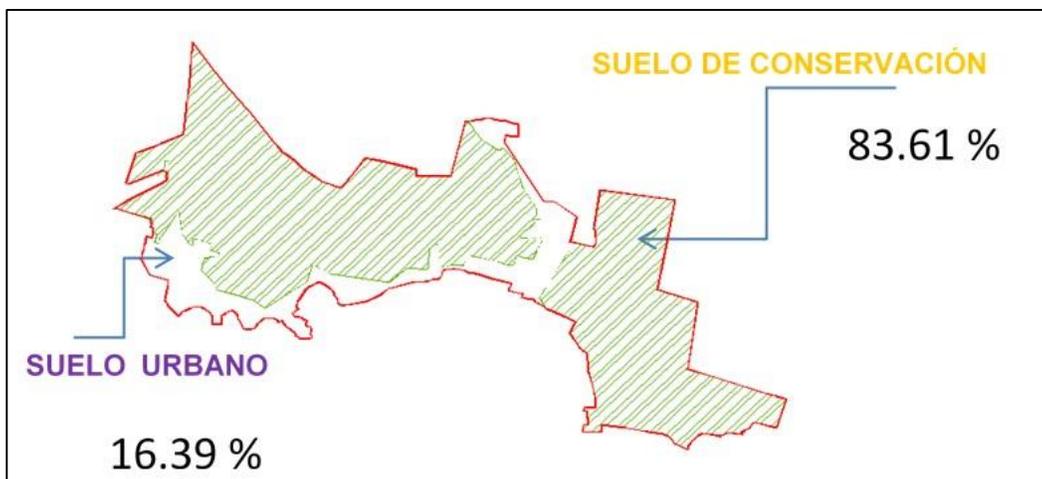


Figura 59. Zonificación primaria de uso de suelo dentro de la poligonal en las tres delegaciones.

Dentro de la poligonal de interés, cada delegación participa con las siguientes superficies: la delegación Xochimilco involucra una superficie de 3,847.51 hectáreas (75.45% de suelo de conservación y el 24.55% de suelo urbano); la Delegación Tláhuac participa con una superficie de 3,585.08 hectáreas (73.28% de suelo de conservación y el 26.72% de suelo urbano) y por último la Delegación Milpa Alta con un total de 110.13 hectáreas, (100% en suelo de conservación y dentro de este, el 47.97 % tiene uso habitacional rural permitido).



Asentamientos humanos en la zona de estudio

De acuerdo a Ley General de Asentamientos Humanos (en su última reforma publicada en el DOF el 24-01-2014), encontramos en el Art. 2° Frac. II los asentamientos humanos se definen como: “[...] el establecimiento de un conglomerado demográfico, con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área físicamente localizada, considerado dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que lo integran”.

Se identificó que en la zona de estudio se establecieron hasta la fecha 165 asentamientos humanos, de los cuales 78 son regulares y 87 son irregulares, el territorio que envuelve esta poligonal está ocupado en 2,154 hectáreas, lo que representan el 28.55 % (Figura 60 y Tabla 14).

Tabla 14. Distribución de asentamientos humanos por Delegación.

DELEGACION	ASENTAMIENTOS		
	TOTAL	REGULARES	IRREGULARES
MILPA ALTA	6	4	2
TLAHUAC	73	35	38
XOCHIMILCO	86	39	47
TOTALES	165	78	87

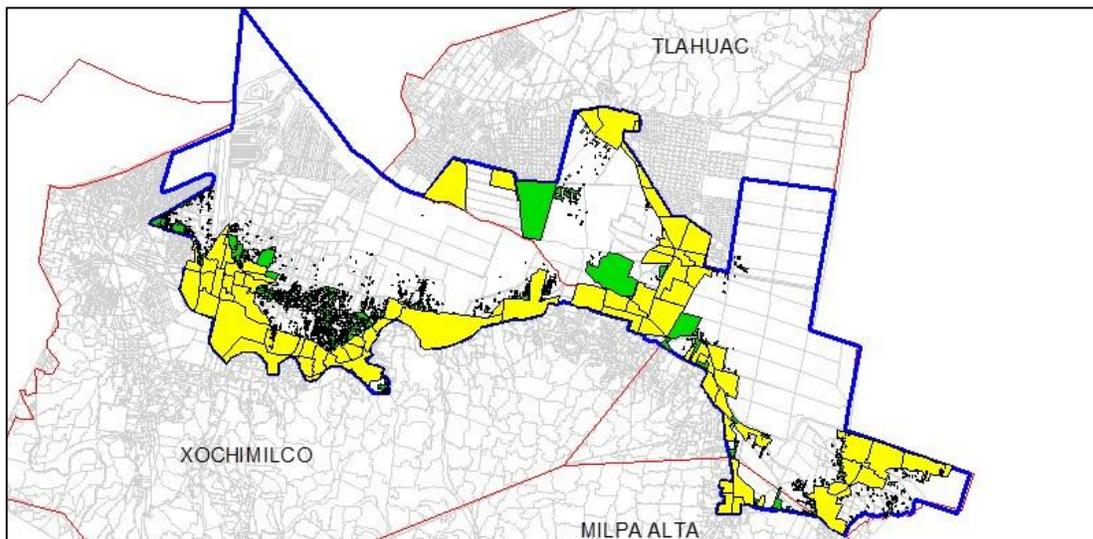


Figura 60. Asentamientos humanos que conforman la estructura urbano-rural de la poligonal de estudio.

Crecimiento urbano regular

Los 75 asentamientos regulares son considerados así, por estar ubicados conforme a la Ley de Desarrollo Urbano y los Programas de Desarrollo Urbano vigentes, como colonias y barrios en suelos urbano y en poblados rurales que se ubican en el suelo de conservación ecológica. El listado de estos asentamientos se puede consultar en el Anexo 6.

En estos asentamientos se ubican 38,532 viviendas de las cuales hay 34,457 habitadas y 4,075 deshabitadas. 31,652 viviendas cuentan con servicios de agua, drenaje, energía eléctrica y alumbrado público y se ubican en zonas equipadas con escuelas, comercio formal e informal, vialidades con pavimento, guarniciones y banquetas, sistemas de transporte colectivo con las rutas de microbuses, moto taxis, bici taxis, taxis libres y de sitio, así como líneas de metro y tren ligero, con vialidades de tipo regional como el Periférico, carretera Xochimilco-Tulyehualco, Av. Tláhuac, Camino Real, Sur del Comercio, 20 de Noviembre y Emiliano Zapata, y el sistema de callejones y canales que se ubican en la zona lacustre; lo que ha provocado una gran presión a los suelos agrícolas (Figura 61).

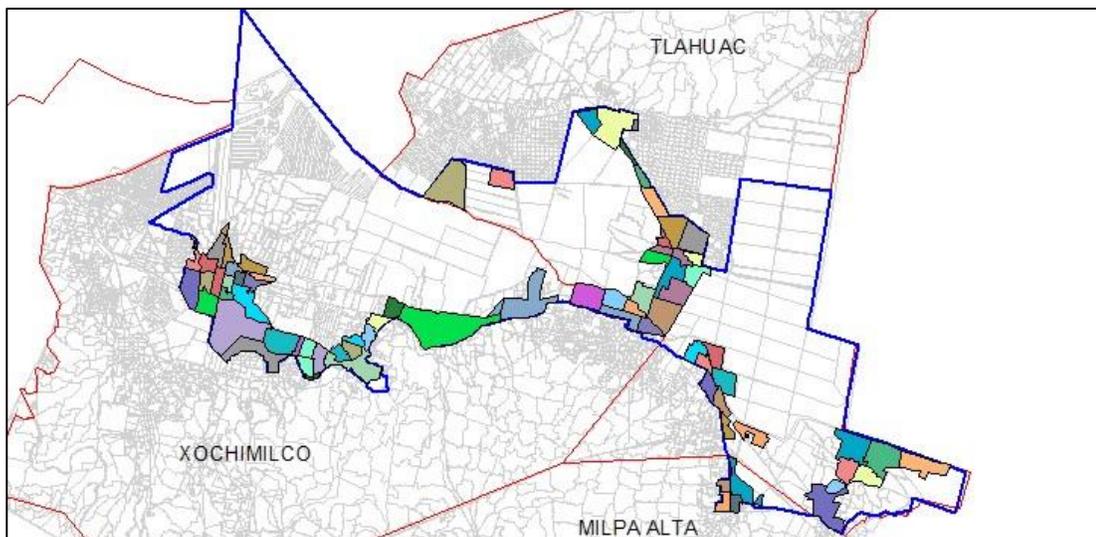


Figura 61. Asentamientos humanos regulares en la zona de estudio.

Es relevante mencionar que los barrios de la cabecera de Xochimilco, así como el centro de Mixquic son asentamientos que se consideran fundacionales por sus características físicas y actividades desarrolladas tradicionalmente. En ellos habitaban los agricultores que mantenían la producción agrícola en la zona chinampera y de cultivo de temporal, así como la comercialización de los productos artesanales y alimenticios que se promovían en los poblados y regiones cercanas como Milpa Alta, provocando la creación de un corredor turístico comercial de importancia para esta región, ya que cuentan con monumentos



históricos y patrimoniales inmateriales de la zona ahora reconocida a partir del 1986 como Monumento Histórico por el INHA.

A partir de los años 60 hasta los 80 los suelos de producción fueron descuidados por las generaciones que buscaron una actividad económica diferente, abandonando las tierras de cultivo, otorgándole al suelo un valor para el mercado inmobiliario y dejando de lado las tradiciones de cultivo y arraigo.

Crecimiento urbano irregular

Se identificaron 87 asentamientos irregulares en el territorio de la poligonal. Se consideran así, por ubicarse en suelo de conservación ecológica y/o en sitios que conforme a los programas de Desarrollo Urbano se ubican en uso de suelo con zonificaciones donde el uso habitacional está prohibido. El listado de estos asentamientos se puede consultar en el Anexo 6.

En ellos se identificaron 24,467 viviendas de las cuales 12,154 cuentan con servicios de energía eléctrica, alumbrado público y agua, 14,248 están habitadas y 10,219 deshabitadas. Asimismo el alumbrado público es regular principalmente en la Delegación de Tláhuac. El territorio ocupado en la zona chinampera y en las parcelas, con una topografía menor a los 15°, consiste de asentamientos conurbados y muy cercanos a los asentamientos regulares, lo que ha provocado una gran presión a los suelos agrícolas, que no tienen un apoyo importante para producir, a pesar de que las nuevas generaciones ya han retomado en buen número la importancia de la actividad económica primaria.

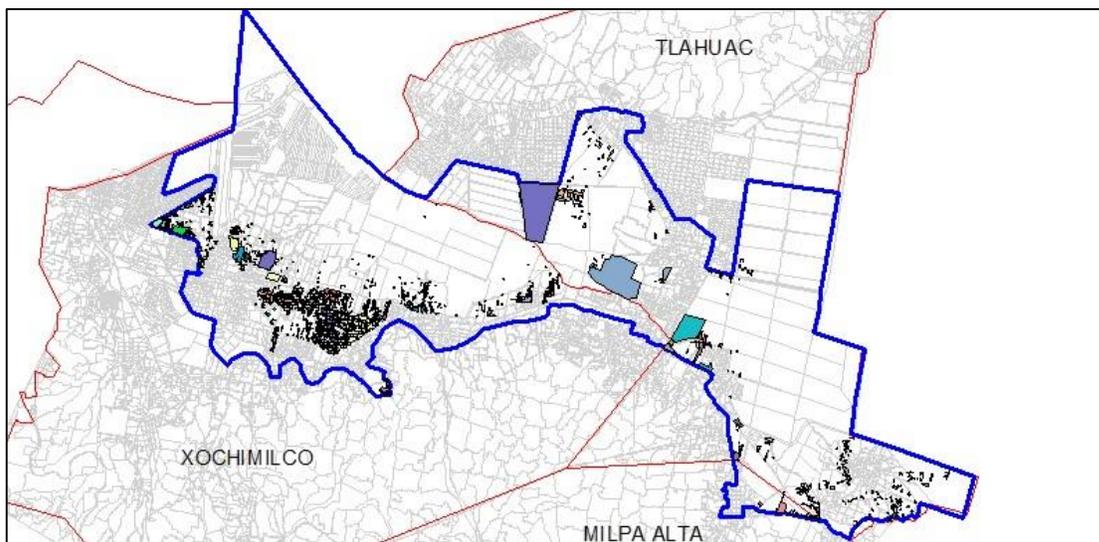


Figura 62. Asentamientos irregulares en la zona de estudio.

Este crecimiento urbano irregular ha ocupado de forma indiscriminada el suelo de conservación, dañando no sólo el suelo sino la flora y fauna únicas por las características de la región, esto provocado por la venta irregular de la pequeña propiedad y de los ejidos y bienes comunales con la expectativa de ser regularizados ante las autoridades. (Figura 62)

Aspectos demográficos

De acuerdo con INEGI 2010, los asentamientos humanos tienen las siguientes características:

Población

DELEGACION	TOTAL	REGULARES	IRREGULARES
MILPA ALTA	1,575	1,320	255
TLAHUAC	88,011	61,518	26,493
XOCHIMILCO	103,650	79,651	23,999
TOTALES	193,236	142,489	50,747

Viviendas en asentamientos regulares

DELEGACION	TOTAL	HABITADAS	DESHABITADAS	CON ELECTRICIDAD	CON AGUA	CON DRENAJE	C/ ELEC, AGUA Y DRENAJE
MILPA ALTA	350	328	22	316	306	313	304
TLAHUAC	17,397	15,554	1,843	14,920	14,735	14,763	14,565
XOCHIMILCO	20,785	18,575	2,210	18,698	18,405	18,575	16,783
TOTALES	38,532	34,457	4,075	33,934	33,446	33,651	31,652

Viviendas en asentamientos irregulares

DELEGACION	TOTAL	HABITADAS	DESHABITADAS	CON ELECTRICIDAD	CON AGUA	CON DRENAJE	C/ ELEC, AGUA Y DRENAJE
MILPA ALTA	189	97	92	97	173	83	89
TLAHUAC	18,031	9,693	8,338	10,232	16,295	7,791	10,088
XOCHIMILCO	6,247	4,458	1,789	3,777	3,389	2,350	1,977
TOTALES	24,467	14,248	10,219	14,106	19,857	10,224	12,154

Dinámica de crecimiento urbano

Como resultado del estudio basado en las ortofotos, de los años 2000, 2005, 2008 y 2012, cuyas imágenes se encuentran en el Anexo 7, fue posible registrar y analizar el crecimiento que han presentado los asentamientos en el polígono de estudio, tanto por delegación como de forma individual, cuya síntesis se representa en la Tabla 15.



Tabla 15. Dinámica de crecimiento urbano por delegación 2000 -2012.

DELEGACIÓN	NUMERO TOTAL DE ASENTAMIENTOS 2000	2000 SUPERFICIE Ha.	NUMERO TOTAL DE ASENTAMIENTOS 2005	2005 SUPERFICIE Ha.	NUMERO TOTAL DE ASENTAMIENTOS 2008	2008 SUPERFICIE Ha.	NUMERO TOTAL DE ASENTAMIENTOS 2012	2012 SUPERFICIE Ha.	CRECIMIENTO TOTAL %
MILPA ALTA	1	1,57	1	2,89	2	7,11	2	9,31	429.99
TLAHUAC	39	212,35	38	223,01	37	240,18	38	258,28	21.62
XOCHIMILCO	49	147,18	49	159,58	49	161,61	49	440,13	199.04
TOTAL	89	361,1	88	385,48	88	408,9	88	707,72	

Los asentamientos que más han incrementado su crecimiento y que pueden ser la pauta para una mayor expansión son los siguientes:

Cabecera Delegacional: Toltenco 9a Sección, Amelaco 2ª Sección, Amalacachico 2ª Sección, estos sin ninguna propuesta de control y sumados a los ya establecidos en la zona denominada Ciénega Chica ponen en riesgo de pérdida total a la misma, Tiras Zacapa, San Juan Tlamancingo, Recodo Caltongo, El Ranchito, estos últimos tres con dictamen positivo para cambio de uso de suelo.

En San Gregorio Atlapulco: La Conchita resulta ser el asentamiento más expansivo, rebasando las barreras físicas naturales que son los canales aunque es importante mencionar que cuenta con una gran actividad productiva de hortalizas al interior.

En San Luis Tlaxialtemalco: Camelia y Tonacatepetl, el primero se ha venido consolidando sobre la misma calle pero ya presenta derivaciones, hacia el norte donde se localiza la zona chinampera. El segundo presenta un crecimiento expansivo, viviendas aisladas del lado oriente que no tienen definidos su acceso para ello, incluso atravesando parcelas particulares.

En Santa Cruz Acapulco: Tecacalanco, Tetitla la Gallera y Zacapa Xicalhuacan son los asentamientos que más han incrementado su desplante, sin embargo los tres cuentan con dictamen positivos para consolidarse como área habitacional y los últimos dos se encuentran contenidos por canales.

Además es importante señalar la participación en el crecimiento que viene presentando las viviendas aisladas en el último periodo de 2012 registran ya una superficie de 1.15 ha, si consideramos su condición de dispersión el riesgo de promover nuevos núcleos de asentamientos es muy alto por lo que se debe actuar con rapidez en su control.

Recomendaciones

Análisis hidrodinámico

Es necesario completar el presente estudio mediante el monitoreo continuo de las variables que permitieron realizar este primer modelo, a fin de representar la época de lluvias y de contar con información más sólida en un ciclo anual.

A continuación se plantean las actividades que se identifican como necesarias para el desarrollo de un plan de manejo hidráulico de la zona de estudio.

1. Elaborar visitas programadas para la medición de caudales de suministros de agua en la zona de Tláhuac.
2. Realizar un proceso de instrumentación de los caudales de entrada al sistema lacustre tanto en Xochimilco como en Tláhuac, en donde las mediciones sean simultáneas y enviadas a un sistema de monitoreo con un puesto central a las autoridades competentes para la toma de decisiones.
3. Realizar, en conjunto con las autoridades competentes, valoración de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, así como la identificación y aforo de las grandes descargas de agua residual cruda para la mejora del balance hidrológico.
4. Realizar un levantamiento topográfico a partir de poligonales abiertas para asociar niveles y profundidades de los canales y cuerpos de agua mayores a 5 m de ancho.
5. Elaborar con la información topográfica de detalle las bases de los modelos numéricos de la hidrodinámica de cada uno de los sectores. Incluir anemómetros y veletas electrónicas para registrar a los vientos dominantes e incluir en la modelación hidrodinámica al proceso natural de movimiento del agua por viento.
6. Realizar experimentos para estimar por el método del lisímetro de pesada a la evaporación y evapotranspiración de la vegetación acuática más representativa de la zona de estudio.
7. Realizar análisis edafológico de humidificación del suelo para estimar los volúmenes de agua que se retienen en el suelo para mejorar el balance hidrológico.
8. Incorporar la cuantificación de zonas agrícolas, tanto tradicionales como de invernaderos elaborando un censo de sus consumos de agua.
9. Elaborar estudios de calidad de agua tanto en los suministros de ART como en sitios intermedios de los sectores establecidos para plantear la relación entre la hidrodinámica y la calidad del agua.
10. Incorporar análisis de niveles de agua y de subsidencia del suelo a partir de la extracción de agua en pozos de la zona de estudio.
11. Incorporar una metodología de análisis en temporada de lluvia, introduciendo los modelos de lluvia-escurrimiento para la elaboración de los balances de agua en temporada de lluvia. Incluir la instrumentación de pluviómetros para contar con



datos en tiempo real para el balance hidrológico y la estimación de crecientes por eventos extraordinarios.

12. Con los insumos generados a partir de los puntos anteriores, elaborar una matriz para la definición de las aptitudes de uso y/o aprovechamiento de los canales y los cuerpos de agua.
13. Elaborar un plan de manejo.

Calidad del agua y variables bióticas

Con base en los resultados de este proyecto y sumando el conocimiento adquirido durante la realización de la “Rehabilitación de la red chinampera del hábitat de especies nativas de Xochimilco” (programa apoyado por la Autoridad de la Zona Patrimonio, 2014), a continuación, se describen las acciones recomendadas para la zonificación descrita en este documento. La aplicación de cada una de estas medidas de acuerdo a la zona (Figura 18 y Figura 19) se resume en la Tabla 16.

1. Retiro y control de muérdago en los ahuejotes. El muérdago es una planta parasitaria abundante en el sistema lacustre. Cuando se presenta, seca los ahuejotes y otros árboles nativos, disminuyendo así la belleza del paisaje y eliminando la barrera física natural de las chinampas.
2. Siembra de ahuejotes para estacado. El ahuejote es un árbol nativo de Xochimilco y un elemento tradicional de la chinampería. Por la resistencia de sus raíces a condiciones de anegación, ha sido utilizado desde tiempos ancestrales para proteger del viento y dar sombra a los cultivos, así como para consolidar las paredes de las chinampas. Es necesario retomar esta práctica ya que los estacados actuales se realizan con troncos de madera de pino y costales de concreto que se pudren rápidamente y no son parte del sistema natural.
3. Limpieza de canales (vegetación, basura y sedimento). El crecimiento indiscriminado de vegetación cierra los canales y crea nuevos suelos, perdiendo la circulación del agua y empeorando la calidad de la misma. Por esto, se debe realizar una limpieza medida, considerando que los canales son sitios de anidación y refugio de peces, insectos y zooplancton. Además, es necesario limpiar la basura originada por las actividades humanas que quedan atrapadas en la misma vegetación. Por otra parte, el sedimento de los canales presenta basura depositada por varios años (bolsas, botellas, latas) cuya degradación contamina los canales.
4. Recuperación de apantles cerrados. Es necesaria la reapertura de zanjas para ayudar a la circulación del agua y mejoramiento de su calidad. Estos apantles deben ser aislados de los peces exóticos mediante mallas. Además, se recomienda colocar trampas para vegetación que impidan que ésta se expanda de nuevo dentro de las zanjas. Esta medida también ayuda a los chinamperos a tener disponible un agua de mejor calidad para el riego de sus cultivos.
5. Manejo de especies de plantas acuáticas en los apantles. Los apantles deben tener un manejo adecuado de plantas que coadyuven a la limpieza del agua por su

capacidad filtradora de contaminantes. Por su fácil control se recomienda la utilización de cola de borrego (*Myriophyllum aquaticum*) y paragüitas (*Hydrocotyle ranunculooides*).

6. Regular el uso de suelo de acuerdo al Programa de Manejo del ANP. Se sugiere retirar y controlar la instalación de invernaderos, asentamientos irregulares y construcciones realizadas con materiales prohibidos por el Programa de Manejo.
7. Manejo de la calidad del agua que abastece el sistema. Es necesario elevar el tratamiento que tiene el agua proveniente de las plantas, para retirar contaminantes químicos y biológicos.
8. Regularizar el drenaje de la zona urbana. Es necesario eliminar la entrada de desechos urbanos directamente en los canales, ya que es una fuente importante de deterioro de la calidad del agua de los canales.
9. 4. Regularizar actividades turísticas. Se requiere un programa de vigilancia y educación de los turistas que visitan la zona, el cual se oriente los servicios turísticos y promover el cuidado del sistema.
10. Controlar el uso de agroquímicos y regular los desechos derivados. Muchos de los agroquímicos utilizados se encuentran prohibidos por las normas de salud. Es necesario educar a los chinamperos sobre las consecuencias de su uso y vigilar que los desechos derivados de su práctica no terminen directamente en los canales.
11. Extracción de especies exóticas (carpa, tilapia y godeidos). Es necesario controlar el crecimiento poblacional de estas especies para permitir a las especies nativas recuperar sus nichos ecológicos. El presente estudio demostró que la densidad de las tilapias ha disminuido en algunos canales dejando espacio para el crecimiento de otras especies exóticas como los godeidos cuyo efecto ecológico para las especies nativas se desconoce, por lo que se sugiere igualmente su control.

En cuanto a las especies de peces exóticos, la erradicación sólo puede contemplarse como un escenario a largo plazo, considerando que se estima que 900 toneladas habitan los canales del sistema lacustre. Se propone continuar con los programas de extracción y mantenerlos de manera permanente hasta lograr la erradicación total, aumentando las unidades de esfuerzo a los meses previos a su reproducción, con el fin de disminuir el reclutamiento poblacional. El control de estas especies puede llevar a una disminución considerable de sus poblaciones dando pie a la redistribución paulatina de las especies prioritarias y el mejoramiento de las condiciones fisicoquímicas de los canales, necesarias para su conservación.

12. Monitoreo de especies nativas. Realizar un monitoreo de las especies nativas y endémicas en el sistema lacustre con el fin de conocer la estructura de sus poblaciones orientado a su recuperación y conservación.

Se debe considerar a las especies acuáticas endémicas y nativas como especies prioritarias en el sistema lacustre, lo cual incluye no sólo al axolote sino también al charal (*Menidia jordani*) y al acocil (*Chambarellus montezumae*) entre otros. Anteriores etapas de proyectos y estudios han comprobado la eficacia del establecimiento de refugios (aislados de las especies de peces exóticas) en apantles como una opción para la recuperación de dichas especies. De acuerdo a esto se



pueden visualizar dos tipos de propuestas, una que abarque el manejo de estas especies en estado semi - silvestre dentro de los refugios, y otra que contemple el manejo de las especies en su hábitat, mediante la rehabilitación del mismo.

Bajo la primera opción, se propone intensificar el vínculo con los chinamperos para promover los beneficios del binomio chinampa – apantle (refugio). De esta forma, se puede construir una red de refugios que no sólo den espacio para la depuración del agua del sistema, sino que sirvan de microreservas para las especies nativas. Se sugiere alcanzar una meta de refugios equivalente al 10% del total de kilómetros que existen dentro del área natural protegida, es decir, contar con al menos 19 km de refugios concentrados en las zonas A, B y D que presentan todavía actividad chinampera tradicional. Estos refugios pueden albergar poblaciones en equilibrio de axolotes, charales y acociles, además de funcionar como albergues genéticos de dichas especies.

La segunda opción implica conocer en principio el estado en el sistema lacustre de las poblaciones de las especies prioritarias. Para esto se deben realizar muestreos que nos digan la estructura, composición y distribución de sus poblaciones. Los resultados obtenidos a partir de este proyecto dan un panorama general sobre la situación del axolote pero resulta fundamental realizar otro censo que abarque distintos métodos y técnicas de captura, entre los que se incluyan trampas y monitoreos en canales secundarios, con el fin de realizar una búsqueda intensiva de esta especie y de los puntos prioritarios para conservar de forma inmediata.

ACCIÓN	ZONA A			B			C			D			F		
	C	M.	L.	C	M	L.									
1. Retiro y control de muérdago.	X			X			X			X			X		
2. Siembra de ahucjotes.		X			X						X				
3. Limpieza de canales.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4. Recuperación de apantles cerrados.	X	X	X	X	X	X				X	X	X			
5. Manejo de plantas acuáticas en apantles.		X			X						X				
6. Regular el uso de suelo.		X	X		X	X	X			X					
7. Manejo de la calidad del agua.	X			X			X			X			X		
8. Regularizar el drenaje de la zona urbana.							X			X					
9. Regularizar actividades turísticas.			X			X	X			X					X
10. Controlar el uso de agroquímicos y regular los residuos derivados.		X			X		X				X				
11. Extracción de peces exóticos.	X	X		X	X		X	X		X	X		X	X	
12. Monitoreo de especies nativas.		X			X			X			X		X		

Tabla 16. Acciones recomendadas para zonificación descrita en este documento a corto, mediano y largo plazo.

C= CORTO M= MEDIANO L=LARGO

Productividad

Dentro de las visitas realizadas para la zonificación se identificó el uso de diversos fertilizantes y agroquímicos en la zona patrimonio. Esto genera presión en la zona de conservación, debido a que estos compuestos afectan de forma directa la calidad del suelo y del agua. El uso de agroquímicos también tiene un impacto negativo sobre la flora y fauna local, por lo que deben implementarse acciones en el corto, mediano y largo plazos para evitar y/o sustituir el uso de estos productos.



Al respecto, se debe tomar en cuenta el decreto publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, con fecha 14 de Febrero del año 2011, en el cual se adicionan las fracciones IV y V al artículo 163 de la Ley Ambiental del D.F., las cuales establecen:

“Artículo 163.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se consideran los siguientes criterios:

[...]

IV. La regulación ambiental por parte de la Secretaría, instrumentará los sistemas de agricultura orgánica, que protejan los suelos, mantos freáticos y la producción agropecuaria, mediante el uso de abonos orgánicos;

V. En el Suelo de Conservación del Distrito Federal, queda prohibido el uso de agroquímicos, fertilizantes nitrogenados, fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas y pesticidas que contaminen el suelo y que afecten la flora, fauna y la salud;

VI. Promover y fomentar la instrumentación de sistema de agricultura, que no degraden ni contaminen;

VII. En los suelos contaminados, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones”

Tomando en cuenta estos aspectos legales, la propuesta generalizada para la conservación y restauración de la zona debe considerar la promoción intensa de un sistema de producción orgánica, así como la generación de medios y canales de comercialización de los productos derivados de este sistema de siembra.

Finalmente, se enlistan algunas recomendaciones orientadas a las diferentes zonas identificadas desde el punto de vista productivo (Figura 57 y Figura 58).

1. En la zona B se considera pertinente continuar la asesoría y promoción de esquemas de producción orgánica realizados por la UNAM. Los resultados obtenidos en esta zona pueden influir de forma positiva en los productores de la zona A, quienes que de acuerdo a la capacidad logística y técnica de la UNAM, pueden contar con acompañamiento de la institución para establecimiento de esquemas orgánicos de producción.
2. En la zona E, es prioritario aumentar la promoción del esquemas de producción orgánica, ya que con el establecimiento de la línea de riego, productores de zonas vecinas han manifestado su intención de realizar actividades en el corto plazo en la zona. Esta colonización pretende ser una continuación de las actividades realizadas en las zonas D y H, las cuales están ocupadas por invernaderos. La zona E es clave para la conservación de Xochimilco, ya que si llega a ser ocupada por este tipo de producción dependiente de fertilizantes, agroquímicos e insumos externos, no solo se verá afectado el suelo del sitio, sino que otras zonas como la F y G se verán perjudicadas al ser zonas carentes de actividades productivas que quedan de paso entre el resto de las zonas.

3. En la zona K existen experiencias previas de producción agrícola en sistemas orgánicos, por lo que se propone la identificación de grupos productores que tenga interés en continuar con este esquema productivo e impulsarlo por medio de la recomendación a productores de la zona. Es importante que los resultados observados sean reportados y promovidos entre los locales. Se sugiere que el productor tenga asesoría y acompañamiento continuo de una institución que avale el proceso y promueva la propuesta en la zona.
4. Debido a que la zona C se encuentra poco impactada por el proceso de urbanización y actividades productivas y turísticas, se considera fundamental establecer un espacio que promueva actividades productivas bajo sistema orgánico para mantener y mejorar el grado de conservación.
5. En las zonas F, I y J se recomienda la creación de corredores de observación de biodiversidad. Esto con la finalidad de captar recursos y generar conciencia acerca de la importancia ecológica de estas zonas. La promoción de un programa de educación ambiental, tanto para locales, como para externos es una opción de bajo costo que puede abrir un canal de distribución para los productos de siembra orgánica de las zonas aledañas. Es importante remarcar que estos corredores deberán ser vigilados para que funcionen como un verdadero ecoturismo, cumpliendo estrictas normas de comportamiento de visitantes y productores.
6. En la zona G se identificó la existencia de estructuras de organización social donde miembros de la comunidad (productores) elijen presidente, secretario y tesorero encargados de atender las problemáticas y proyectos de los diversos parajes del pueblo de San Gregorio Atlapulco. En palabras de los propios representantes y productores, estas estructuras están resultando eficientes y por lo tanto se considera pertinente promover esquemas de producción orgánica a través de estas estructuras que ya están en funcionamiento y pueden facilitar la convocatoria y participación de productores.
7. En el caso de las zonas D y H de manera conjunta con algún productor se propone establecer un sitio de promoción de producción orgánica de ornamentales para cada zona con asesoría y acompañamiento constante. De acuerdo a los resultados obtenidos y la capacidad de generación de vínculos con productores de las zonas podrá replicarse el esquema en cada sitio.

Crecimiento urbano

El crecimiento urbano desordenado es uno de los factores de degradación del sistema más acuciantes debido no sólo a los impactos directos del cambio de uso del suelo, sino además por los efectos que la urbanización descontrolada tiene sobre la calidad del agua del sistema y, en consecuencia, sobre su diversidad biológica.

A continuación se presentan las recomendaciones generales que derivan del presente estudio.



1. Ordenamiento urbano.
 - a. Mejoramiento y conservación de la imagen urbana de los asentamientos regulares, partiendo del centro hacia el exterior, recuperando la imagen originaria y vigilando la aplicación de la normatividad vigente.
 - b. Ordenamiento de las vialidades, balizamiento y reestructuración del flujo vehicular.
 - c. Reordenamiento de las rutas de transporte comenzando principalmente por moto-taxis y bici-taxis.
 - d. Creación de nodos de transporte público por delegación.
 - e. Ordenamiento del comercio formal, unificación de la imagen urbana y de su publicidad.
 - f. Ordenamiento del comercio informal en espacios específicos mejorando su imagen y adecuándola al abastecimiento de sus servicios.
 - g. Vigilar la normatividad de las construcciones nuevas así como la restauración ya que existen viviendas con más de 50 años que deberán modificar su estructura para evitar riesgos.
 - h. Restricción de construcción en los límites de los predios que colindan con canal con el objetivo de lograr un amortiguamiento visual de las construcciones.
 - i. Mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura urbana (abastecimiento de agua, drenaje y vialidades y banquetas)
 - j. Mantenimiento y mejoramiento de alumbrado público.
 - k. Establecer nomenclatura con imagen acorde a las características de la zona.
 - l. Limpieza de calles incrementando el servicio de barrido a por lo menos dos veces al día.
2. Promoción turística y cultural.
 - a. Limpieza de canales y predios colindantes con canales para mejorar la imagen turística.
 - b. Iluminación museográfica de monumentos históricos y de patrimonio.
 - c. Continuidad y ampliación de promoción de la cultura a través de la capacitación de menores de edad en escuelas.
 - d. Conservación de monumentos históricos y mantenimiento a cargo de las instituciones correspondientes de salvaguardar el patrimonio histórico.
3. Control y ordenamiento del crecimiento urbano irregular
 - a. Aplicación expedita de la normatividad del Programa de Desarrollo Urbano de cada Delegación.
 - b. Control del crecimiento y construcción de delimitaciones físicas para evitar la expansión del asentamiento.
 - c. Dotación controlada de los servicios públicos.
 - d. Señalización de las restricciones en el uso del suelo en Suelo de Conservación y en el Área natural protegida.



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fichas de visita para la realización de aforos

Anexo 2. Análisis de evaporación potencial.

Anexo 3. Fichas de visita para identificación de estructuras hidráulicas.

Anexo 4. Formato de entrevistas.

Anexo 5. Entrevistas aplicadas.

Anexo 6. Listados de asentamientos humanos regulares e irregulares.

Anexo 7. Análisis de dinámica de crecimiento urbano.

Anexo 8. Cartografía