

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AGROPECUARIAS**

DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**VALORACIÓN TOXICOLÓGICA SOBRE
AFECTACIONES A LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE
EN ESTUDIOS REALIZADOS EN SEIS CUERPOS DE
AGUA DEL ESTADO DE JALISCO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE TESIS QUE
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ANA LUZ DE LA TORRE MORA

ZAPOPAN JALISCO; JUNIO 2010



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias

Coordinación de carrera de Licenciado en Biología

C. Ana Luz de la Torre Mora
Presente.

Manifestamos a usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de: **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título: **Valoración toxicológica sobre afectaciones a la salud y al medio ambiente en estudios realizados en seis cuerpos de agua del Estado de Jalisco** para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo a: **Dr. Javier García Velasco** y como asesor al **Biol. Beatriz Rodríguez Pérez**.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA",
"2009, Año del Bicentenario de Charles Darwin"
Las Agujas, Zapopan, Jal., 19 de octubre de 2009.


DRA. GEORGINA ADRIANA QUIROZ ROCHA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN




BIOL. MARGARITO MORA NÚÑEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

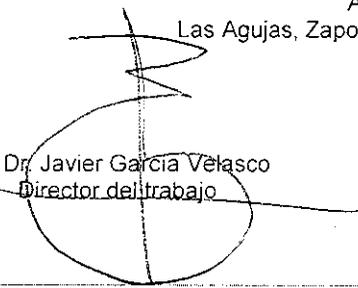
DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
PRESENTE

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad de **TESIS E INFORMES** opción **TESIS** con el título: **"Valoración toxicológica sobre afectaciones a la salud y al medio ambiente en estudios realizados en seis cuerpos de agua del Estado de Jalisco"** que realizó la pasante **Ana Luz de la Torre Mora** con número de código **300215007** consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

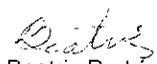
Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

ATENTAMENTE

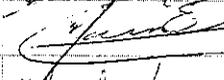
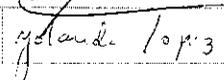
Las Agujas, Zapopan, Jal a 23 de Mayo del 2010.

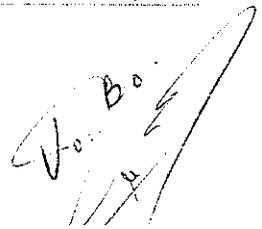


Dr. Javier García Velasco
 Director del trabajo



Biól. Beatriz Rodríguez Pérez
 Asesora

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dra. Martha Georgina Orozco Medina		25/05/2010
M.C. Aurora Rosas Ramírez		25/05/2010
M.C. Javier García de Alba		25/05/10
Supl. M.C. Yolanda López Illán		24/May. 10



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de lograr uno de los más grandes anhelos de mi vida.

Al Dr. Javier García Velasco, por darme esta gran oportunidad, por sus enseñanzas, su valioso apoyo, asesoría y paciencia en la realización de este trabajo de tesis.

A la Biol. Cintia Barjas García, por ser mi amiga y acompañarme en la terminación de este trabajo de tesis.

A la Biol. Beatriz Rodríguez Pérez por su amistad, apoyó, paciencia y valiosa asesoría en este trabajo de tesis.

A la Dr. Martha Georgina Orozco Medina, por su apoyo y consejos.

A la Biol. Angélica Contreras Rodríguez, por su amistad y consejos en esta etapa de mi vida.

A todos y cada uno de las personas, en especial a las personas del Laboratorio de Salud Ambiental y Laboratorio de Lombricultura que contribuyeron para la culminación de este trabajo mis mas sinceros agradecimientos.

A mis padres: Rafael y Ana Rosa por ser la parte esencial de mi vida, por brindarme su cariño y apoyo incondicional y a quienes debo gran parte de lo que ahora soy, les dedico este trabajo con todo mi cariño.

A mis hermanos: Rosario, Rafael, Berenice y María Fernanda, por los buenos momentos que hemos compartido, por su apoyo y ser mis grandes amigos.

ÍNDICE

Índice de tablas

Índice de gráficas

Índice de figuras

1. Introducción	1
1.1 La Calidad del Agua.....	3
1.2 Principales indicadores de calidad del agua	5
2. Antecedentes	7
3. Planteamiento del problema	10
4. Objetivos	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.2 Objetivos particulares.....	12
5. Metodología	13
5.1 Localización del área de estudio.....	15
5.2 Características generales de los seis cuerpos de agua en el estado de Jalisco.....	16
5.2.1 Área de estudio.....	19
5.2.2 Descripción del área de estudio.....	20
5.3 Análisis toxicológico.....	21
5.4 Índice de Calidad del Agua (ICA).....	22
5.4.1 Metodologías de Índice de Calidad de Agua (ICA).....	23
5.4.1.1 Metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).....	23
5.4.1.2 Metodología propuesta por CNA (2001).....	27
5.5 Mitigación de riesgos toxicológicos.....	30
5.5.1 Análisis de resultados.....	31

6. Resultados	32
6.1 Análisis Toxicológico de resultados de calidad del agua con normativas aplicables en México.....	65
6.2 Mitigación de riesgos toxicológicos.....	69
6.3 Análisis estadístico de resultados; Correlación lineal e Índice de Calidad teórico.....	76
7. Discusión	90
8. Conclusiones	93
9. Bibliografía	95
10. Anexo I	98
10.1 Anexo II.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla

1. Límites permisibles de características físicas y organolépticas, NOM-127-SSA1-1997.....	21
2. Límites permisibles de características químicas, NOM-127-SSA1-1997.....	21
3. Determinación de procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, NOM-014-SSA1-1994.....	22
4. Normalización de color y conductividad.....	24
5. Normalización de pH, dureza total y oxígeno disuelto.....	24
6. Normalización de turbiedad y sólidos disueltos.....	25
7. Peso asignado a los parámetros.....	25
8. Parámetros del ICA en importancia relativa. (CNA, 2001).....	27
9. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa Santa Rosa.....	35
10. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa Santa Rosa.....	35
11. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Presa Santa Rosa.....	36
12. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa La Vega.....	37
13. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa La Vega.....	37
14. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo presa La Vega.....	38
15. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa Calderón.....	39
16. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa Calderón.....	39
17. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Presa Calderón.....	40
18. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán(1979), primer muestreo Laguna de Cajititlán.....	41
19. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Laguna de Cajititlán.....	41
20. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Laguna de Cajititlán.....	42
21. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Lago de Chapala.....	43
22. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Lago de Chapala.....	43

23. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Lago de Chapala.....	44
24. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Laguna de Zapotlán.....	45
25. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Laguna de Zapotlán.....	45
26. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Laguna de Zapotlán.....	46
27. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa Santa Rosa.....	50
28. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa Santa Rosa.....	50
29. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa Santa Rosa.....	51
30. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa La Vega.....	52
31. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa La Vega.....	52
32. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa La Vega.....	53
33. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa Calderón.....	54
34. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa Calderón.....	54
35. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa Calderón.....	55
36. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Laguna de Cajititlán.....	56
37. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Laguna de Cajititlán.....	56
38. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Laguna de Cajititlán.....	57
39. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Lago de Chapala.....	58
40. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Lago de Chapala.....	58
41. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Lago de Chapala.....	59
42. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Laguna de Zapotlán.....	60
43. Índice de Calidad metodología CNA, 2001; segundo muestreo Laguna de Zapotlán.....	60

44. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Laguna de Zapotlán.....	61
45. Parámetros fuera de Norma de Presa Santa Rosa.....	65
46. Parámetros fuera de Norma Presa La Vega.....	66
47. Parámetros fuera de Norma de Presa Calderón.....	66
48. Parámetros fuera de Norma de Laguna de Cajititlán.....	67
49. Parámetros fuera de Norma de Lago de Chapala.....	68
50. Parámetros fuera de Norma de Laguna de Zapotlán.....	68
51. Resultados de parámetros fisicoquímicos Primer muestreo.....	99
52. Resultados de parámetros fisicoquímicos Segundo muestreo.....	100
53. Resultados de parámetros fisicoquímicos Tercer muestreo.....	101

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráficas

1. Gráfica 1. Descripción del área de estudio. Cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco. Fuente CNA Octubre 2006.....	20
2. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados del estado de Jalisco.....	32
3. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.....	33
4. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.....	34
5. Promedio del índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Presa Santa Rosa.....	35
6. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán(1979), Presa La Vega.....	38
7. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Presa La Vega.....	40
8. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Laguna de Cajititlán.....	42
9. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Lago de Chapala.....	44
10. Promedio de Índice de Calidad del Agua, Laguna de Zapotlán.....	46
11. Resultados de Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.....	47
12. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional de Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua del estado de Jalisco.....	48
13. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua del estado de Jalisco.....	49
14. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Presa Santa Rosa.....	51
15. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología propuesta por CNA, 2001; Presa La Vega.....	53

16. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Presa Calderón.....	55
17. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna Cajititlán.....	57
18. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna de Chapala.....	59
19. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna de Zapotlán.....	61
20. Índice de Calidad del Agua metodología de Martínez de Bascarán, (1979); de los seis cuerpos estudiados en el estado de Jalisco.....	62
21. Índice de Calidad del Agua por CNA, 2001; de los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.....	63
22. Correlación lineal para Presa Santa Rosa, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	76
23. Índice de Calidad teórico en función de la regresión simple calculada, para presa Santa Rosa.....	77
24. Correlación lineal para Presa La Vega, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	77
25. Índice de Calidad teórico en función de la regresión calculada, para Presa La Vega.....	78
26. Correlación lineal para Presa Calderón, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	78
27. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Calderón.....	79
28. Correlación lineal para Laguna de Cajititlán, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	79
29. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Cajititlán.....	80
30. Correlación lineal para Lago de Chapala, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	80
31. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Lago de Chapala.....	81
32. Correlación lineal para Laguna de Zapotlán, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).....	81
33. Índice de Calidad teórico calculado en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Zapotlán.....	82
34. Correlación lineal para Presa Santa Rosa, valoración ICA por CNA (2001).....	82
35. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Santa Rosa.....	83
36. Correlación lineal para Presa La Vega, valoración ICA por CNA (2001).....	83
37. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa La Vega.....	84
38. Correlación lineal para Presa Calderón, valoración ICA por CNA (2001).....	84

39. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Calderón.....	85
40. Correlación lineal para Laguna de Cajititlán, valoración ICA por CNA (2001).....	85
41. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Cajititlán.....	86
42. Correlación lineal para Lago de Chapala, valoración ICA por CNA (2001).....	86
43. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Lago de Chapala.....	87
44. Correlación lineal para Laguna de Zapotlán, valoración ICA por CNA (2001).....	87
45. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Zapotlán.....	88
46. Índice de calidad teórico, por la metodología de Martínez de Bascarán (1979)....	88
47. Índice de calidad teórico, por la metodología de Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).....	89

ÍNDICE DE FIGURAS E IMÁGENES

Figuras

1. Diagrama de flujo de la Metodología.....	14
2. Localización del área de estudio en el estado de Jalisco.....	15
3. Interpretación de los valores del ICA. (León, 1991).....	26
4. SEMARNAT, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.....	29
5. Rangos de cuantificación del ICA en función al uso del agua. Fuente CNA, 2001.....	30
6. Comparación de ICA propuesto por la metodología de Martínez de Bascarán (1979) y CNA (2001); con su clasificación correspondiente de acuerdo con la escala de los ICA, como función del uso del agua.....	64
7. Valoración toxicológica de Presa Santa Rosa.....	70
8. Valoración toxicológica de Presa La Vega.....	71
9. Valoración toxicológica de Presa Calderón.....	72
10. Valoración toxicológica de Laguna de Cajititlán.....	73
11. Valoración toxicológica de Lago de Chapala.....	74
12. Valoración toxicológica de Laguna de Zapotlán.....	75

Imagen

1. Imágenes de satélite, Lago de Chapala, Laguna de Cajititlán, Presa Calderón, Presa La Vega y Presa Santa Rosa.....	19
2. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa Santa Rosa.....	102
3. Presa Santa Rosa.....	102
4. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa La Vega.....	103
5. Presa La Vega.....	103
6. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa Calderón.....	104
7. Presa Calderón.....	104
8. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Lago de Chapala.....	105
9. Lago de Chapala.....	105

10. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Laguna de Zapotlán.....	106
11. Laguna de Zapotlán.....	106

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes, vinculados directamente a la calidad de vida de la población y determinante para el funcionamiento del sistema productivo, ya sea agrícola o industrial. Ha sido considerada un bien público o libre, o de acceso libre; hasta fechas recientes, se ha tomado conciencia de su escasez, a tal punto que hoy es uno de los factores limitantes en ciertas actividades económicas fundamentales para el desarrollo.

La mayor parte del planeta está cubierta por el agua de océanos, mares, casquetes polares, ventisquero, nieves eternas, lagos y ríos, lo que suma alrededor de 1 400 millones de km³, pero solo una pequeñísima parte es apta para uso humano. (Jiménez, 2002).

En la República Mexicana existen 14,000 cuerpos de agua lagunaria (cuerpos de agua interiores) de los cuales el mayor número se localiza en la zona centro occidente, que incluye los estados de Jalisco y Michoacán, siguiendo en importancia la región centro sur y la norte.

De estos sistemas lagunarios existen los embalses naturales y artificiales, destacan por su abundancia los embalses artificiales, que son construidos, por una condición general impuesta por el clima, para almacenar agua durante la estación lluviosa y para distribuirla durante la estación seca, ocupan 67.13% de los cuerpos hídricos y cubren 188,781 hectáreas, que representan 14.74% de la superficie inundada de aguas epicontinentales. (De la Lanza, 2002).

El almacenamiento del agua es una necesidad que viene a resolver los requerimientos de abastecimiento de los principales núcleos urbanos o agropecuarios lo que el tener una buena calidad del agua de estas permite evaluar y validar el uso adecuado que se le dé.

El objetivo de almacenamiento de agua es la siguiente: Agricultura, Producción hidroeléctrica, Abastecimiento de agua, Consumo humano (bebida, cocina y procesamiento de alimentos), limpieza personal, actividades recreativas (natación,

veleo, etc.), municipales (riego de jardines, lavado de coches, fuentes de ornato, lavado de calles e instalaciones públicas), industria y transporte de desechos.

El último punto (transporte de desechos) aunque es inaceptable, actualmente se da con frecuencia, a muchos cuerpos de agua, a pesar de que limita la posibilidad de emplear para otros fines.

La importancia pesquera de un cuerpo de agua continental está determinada por la distribución y abundancia de plancton en la columna de agua, así como los nutrientes y dinámicas propias de la hidrología de la cuenca. (Jiménez, 2002).

Jalisco cuenta con una precipitación anual media de 800 mm. Recibe alrededor de 64 000 millones de metros cúbicos de agua m^3 . Esto es aproximadamente cuatro veces más que el volumen potencial de explotación de 16 848 millones de m^3 . De los aprovechamientos de agua que se hacen en el estado, 71.6 % corresponden a extracciones superficiales y el resto 28.4 % a extracciones subterráneas, el sector agropecuario demanda 2 692.2 m^3 de agua de los cuales 1 561.0 M^3 son superficiales y 1 131.2 M^3 son subterráneos. (Guzmán, 1997).

Es un estado que cuenta con recursos hídricos superficiales limitados, por lo que los aprovechamientos son intensivos en ellos, siendo la pesca la principal actividad productiva que se desarrolla, sin embargo, los estudios ficoflorísticos son actualmente muy escasos y aunado con los procesos de contaminación del agua que se presentan en la actualidad, hacen valiosos estudios de este tipo.

Esta contaminación es resultado de las descargas residuales domésticas que contiene una gran cantidad de materia orgánica y detergentes que descargan directamente de estos cuerpos de agua. Entrada de fertilizantes, principalmente en base a nitrógeno y fósforo, provenientes de faenas agrícolas y que pasan a los cuerpos de agua a través de escorrentías superficiales o filtraciones subterráneas. Así como también desechos de industrias que se encuentren alrededor de estos cuerpos. (Jiménez, 2002).

A lo largo de la historia, la calidad del agua potable ha sido un factor determinante del bienestar humano. Las enfermedades propagadas por agua contaminada diezmaron a la población de ciudades enteras. Actualmente el agua contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarla, tanto para beber como para la irrigación de hortalizas y otras plantas comestibles crudas.

Existe una gran actividad agrícola en la región de Jalisco, así que hay alta probabilidad de que cuerpos de agua se encuentren contaminados por sustancias químicas de alta toxicidad, que se utilizan en grandes cantidades y provocar consumo de agua o alimentos contaminados con agentes infecciosos como pueden ser virus, bacterias y parásitos.

Un abastecimiento de agua debe incluir un estudio de riesgo de sustancias químicas, que pueden ser una de las causas de efectos perturbadores endócrinos sobre la salud, como infecundidad femenina, aborto espontáneo, disminución del espermograma, cáncer de próstata y testículo, cáncer de mama, de ovario y útero, retraso en el aprendizaje, pérdida de memoria y alteración al tejido óseo.

Cada vez son más los cuerpos de aguas contaminados por fuentes de gases y olores fétidos, descarga de agua residuales domésticas (ARD) y descarga de agua residuales industriales (ARI) causando gran número de enfermedades y muerte, no solo al ambiente y animales si no también a los seres humanos. (Manahan, 2007).

1.1 La Calidad Del Agua

Los nutrientes son indispensables para la vida y la presencia de flora y fauna acuáticas, que solo se dan en cuerpos de agua con un cierto nivel trófico. Cuando un cuerpo de agua recibe descargas de aguas residuales o agrícolas, con altos contenidos de nutrientes, puede producirse una fertilización excesiva de las aguas. Ello provoca el envejecimiento prematuro del cuerpo receptor, con la consecuente pérdida de oxígeno disuelto y proliferación de malezas acuáticas.

El ambiente se daña seriamente debido a la contaminación del agua, muchos organismos que viven y se reproducen en el agua son afectados por la contaminación de la misma, esto puede alternativamente lastimar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales acuáticas. Por otro lado es importante señalar que la presencia o ausencia de algunos microorganismos en los sistemas acuáticos son indicadores de calidad o ausencia de la misma, esto es conocido como biomonitoreo (García, 2009).

La calidad del agua interesa desde diversos puntos de vista:

- Utilización fuera del lugar donde se encuentra (agua potable, usos domésticos, urbanos e industriales, riego)
- Utilización del curso o masa de agua (actividades recreativas: baño, remo, pesca, etc.)
- Como medio acuático, que acoge especies animales y vegetales

Por lo tanto, hablar de calidad del agua siempre conlleva a integrar el factor utilización para una correcta ponderación de la expresión, dado que sus características de composición pueden indicar que son aptas para unos usos determinados y excluyentes para otros. Una definición de la contaminación del agua dice que el medio acuático está contaminado cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente, por el hombre, de modo que se presta menos fácilmente a todas o algunas de las utilidades para las que podría servir en su estado natural (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

En la determinación de la disponibilidad del agua, no solamente es necesario saber qué cantidad de agua está a nuestro alcance en las diferentes fases del ciclo hidrológico, además, deben conocerse las características físico - químicas y bacteriológicas para estar en condiciones de darle uso en diferentes actividades productivas y como agua potable en el abastecimiento a poblaciones (García, 2009).

Los criterios y normas de calidad del agua pueden definirse como los niveles o concentraciones que deben respetarse para un uso determinado. Existen diversos usos que pueden darse al agua, pero aquellos que involucran criterios de calidad del agua son principalmente los siguientes: abastecimiento para sistemas de agua potable e industrias alimenticias, usos recreativos, conservación de la flora y fauna, uso agrícola e industrial, acuicultura y riego. El manejo de la calidad del agua se mejora con la aplicación de normas de calidad para cuerpos receptores y descargas de aguas residuales.

1.2 Principales indicadores de calidad del agua

La manera de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en otra situación que se considere admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.

Los parámetros físicos más importantes son: la transparencia, turbidez, color, olor, sabor, temperatura, conductividad eléctrica y pH.

Los parámetros químicos son los más importantes para definir la calidad del agua, existe una extensa lista de ellos siendo posible agruparles en:

Sustancias presentes naturalmente y sustancias vertidas artificialmente. Como no hay un límite bien marcado entre unas y otras, ya que muchas pueden proceder de ambas fuentes (nitrógeno, fenoles, etc.), las estimaciones deberán hacerse en función de diferencias de concentración y no de los valores absolutos.

Sustancias y caracteres estables, inestables, ligeramente estables. Esta agrupación se usa cuando hay que decidir los análisis u observaciones a realizar in situ en laboratorio móvil o en laboratorio permanente.

Sustancias presentes habitualmente en cantidades grandes (iones más importantes, oxígeno disuelto, etc.), y algunos contaminantes, como detergentes y

derivados del petróleo) y sustancias presentes en cantidades pequeñas. Las primeras deberán ser analizadas con frecuencia y las segundas solo en la prospección preliminar o en observaciones muy detalladas.

Los parámetros biológicos incluyen diversas especies microbiológicas patógenas al hombre así como virus y diversos invertebrados. Últimamente se utilizan los llamados índices bióticos, que se construyen en función de la presencia de ciertas especies (taxones, más generalmente), que se comportan como indicadores de los niveles de contaminación, y las variaciones de la estructura de la comunidad biótica ocasionadas por la alteración del medio acuático (Ministerio de Medioambiente, 2000).

La selección de los parámetros se puede determinar en función de los usos del agua, siendo los más comunes el uso doméstico, industrial, riego, recreo y vida acuática, variando el número y tipo de parámetros ya que las exigencias de calidad son diferentes.

Los estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y sufre de frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos. Por tales motivos existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad adopta según sus criterios de seguridad establecidos.

En México las especificaciones de contaminantes y de calidad se señalan en los "Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CCA-001-89" y la "NOM-127-SSA1-1994 "Salud Ambiental, Agua Para Uso y Consumo Humano-límites Permisibles de Calidad y Tratamiento a que debe Someterse el Agua para su Potabilización".

En este trabajo se realizó, el Índice de Calidad del Agua, para así realizar la valoración toxicológica sobre afectaciones a la salud y el medio ambiente en estudios realizados en seis cuerpos de agua del estado de Jalisco.

2. ANTECEDENTES

El aprovechamiento y uso de los cuerpos de agua superficial como son presas y lagos en México se ha intensificado en los últimos años, anteriormente los acuíferos subterráneos eran insuficientes para satisfacer las necesidades de las poblaciones, pero con el incremento demográfico del país y de sus actividades productivas demandan cada vez mayores volúmenes de agua, siendo necesario utilizar y aprovechar de una forma integral las presas y lagos. Esto ha contribuido a que se diversifiquen los usos, en función de las necesidades de los núcleos de población destacando los siguientes: riego, generación de energía, turismo, pesca comercial, pesca deportiva, abastecimiento público y piscicultura.

En la actualidad el más importante que se tiene en México es el riego, sin embargo la generación de energía eléctrica ha recobrado importancia debido al fomento que se será dado al desarrollo industrial.

Otro uso que tiene gran relevancia en el desarrollo socioeconómico son: el abastecimiento público, la pesca comercial, la piscicultura, el turístico, los cuales con el incremento desmedido de las poblaciones van adquiriendo su respectiva consideración el marco de alternativas.

Uso del agua para generación de energía eléctrica:

La extracción de agua que se destina a la generación de energía eléctrica representa un uso y no un consumo, ya que el volumen que se recibe es siempre devuelto sin variación alguna en cuanto a cantidad o calidad si la planta es hidroeléctrica y con mínimas pérdidas si es termoeléctrica.

Abastecimiento público:

La factibilidad de aprovechar las presas y lagos como fuente de abastecimiento municipales una alternativa que está resultando efectiva para cubrir las necesidades urbanas, además de incrementar sus actividades productivas como se ha observado en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara principalmente. En este uso la calidad del agua es de gran importancia, ya que se

requiere características específicas de calidad por lo que el costo del tratamiento requerido para su aceptación definirá la posibilidad de utilizarla con fines potables.

Piscicultura:

La piscicultura es una zootecnia de reciente utilización en las aguas dulces en México debido a la explosión demográfica que se ha manifestado en los últimos años y el consecuente incremento de las necesidades alimenticias de las poblaciones. Un ejemplo de esta actividad lo representa el lago de Chapala en Jalisco, la Presa Infiernillo y el lago de Patzcuaro en Michoacán en donde se están explotando estas técnicas en la actualidad. Este uso es un instrumento para aprovechar las presas y lagos de nuestro país, así se podrá combatir el problema alimentario.

Turismo:

El uso de los cuerpos de agua en México con fines turísticos está siendo impulsado en los últimos años por nuestro gobierno ya que las presas y lagos de nuestro país representan además de una fuente de ingresos como atractivos turísticos, centros de recreo y esparcimiento para los núcleos de población cercanos a estos. (De la Mora, 2001).

El análisis de cualquiera de los cuerpos de agua revela la presencia de gases, elementos minerales y elementos orgánicos en solución o en suspensión. Estos elementos tienen un origen natural, rocas, suelo y aire, al que hay que añadir el procedente de las actividades de producción y consumo humano, que originan una serie de productos de desecho que son vertidos o depurados, a las aguas para su eliminación.

Son precisamente la naturaleza y la cantidad de estos elementos constituyentes los que definen un agua, precisan y limitan su empleo para los diversos usos: agua potable, de uso doméstico, industrial, agrícola o recreativo. (Seoáñez, 1999).

En las últimas décadas se ha incrementado la demanda de agua debido en parte a la mejora de la calidad de vida y al mayor desarrollo industrial y agrícola. Como

contrapartida a esto, se ha producido una notable modificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua; su calidad es importante cuando se relaciona con los posibles riesgos a la salud en los organismos vivos.

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que cada año causa la muerte a más de 5 millones de personas. Aproximadamente 2.300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60% de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua. Esto no solo afecta a los seres humanos, si no al ambiente y todo ser vivo (aves, plantas, peces, mamíferos, etc.) que dependa del cuerpo de agua que se encuentre a su alrededor o que cubra sus necesidades para vivir.

El grado de contaminación del agua es medido en término del índice definido como el valor en una escala de 0 a 100% que indica el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un valor elevado de ICA indica una mejor calidad del agua) y que se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 18 parámetros. (Comisión Nacional del Agua, 2001).

Es muy importante conocer la calidad del agua ya que puede presentar alteraciones importantes por procesos de contaminación, en los que los riesgos toxicológicos y ambientales estarán presentes.

Los fenómenos de toxicidad ocasionados por diversos elementos químicos se plantean según cantidades mínimas de aquellos y según la posibilidad que tienen estos elementos, o los compuestos que contienen, de ser retenidos de forma selectiva por el suelo. Los riesgos de toxicidad son muy variables, según su naturaleza y concentración y son relacionados con la carcinogénesis, teratogénesis, efectos nitrogénicos y sinérgicos. (Seoánez, 1999).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas, revela que en México la calidad del agua está en un estado crítico, ya que ocupa el sitio 106 de una lista de 120 países, de acuerdo con el presidente de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, Salomón A. López. Indicó que dentro el estudio mencionado queda clara la mala calidad del líquido proveniente de los mantos acuíferos, "Las malas condiciones del agua obedecen a causas de tipo bacteriológico, además de sales y adherencias que tienen nuestros acuíferos, seguramente por la sobreexplotación". (ONU, 2009).

La importancia de cuidar y conservar los cuerpos de agua es debido al papel que estos juegan en los ecosistemas ya que ayudan para suministro de agua de ciudades y cabeceras municipales, pesca, recreación, belleza del entorno, regulador de clima, hábitat de especies endémicas y migratorias, control de inundaciones, generación hidroeléctrica.

Las industrias, cercas de estos cuerpos de agua, utilizan el medio líquido para principalmente enfriar o limpiar maquinaria, procesar materia prima o alimentos, desechos agrícolas, fertilizantes y aguas negras; Las descargas de estas pueden contener elementos de difícil remoción y asimilación en los sistemas de tratamiento biológico y en los ecosistemas acuáticos. (Jiménez, 2002).

El 80% de los ríos de Jalisco se encuentran contaminados, los contaminantes son altamente tóxicos como sustancias químicas que la mayoría de estos proviene al ser arrastrados por el agua de los campos de cultivo hasta los ríos y mares donde se introducen en las cadenas alimenticias provocando la muerte de varias formas de vida necesarias en el balance de algunos ecosistemas. Estos compuestos químicos han provocado la muerte de peces tanto en agua dulce como salada, también se acumulan en los tejidos de algunos peces los que a su vez ponen en peligro la vida de sus consumidores. Estas sustancias químicas acumuladas en las aguas ponen en peligro la vida de animales y vegetales acuáticos.

Los compuestos químicos de las aguas naturales contribuyen a determinar las propiedades del agua. Algunos de tales compuestos son vitales para las plantas y los animales acuáticos. Por otro lado, varios de estos compuestos químicos interfieren con el uso al que se destina el agua y, por tanto, se les considera contaminantes.

Contaminante: es toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera y/o cualquier elemento ambiental como el agua, suelo, flora o fauna, altera o modifica su composición natural y degrada su calidad.

La calidad del agua contempla cinco categorías: excelente, aceptable, ligeramente contaminado, contaminado y severamente contaminado. Desgraciadamente tenemos ya cuerpos contaminados en exceso además se considera que agua con esa calidad es inaceptable como fuente de agua cruda para potabilizar. Sólo organismos muy resistentes pueden sobrevivir en ella; cualquier uso recreativo tiene que ser sin contacto con el agua y requiere de tratamiento para su uso en la mayor parte de industrias. (CEAS, 2001).

Por lo que en el presente trabajo se pretende determinar una valoración toxicológica sobre afectaciones a la salud y el medio ambiente, en los estudios ya realizados de octubre del 2006 a Junio del 2007 en presa Gral. Manuel M. Diéguez (Santa Rosa), presa La Vega, Laguna de Zapotlán, presa Elías González Chávez (Calderón), Lago de Chapala y Laguna de Cajititlán; todos estos dentro del estado de Jalisco realizando la valoración de los riesgos a la salud y el gran daño que sufre la flora y la fauna influyendo negativamente en la diversidad natural en las regiones en que se usan.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Identificar riesgos a la salud y al medio ambiente de la calidad del agua presente en seis cuerpos de agua en Jalisco.

4.2 Objetivos particulares:

- 1.- Identificar los riesgos toxicológicos presentes en los cuerpos de agua en estudio mediante el análisis de parámetros de calidad del agua.
- 2.- Construir el Índice de Calidad del Agua para los seis cuerpos de agua en estudio y determinar las limitantes de uso que correspondan a la calidad observada.

5. METODOLOGÍA

La valoración toxicológica se realizó en seis cuerpos de agua ya estudiados como son: presa General Manuel M. Diéguez (Santa Rosa), presa La Vega, Laguna de Zapotlán, presa Elías González Chávez (Calderón), Lago de Chapla y Laguna de Cajititlán. Que se encuentran en las tablas de anexos 1.

La metodología utilizada se describe en el siguiente diagrama de flujo:

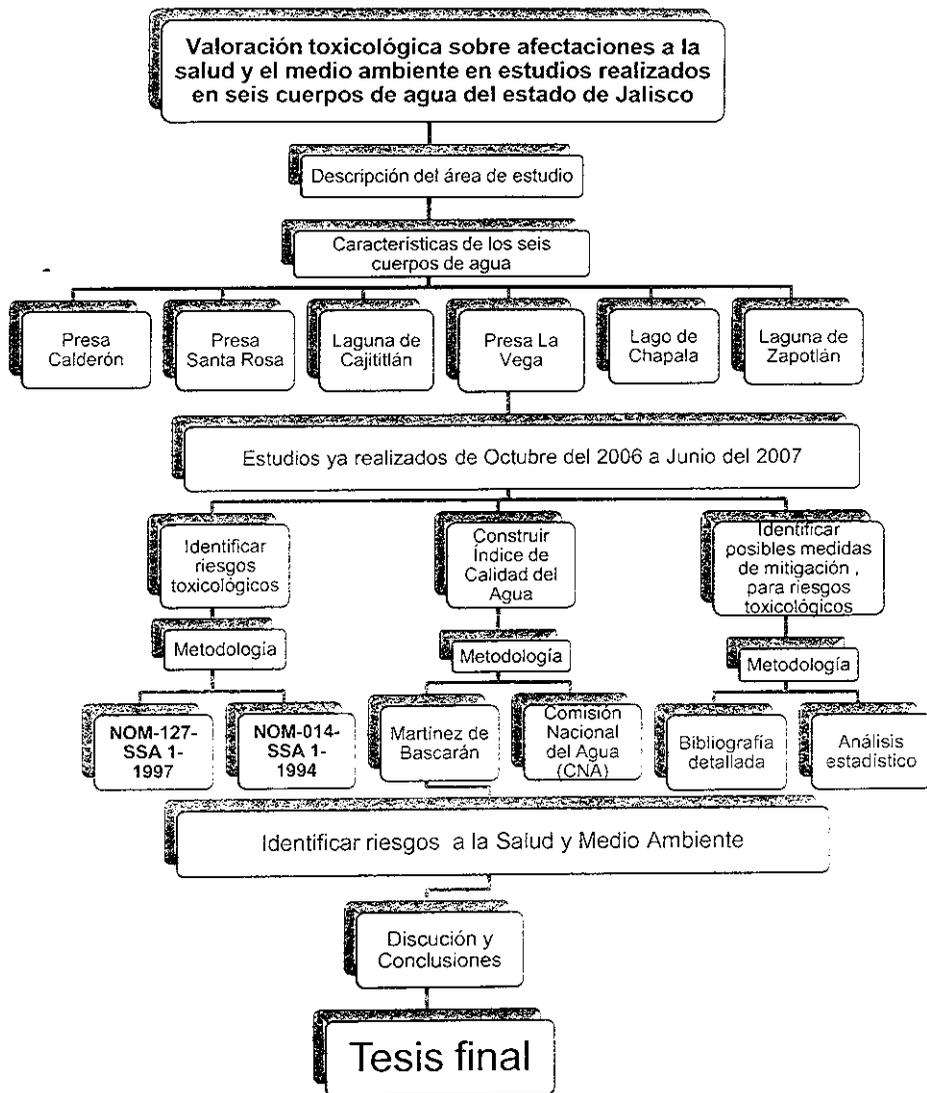


Figura 1. Diagrama de flujo de la Metodología.

5.1 Localización del área de estudio

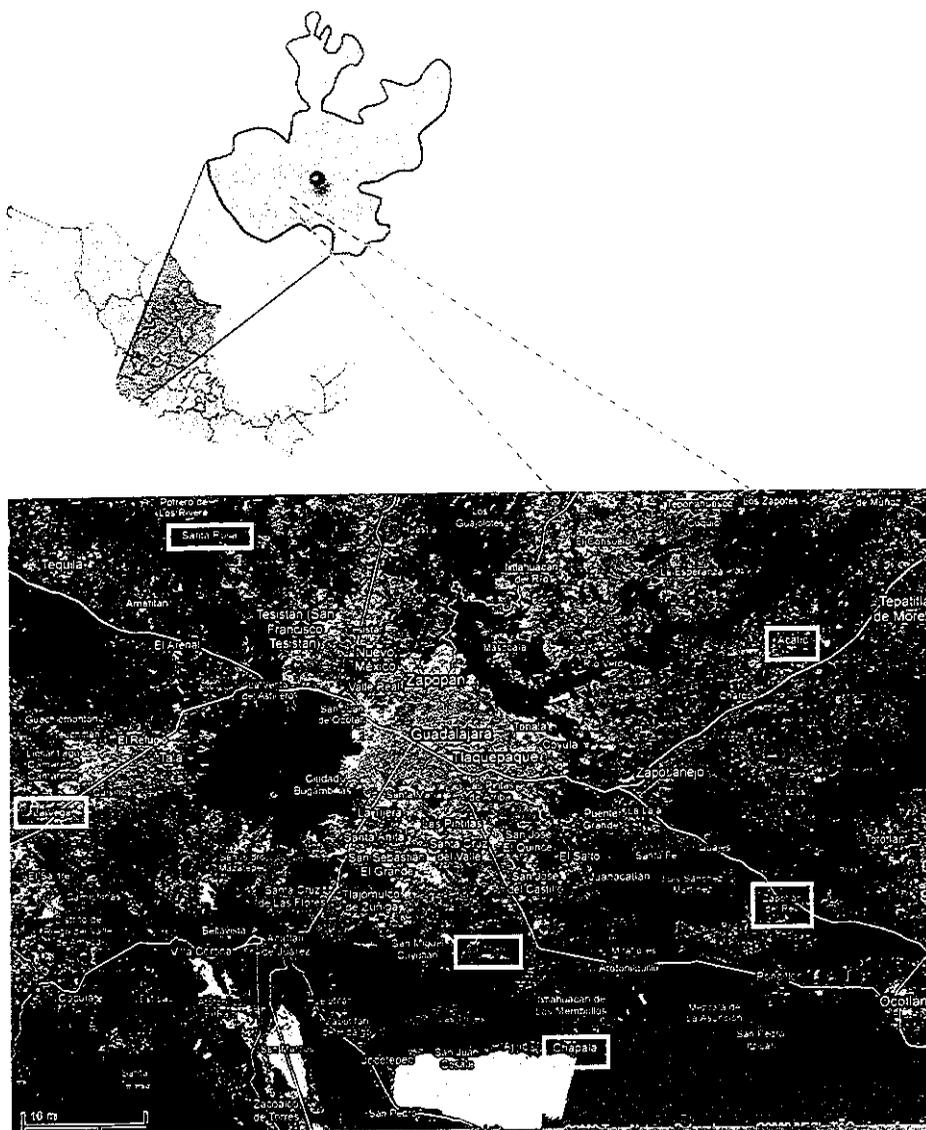


Figura 2. Localización del área de estudio en el estado de Jalisco.

5.2 Características generales de los Seis Cuerpos de Agua en el Estado de Jalisco.

Presa Gral. Manuel M. Diéguez (Presa Santa Rosa), localizada a 140 Km. del nacimiento del río Santiago, ubicada a 61 km. al NW de la ciudad de Guadalajara Jalisco, en el municipio de Amatitán. Construida entre los años 1957 a 1964, tiene como finalidad principal la generación de energía eléctrica pero sirve también como contención a las aguas del río Santiago y protege a cientos de miles de familias asentadas sobre las márgenes del mismo en los estados de Nayarit y Jalisco, como complemento aguas arriba de las presas Aguamilpa y El Cajón.

La presa de Santa Rosa acusa una grave contaminación resultado de las descargas residuales urbanas, agrícolas e industriales que se hacen al río Santiago, incluidas las de Guadalajara y su zona metropolitana. (De la Lanza, 2002).

Presa Elías González Chávez (Presa Calderón), la subcuenca río Calderón se localiza dentro de la región de los Altos de Jalisco, es tributaria por la margen derecha del río Grande Santiago, incluye parte de los municipios de Tepatitlán, Acatic, Zapotlanejo y Tototlán presenta una superficie de 726 Km².

Opera desde 1991 y se ubica sobre la corriente principal del río Calderón en un punto conocido como el Plan de Calderón. El río Calderón es un importante afluente del río Santiago y forma parte de la subcuenca del río Verde, con usos principales para riego agrícola, control de avenidas, abrevadero, pesca comercial y recreativa, además de abastecimiento para consumo humano. Lamentablemente el río Santiago es uno de los más contaminados del país.

Presa La Vega, situada a 35 Km. de Guadalajara, tiene como afluentes significativos el Río Salado, los arroyos Chapulimita, Los Otates y El Agüilote. El poblado de Teuchitlán se localiza junto a una serie de manantiales conocidos como Manantiales del Rincón. Esta presa es sitio RAMSAR e incluye zonas aledañas que no están hundidas, es el cuerpo de agua de mayor extensión de la

Región Valles, es un humedal artificial de importancia socioeconómica para la región, punto de captación y distribución para los usuarios de riego del distrito de Ameca, fuente de trabajo para los sectores pesquero y turístico, vinculados con el medio natural. Diversidad de aves acuáticas residentes y migratorias, como el pato arcoíris, especies amenazadas y protegida, como la nutria (*Lontra longicaudis*) y endémicas como el pez (*Ameca splendida*).

También funciona como captación hídrica y por lo tanto el control de inundaciones, es el principal regulador del clima de la región. En términos generales el agua de la presa se califica como ligeramente alcalina, de temperatura templada y buena oxigenación.

Laguna de Zapotlán, también conocida como laguna de Ciudad Guzmán, se localiza al sur del estado de Jalisco entre las porciones territoriales de los municipios de Gómez Farías y de Zapotlán el Grande (Ciudad Guzmán) a 135 Km. de la Ciudad de Guadalajara. La laguna tiene una profundidad promedio de 4.75 m. También forma parte de las cuencas cerradas de Sayula. Esto significa que el agua no tiene ningún escape a ríos u otros cuerpos de agua, por lo que los contaminantes se quedan concentrados. La zona tiene 170 sitios con valor arqueológico y es prioritaria para la conservación de aves acuáticas migratorias.

Las principales amenazas son los cambios de uso de suelo, así como la alteración del flujo del agua que abastece a la laguna así como la contaminación por las actividades pecuarias y de agricultura, como de granjas porcinas y de ganado vacuno. Análisis que se han tomado de la laguna demuestran que la calidad del agua es mala ya que se encuentra contaminada principalmente por coliformes fecales, nitritos y fosfatos, producto de la agricultura. (CEA, 2009).

Lago de Chapala, tiene una capacidad total aproximada de 8,000 Millones de metros cúbicos, este lago es el más grande de la República Mexicana, es la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la Zona Conurbada de Guadalajara, porque aporta el 60% del agua que llega a la ciudad.

Actualmente cubre más del 50% del abastecimiento. Sus principales usos son: pesca, recreación, belleza del entorno, regulador del clima, hábitat de especies endémicas y migratorias.

Vaso regulador del sistema Lerma-Chapala y depurador de las aguas del río Lerma. El lago brinda a la sociedad importantes servicios ambientales, pero la cantidad y calidad de agua resulta cada vez más impredecible.

Laguna de Cajititlán, situada a 40 Km. de Guadalajara, en el municipio de Tlajomulco, con una profundidad media de 1.5 m. y que recibe aguas residuales de diversas poblaciones de su ribera.

La laguna de Cajititlán, en su peculiar paisaje lacustre ribereño, en sus construcciones prehispánicas de estilo recio teotihuacano, de herencia ya milenaria, en sus edificaciones coloniales barrocas, ya triseculares, como sus templos de San Juan Evangelista, San Lucas y la parroquia de los Tres Reyes Magos, simetría perfecta, es ejemplo que se hace norma del genuino México, que no podemos permitir se esfume. Dicha laguna actualmente es afectada por descargas de aguas residuales procedentes de cabeceras y cinco poblaciones ribereñas sin tratamiento alguno; mortandad cíclica de peces en los meses de abril a mayo y riesgo de deterioro de la salud pública. Afectación económica a las uniones de pescadores de las poblaciones ribereñas y disminución del turismo. Infestación de maleza acuática, lirio y tule, entre otras. (CONAGUA, 2001).

5.2.1 Área de estudio:

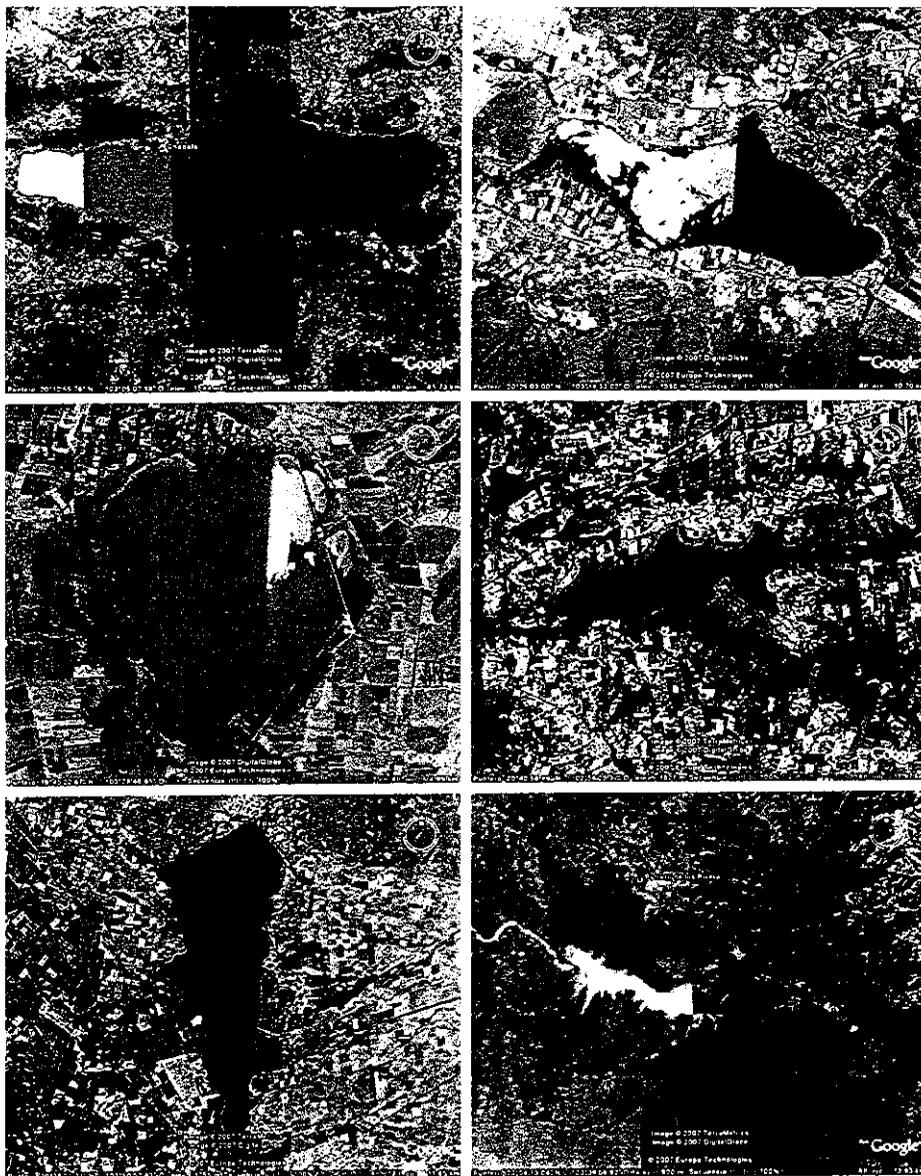


Imagen 1. Imágenes de satélite, de izquierda a derecha; Lago de Chapala, Laguna de Cajititlán, Presa Calderón, Presa La Vega, Presa Santa Rosa y Laguna de Zapotlán. Fuente Google, 2007.

5.2.2 Descripción del área de estudio

Cuerpo de agua	Municipio	Capacidad Total (Mm3)	Almac. Máximo 2007 (Mm3)	Coordenadas
Elías González Chávez, (Calderón)	Acatic	80	82.63	N.- 20° 40'58.99" O.- 102° 56'25.37"
Manuel M. Diéguez, (Santa Rosa)	Amatitán	371.72	96.11	N.- 20° 54'13.04 O.- 103° 39'56.92"
L. de Cajititlán	Tlajomulco	54.40	36.76	N.- 20° 25'03.00" O.- 103° 19'33.02"
Presa de la Vega	Teuchitlán	80	14.63	N.- 20° 12'55.76" O.- 103° 05'07.18"
Lago de Chapala	Chapala	8,000		N.- 20° 12'55.76" O.- 103° 05'07.18"
Laguna de Zapotlán	Zapotlán del Rey	5.78	6.76	N.- 19° 45'22.87" O.- 103° 28'46.65"

Gráfica 1. Descripción del área de estudio. Cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.
Fuente: CNA Octubre, 2006.

5.3 Análisis Toxicológico

Para determinar los riesgos toxicológicos se recurrió a fuentes bibliográficas como: Conesa V. 1993. Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental, De la Mora C. 2001. Evaluación de la calidad en el Lago de Chapala durante 1996-1997, Rodríguez B. 2007. Contaminación por nitratos y nitritos en pozos de Puente Grande y El Salto, Jalisco, México; García J. 2002. Calidad de aguas. Así como también consultando Leyes y Normas Mexicanas, apegándome a la NOM-127-SSA 1-1997, NOM-014-SSA 1-1993, que establecen los límites de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano.

- **NOM – 127 –SSA 1-1997**, Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Para efecto del análisis de resultados se apega a los límites permisibles de características físicas y organolépticas:

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Tabla 1. Límites permisibles de características físicas y organolépticas, NOM-127-SSA1-1997.

Para efecto del análisis de resultados se apega a los límites permisibles de características Químicas:

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Clouros (como Cl ₂)	250.00
Dureza Total (como CaCO ₃)	500.00
Nitratos (como N)	10.00
Nitros (como N)	0.05
pH (potencial de hidrogeno) en unidades de pH	6.5/8.5
Sólidos Disueltos Totales	1000.00
Sulfatos (como SO ₄ ²⁻)	400.00

Tabla 2. Límites permisibles de características químicas, NOM-127-SSA1-1997.

Cuando se realizó el muestreo se apegaron a los lineamientos que se describen en la NOM-014-SSA 1-1994.

- **NOM – 014 –SSA 1-1994**, Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

DETERMINACION	MATERIAL DE ENVASE	VOLUMEN MINIMO (ml)	PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO ALMACENAMIENTO
Cloruros	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Color	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Conductividad	p,v	200	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Dureza total	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	14 d
Nitratos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
Nitritos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h
pH	p,v	---	Analizar inmediatamente	---
Sólidos	p,v	1000	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	7 d
Sulfatos	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	28 d
Turbiedad	p,v	100	Refrigerar de 4 a 10° C y en la oscuridad	48 h

Tabla 3. Determinación de procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, NOM-014-SSA1-1994.

p= plástico, pH= potencial de hidrogeno, s= vidrio enjuagado con solventes orgánicos; interior de la tapa del envase recubierta con teflón, v= vidrio.

5.4 Índice de Calidad del Agua (ICA)

El grado de contaminación del agua es medido en termino de índice definido como el valor en una escala de 0 a 100% que indica el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un valor elevado de ICA indica una mejor calidad del agua) y que

se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de 116 18 parámetros. CNA, 2001. (Rodríguez B., 2007).

5.4.1 Metodologías del Índice de Calidad del Agua (ICA)

Se presenta un sistema indicador de la calidad del agua, que agrupa los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco unificado, como un instrumento que permitió identificar el deterioro o mejora de la calidad de los seis cuerpos de agua. Así como también el riesgo ambiental que existe por la calidad que presentan los sitios contaminados.

Para este trabajo se desarrollaron dos metodologías: el índice de Calidad del Agua propuesto por Martínez de Bascarán (1979) y la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).

5.4.1.1 Metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).

La metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979), que es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo y a que permite incluir n número de variables en la integración, previa ponderación de su magnitud, siendo entonces aplicable a series de datos tanto numerosas como pequeñas. El índice proporciona un valor global de la calidad del agua, en función de los valores individuales de una serie de parámetros, para lo cual se realizan varias transformaciones numéricas en cada uno de los resultados a integrar.

El primer procedimiento es la normalización de los valores individuales que conforman el índice al establecer una correspondencia de los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros con una escala variable de 0 a 100 que se construye en función de los valores límite establecidos. Se asume como valor de 100 % al que indica condiciones naturales u óptimas en un río, y el 50 %

corresponde al máximo permitido. Una valoración menor al 50 % significa que existen limitantes de importancia para su utilización.

En las tablas 4, 5 y 6 se presenta la normalización de parámetros para la integración de ICA.

Normalización de color y conductividad

Parámetro	Color	Conductividad	Valoración
	>200	>16.000	0
	150	12.000	10
	100	8.000	20
	75	5.000	30
Valor	50	3.000	40
	20	2.500	50
Análítico	16	2.000	60
	12	1.500	70
	8	1.250	80
	4	1.000	90
	0	<750	100
Unidad de Medida	Esc. Pt-Co.	µmhos/cm	%

Tabla 4. Normalización de color y conductividad.

Normalización de pH, dureza total y oxígeno disuelto

Parámetro	pH	Dureza Total	Oxígeno Disuelto	Valoración
	1/14	>1.500	0	0
	2/13	1.000	1	10
	3/12	800	2	20
	4/11	600	3	30
Valor	5/10	500	3.5	40
	6/9.5	400	4	50
Análítico	6.5	300	5	60
	6	200	6	70
	8.5	100	6.5	80
	8	50	7	90
	7	25	7.5	100
Unidad de Medida	Unidad	mg/L CaCO ₃	mg/L	%

Tabla 5. Normalización de pH, dureza total y oxígeno disuelto.

Normalización de turbiedad y sólidos disueltos

Parámetro	Turbiedad	Sólidos Disueltos	Valoración
	>100	>20.000	0
	70	10.000	10
	50	5.000	20
	30	3.000	30
Valor	20	2.000	40
	10	1.500	50
Analítico	8	1.000	60
	6	750	70
	4	500	80
	2	250	90
	0	<100	100
Unidad de Medida	UTN	mg/L	%

Tabla 6. Normalización de turbiedad y sólidos disueltos.

El segundo procedimiento es la asignación de un peso numérico a cada uno de los parámetros. En la siguiente tabla se muestran los pesos a asignar:

Peso a asignar a los parámetros

PESO ASIGNADO	PARÁMETRO
Valor máximo de 4	Conductividad, Oxígeno Disuelto, Color.
Valor medio de 3	Turbiedad.
Valor menor de 2	Sólidos Disueltos, Sulfatos, Nitratos y Nitritos.
Valor mínimo de 1	pH, Cloruros, Dureza Total.

Tabla 7. Peso asignado a los parámetros.

El tercer procedimiento ha sido aplicar la siguiente fórmula para el cálculo del índice de calidad del agua ICA:

$$ICA = \frac{\sum CiPi}{\sum Pi} \cdot k$$

Donde:

C_i = Valor porcentual asignado a los parámetros

P_i = Peso asignado a cada parámetro

k = Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua, definida de la siguiente forma:

- 1,00 Para aguas claras sin aparente contaminación.
- 0,75 Para aguas con ligero color, con espumas y ligera turbiedad aparentemente no natural.
- 0,50 Para aguas con apariencia de estar contaminadas y con fuerte olor.
- 0,25 Para aguas negras que presentan fermentaciones y olores.

La interpretación de los valores obtenidos del ICA se realiza de acuerdo a la figura 3, León 1991.

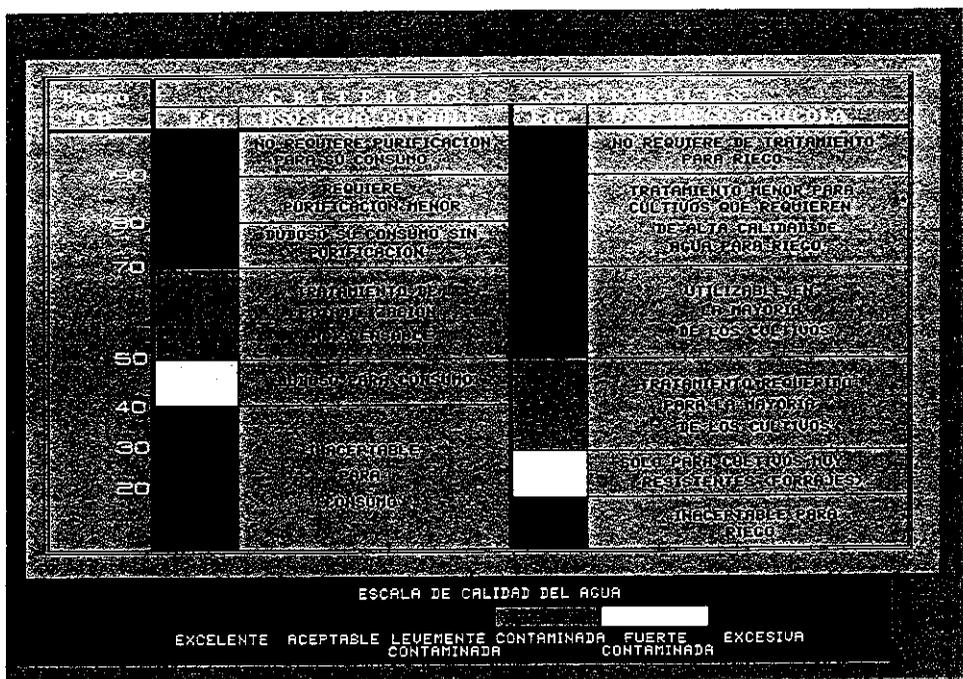


Figura 3. Interpretación de los valores del ICA. (León, 1991).

La segunda metodología utilizada para construir el índice de Calidad del Agua fue la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001), que se genera tomando en consideración los resultados obtenidos del análisis de 11 parámetros de laboratorio. Parámetros que son los siguientes: oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitratos, nitritos, sulfatos, cloruros, dureza total, sólidos disueltos, turbiedad, y color.

El ICA se desarrolló de acuerdo con las siguientes etapas:

La primera etapa consiste en crear una escala de calificación de acuerdo con los diferentes usos del agua.

La segunda involucra el desarrollo de una escala de calificación para cada parámetro de tal forma que se establece una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación.

Después de que se preparan estas escalas, se formulan los modelos matemáticos para cada parámetro, los cuales convierten los datos físicos en correspondientes índices de calidad por parámetro (Ii). Debido a que ciertos parámetros son más significativos que otros en su influencia en la calidad del agua, este hecho se modela introduciendo pesos o factores de ponderación (Wi), según su orden de importancia respectivo.

Finalmente, los índices por parámetro se promedian a fin de obtener el ICA de la muestra de agua.

Parámetros del ICA en importancia relativa.

Parámetro	Peso (Wi)	Parámetro	Peso (Wi)
Oxígeno disuelto	5.0	Nitrogeno en nitratos (NO ₃ -N)	2.0
Conductividad	2.0	Color	1.0
Sulfatos (SO ₄)	2.0	Pureza total	1.0
Nitrogeno amoniacal (NH ₃ -N)	2.0	Potencial de Hidrogeno (pH)	1.0
Cloruros (Cl ₂)	0.5	Sólidos disueltos	0.5
Turbiedad	0.5		

Tabla 8. Parámetros del ICA en importancia relativa. (CNA, 2001).

Formula del ICA:

$$\text{ICA} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n I_i W_i}$$

$$\sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Donde el subíndice i identifica a cada uno de los 11 parámetros presentados, por lo que $i = 1, 2, \dots, 11$ y $n=11$.

ICA	Uso Público	Recreo	Pesca y vida acuática	Industria Agrícola	Navegación	Transporte desechos tratados
100	Aceptable No requiere de purificación	Aceptable	Aceptable	Aceptable No requiere de purificación		
90	Requiere una ligera purificación	para todo tipo de deporte acuático	para todo tipo de organismos	Requiere una ligera purificación		
80						
70	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para la industria normal	Aceptable para todo tipo de navegación	Aceptable
60			Dudoso para especies sensibles			para todo tipo de transporte de desechos tratados
50	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo para organismos muy resistentes	Con tratamiento para la mayor parte de la industria		
40	Inaceptable	Sin contacto con el agua				
30		Muestras obvias de contaminación	Inaceptable	Uso muy restringido	Contaminado	
20		Inaceptable		Inaceptable	Inaceptable	
10						Inaceptable
0						

Figura 4. SEMARNAT, Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, 2002.

Los intervalos de las categorías del ICA son: 0-39%, Altamente contaminado; 40-59%, Contaminado; 60-90% Levemente contaminado; 91-100% Aceptable.

Para determinar los usos del agua en función de la escala del ICA se utilizará la figura 5.

Escala de los I.C.A. Como Función del Uso del Agua

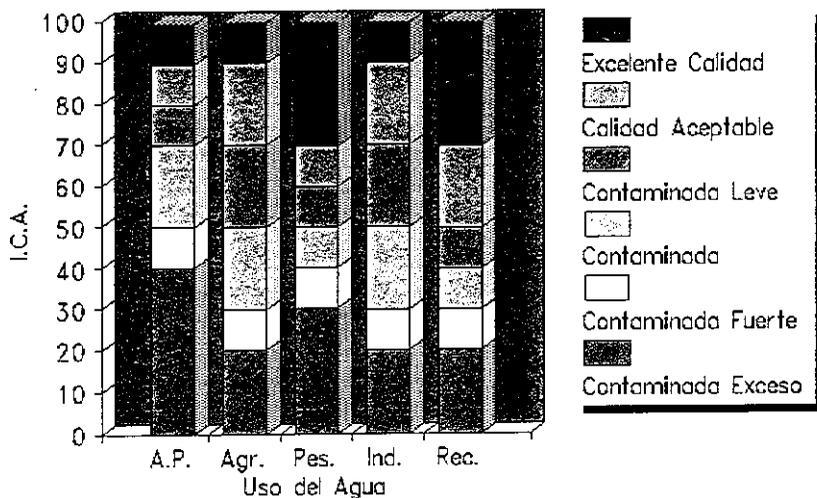


Figura 5. Rangos de cuantificación del ICA en función al uso del agua. Fuente CNA, 2001.

5.5 Mitigación de riesgos toxicológicos

Propuesta de identificación y mitigación de riesgos toxicológicos en los seis cuerpos de agua, se trabajó con la bibliografía de Conesa V. 1993, Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental; que desarrolla una metodología en medidas preventivas y correctoras de contaminantes en el agua y que son utilizadas internacionalmente.

5.5.1 Análisis estadístico de resultados

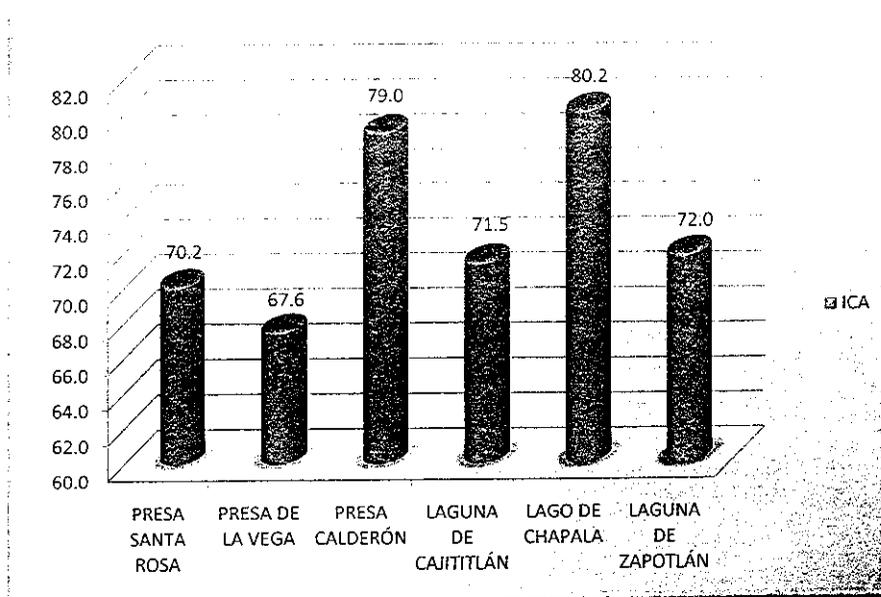
Se analizaron los resultados con el programa SPS obtenidos de la estadística básica para las variables lineales. Se correlaciona el ICA con el variable tiempo a fin de conocer el comportamiento tendencial y establecer futuros escenarios en los cuerpos de agua estudiados.

El método estadístico que se utiliza es el de Correlación Lineal que es el método por el cual se relacionan dos variables, se puede graficar con un diagrama de dispersión de puntos, a la cual muchos autores le llaman nubes de puntos, encuadrado dentro de un gráfico de coordenadas X Y en la cual se puede trazar una recta y cuyos puntos más cercanos de una recta hablarán de una correlación más fuerte, a esta recta se le denomina recta de regresión, que puede ser positiva o negativa. (Torino, 2005).

6. RESULTADOS

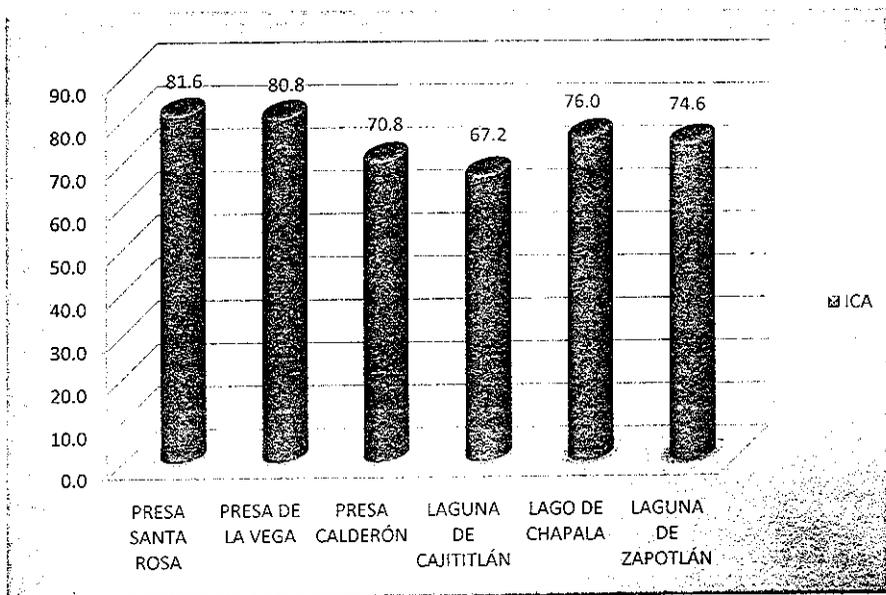
A continuación se presentan los resultados obtenidos en la identificación de riesgos a la salud y al medio ambiente de la calidad del agua presente en seis cuerpos de agua en el estado de Jalisco. Mediante los estudios ya realizados de Octubre del 2006 a Junio del 2007.

La primera metodología utilizada para Índice de Calidad del Agua es la propuesta por Martínez de Bascarán (1979). Los resultados del primer muestreo, donde se observa, Lago de Chapala con un promedio de 80.2 correspondiendo a la clasificación de: **Calidad Aceptable** de acuerdo a los lineamientos descritos en León (1991); en tanto que Presa Santa Rosa, Presa Calderón, Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán con un promedio de 70.2, 79.0, 71.5 y 72.0 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Contaminada Leve**; Presa La Vega con un promedio de 67.6 tiene la clasificación de: **Contaminada**.



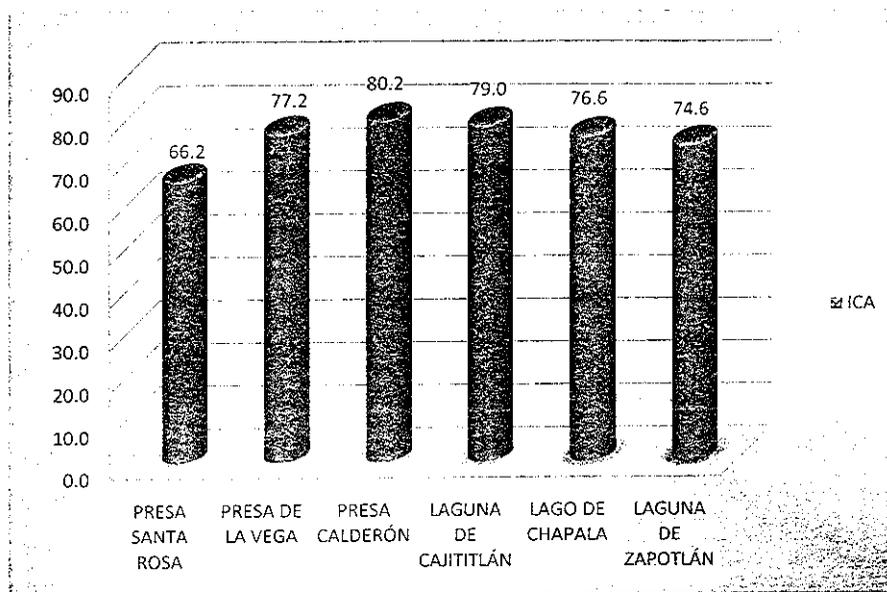
Gráfica 2. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados del estado de Jalisco.

En los resultados del segundo muestreo, se observa, Presa Santa Rosa y Presa La Vega un promedio de 81.6 y 80.8, respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Calidad Aceptable** de acuerdo a los lineamientos descritos en León (1991); en tanto que Lago de Chapala, Laguna de Zapotlán y Presa Calderón un promedio de 76.0, 74.6 y 70.8 respectivamente, tiene la clasificación de **Contaminada Leve**; Laguna de Cajititlán con un promedio de 67.2 obtiene la clasificación de **Contaminada**.



Gráfica 3. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.

En los resultados del tercer muestreo donde observamos que, Presa Calderón con un promedio de 80.2 corresponde a la clasificación de: **Calidad Aceptable** de acuerdo a los lineamientos descritos en León (1991); en tanto que Presa La Vega, Laguna de Cajitilán, Lago de Chapala, Laguna de Zapotlán con un promedio de 77.2, 79.0, 76.6 y 74.6 respectivamente corresponde a la clasificación de: **Contaminada Leve**; Presa Santa Rosa con un promedio de 66.2 tiene la clasificación de: **Contaminada**.



Gráfica 4. Resultados del índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.

Presa Manuel M. Diéguez (Santa Rosa)

Primer muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					70.20
Oxígeno disuelto	2.39	25	4	100	
Conductividad	413	100	4	400	
N de nitratos	0.2	100	2	200	
N de nitritos	0.006	90	2	180	
Sulfatos	55	75	2	150	
Color	73	30	4	120	
Dureza total	30	95	1	95	
pH	6.34	60	1	60	
Cloruros	43	85	1	85	
Sólidos disueltos	216	95	1	95	
Turbiedad	2.2	90	3	270	
			25	1755	

Tabla 9. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					81.60
Oxígeno disuelto	6.55	80	4	320	
Conductividad	704	100	4	400	
N de nitratos	1.1	90	2	180	
N de nitritos	0.006	90	2	180	
Sulfatos	25	90	2	180	
Color	45	45	4	180	
Dureza total	72	85	1	85	
pH	7.05	100	1	100	
Cloruros	52	80	1	80	
Sólidos disueltos	365	80	1	80	
Turbiedad	2.75	85	3	255	
			25	2040	

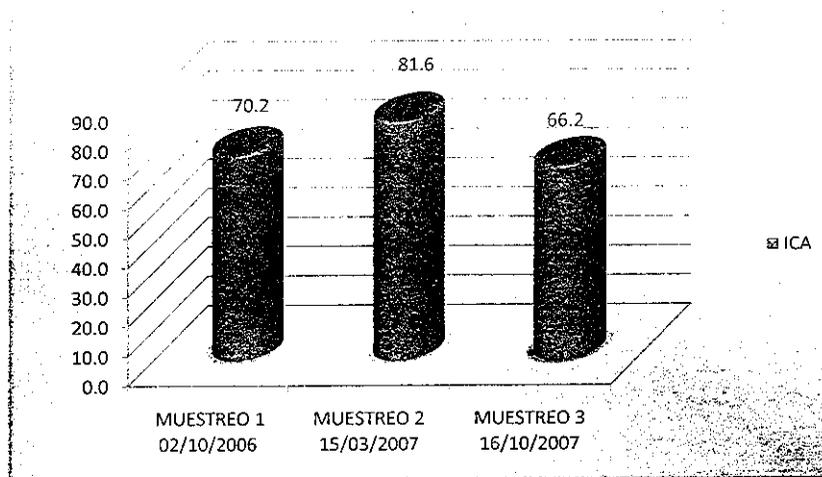
Tabla 10. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					66.20
Oxígeno disuelto	0.39	0	4	0	
Conductividad	434	100	4	400	
N de nitratos	2.1	80	2	160	
N de nitritos	0.009	90	2	180	
Sulfatos	32	90	2	180	
Color	48	45	4	180	
Dureza total	44	95	1	95	
pH	5.76	40	1	40	
Cloruros	46	90	1	90	
Sólidos disueltos	218	90	1	90	
Turbiedad	12.7	80	3	240	
			25	1655	

Tabla 11. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 5. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).



Gráfica 5. Promedio del índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Presa Santa Rosa.

Presa La Vega

Primer muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					67.60
Oxígeno disuelto	3.26	35	4	140	
Conductividad	399	100	4	400	
N de nitratos	0.2	100	2	200	
N de nitritos	0.01	95	2	190	
Sulfatos	38	85	2	170	
Color	116	15	4	60	
Dureza total	40	95	1	95	
pH	6.19	60	1	60	
Cloruros	46	85	1	85	
Sólidos disueltos	199	95	1	95	
Turbiedad	6.8	65	3	195	
			25	1690	

Tabla 12. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					80.80
Oxígeno disuelto	6.99	85	4	340	
Conductividad	451	100	4	400	
N de nitratos	0.9	95	2	190	
N de nitritos	0	100	2	200	
Sulfatos	23	95	2	190	
Color	73	35	4	140	
Dureza total	38	95	1	95	
pH	7.17	95	1	95	
Cloruros	28	85	1	85	
Sólidos disueltos	243	90	1	90	
Turbiedad	6.85	65	3	195	
			25	2020	

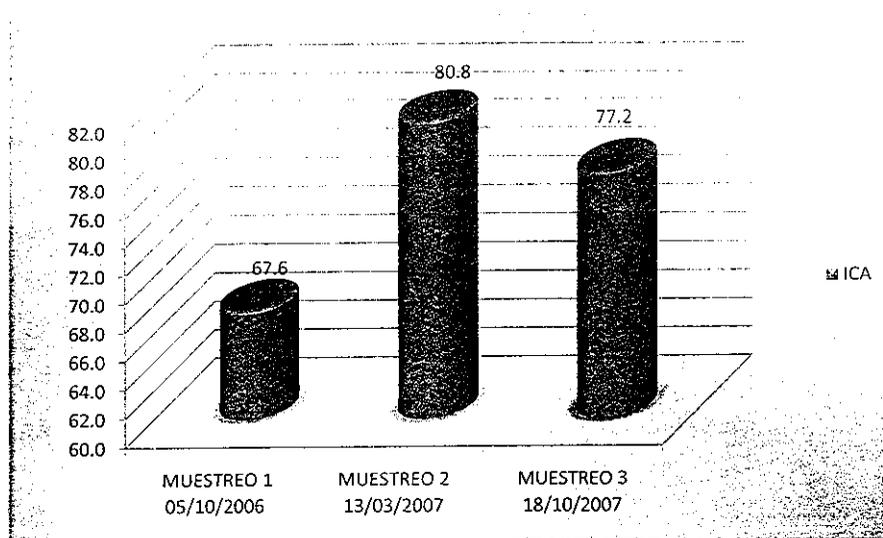
Tabla 13. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					77.20
Oxígeno disuelto	6.4	75	4	300	
Conductividad	379	100	4	400	
N de nitratos	5.4	70	2	140	
N de nitritos	0.024	90	2	180	
Sulfatos	2.6	100	2	200	
Color	94	25	4	100	
Dureza total	50	90	1	90	
pH	6.72	60	1	60	
Cloruros	24	100	1	100	
Sólidos disueltos	191.6	90	1	90	
Turbiedad	5.7	90	3	270	
			25	1930	

Tabla 14. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 6. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán.



Gráfica 6. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán(1979), Presa La Vega.

Elías González Chávez (Presa Calderón).

Primer muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					79.00
Oxígeno disuelto	9.25	100	4	500	
Conductividad	220	100	4	200	
N de nitratos	3	75	2	150	
N de nitritos	0.015	75	2	150	
Sulfatos	1	100	2	200	
Color	6	85	4	340	
Dureza total	42	95	1	95	
pH	7.79	90	1	90	
Cloruros	30	85	1	85	
Sólidos disueltos	111.6	90	1	90	
Turbiedad	42	25	3	75	
			25	1975	

Tabla 15. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					70.80
Oxígeno disuelto	6.23	15	4	60	
Conductividad	244.7	100	4	400	
N de nitratos	0.9	95	2	190	
N de nitritos	0.003	95	2	190	
Sulfatos	10	95	2	190	
Color	18	55	4	220	
Dureza total	50	90	1	90	
pH	8.8	75	1	75	
Cloruros	16	95	1	95	
Sólidos disueltos	114.4	95	1	95	
Turbiedad	10.5	55	3	165	
			25	1770	

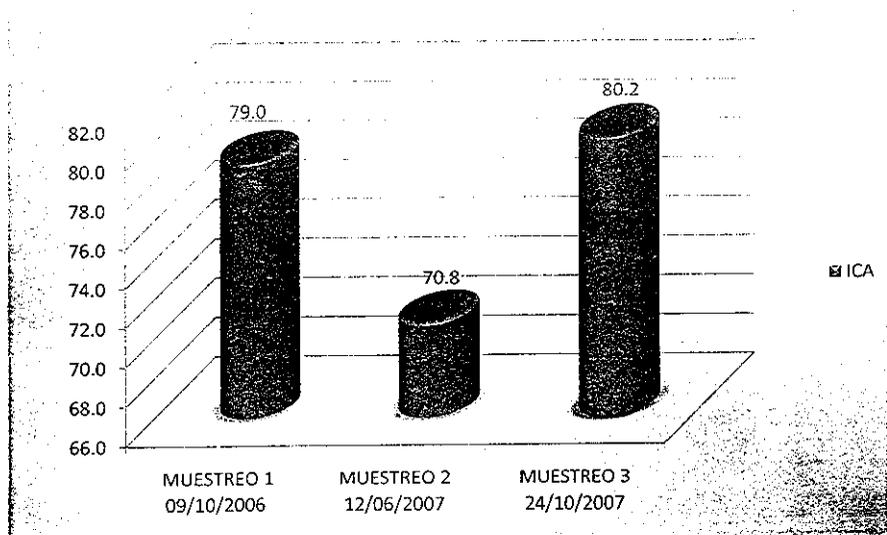
Tabla 16. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					80.20
Oxígeno disuelto	4.35	55	4	220	
Conductividad	215.3	100	4	400	
N de nitratos	1.8	90	2	180	
N de nitritos	0.024	90	2	180	
Sulfatos	8	100	2	200	
Color	29	45	4	180	
Dureza total	32	95	1	95	
pH	6	60	1	60	
Cloruros	28	90	1	90	
Sólidos disueltos	23.7	100	1	100	
Turbiedad	1.3	100	3	300	
			25	2005	

Tabla 17. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 7. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).



Gráfica 7. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Presa La Vega.

Laguna de Cajititlán

Primer muestreo

	LAGUNA DE CAJITITLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					71.52
Oxígeno disuelto	3.92	50	4	200	
Conductividad	773	95	4	380	
N de nitratos	1.2	85	2	170	
N de nitritos	0.016	75	2	150	
Sulfatos	0	100	2	200	
Color	50	40	4	160	
Dureza total	60	85	1	85	
pH	8.23	85	1	85	
Cloruros	74	75	1	75	
Sólidos disueltos	404	85	1	85	
Turbiedad	13	55	1	55	
			23	1645	

Tabla 18. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Laguna de Cajititlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGUNA DE CAJITITLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					67.20
Oxígeno disuelto	11.6	100	4	400	
Conductividad	1138	85	4	340	
N de nitratos	5	65	2	130	
N de nitritos	0.001	100	2	200	
Sulfatos	12	95	2	190	
Color	145	15	4	60	
Dureza total	40	95	1	95	
pH	9.75	50	1	50	
Cloruros	117	65	1	65	
Sólidos disueltos	539	75	1	75	
Turbiedad	39.2	25	3	75	
			25	1680	

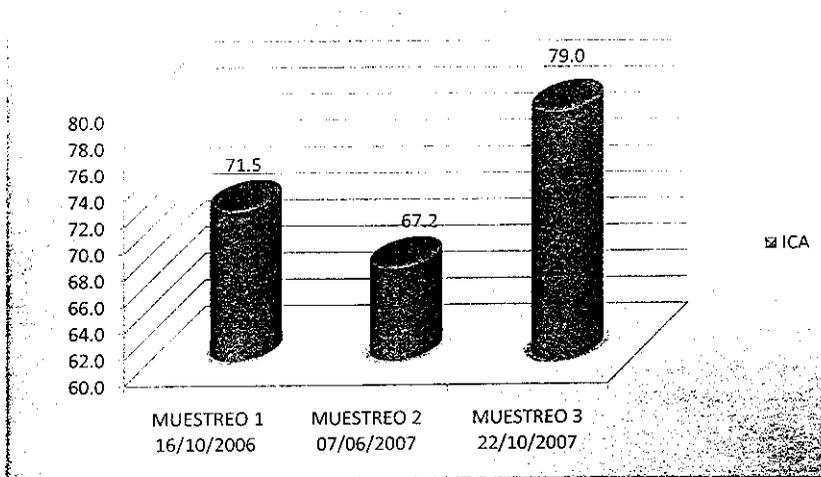
Tabla 19. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Laguna de Cajititlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGUNA DE CAJITILÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					79.00
Oxígeno disuelto	7.94	100	4	400	
Conductividad	568	100	4	400	
N de nitratos	5	70	2	140	
N de nitritos	0.31	80	2	160	
Sulfatos	4	100	2	200	
Color	50	40	4	160	
dureza total	56	85	1	85	
pH	8.27	80	1	80	
Cloruros	68	80	1	80	
Sólidos disueltos	287	90	1	90	
Turbiedad	21.6	60	3	180	
			25	1975	

Tabla 20. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Laguna de Cajititlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 8. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).



Gráfica 8. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Laguna de Cajititlán.

Lago de Chapala

Primer muestreo

	LAGO DE CHAPALA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					80.22
Oxígeno disuelto	5.61	65	4	260	
Conductividad	789	95	4	380	
N de nitratos	1.2	85	2	170	
N de nitritos	0.003	95	2	190	
Sulfatos	88	65	2	130	
Color	6	85	4	340	
Dureza total	112	75	1	75	
pH	7.6	100	1	100	
Cloruros	54	80	1	80	
Sólidos disueltos	402	85	1	85	
Turbiedad	23.5	35	1	35	
			23	1845	

Tabla 21. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGO DE CHAPALA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					76.00
Oxígeno disuelto	8.09	100	4	400	
Conductividad	949	90	4	360	
N de nitratos	0	100	2	200	
N de nitritos	0.002	100	2	200	
Sulfatos	51	80	2	160	
Color	25	45	4	180	
Dureza total	112	75	1	75	
pH	8.97	75	1	75	
Cloruros	60	75	1	75	
Sólidos disueltos	433	85	1	85	
Turbiedad	29.5	30	3	90	
			25	1900	

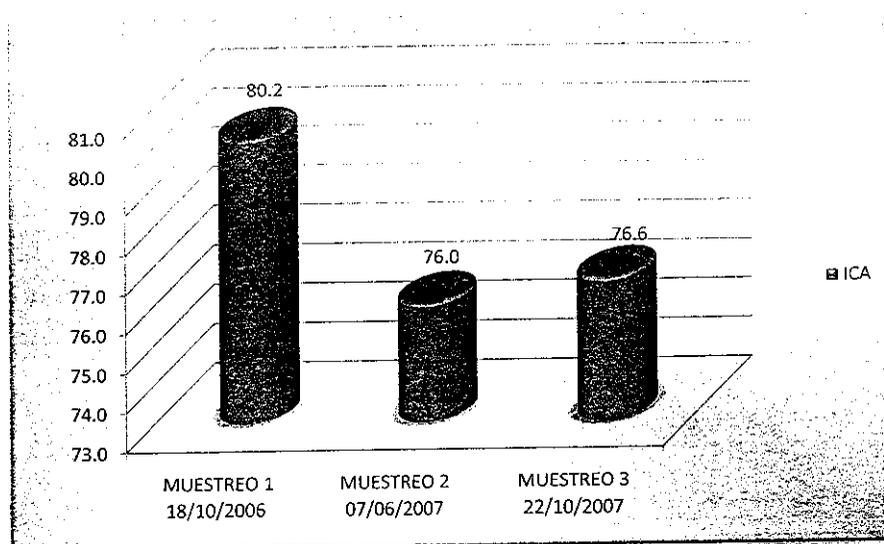
Tabla 22. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGO DE CHAPALA	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					76.60
Oxígeno disuelto	6.72	85	4	340	
Conductividad	766	90	4	360	
N de nitratos	2.1	80	2	160	
N de nitritos	0.018	100	2	200	
Sulfatos	73	80	2	160	
Color	28	45	4	180	
Dureza total	122	75	1	75	
pH	7.78	90	1	90	
cloruros	56	80	1	80	
Sólidos disueltos	385	90	1	90	
Turbiedad	23.7	60	3	180	
			25	1915	

Tabla 23. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 9. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).



Gráfica 9. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), Lago de Chapala.

Laguna de Zapotlán

Primer muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					71.96 ^a
Oxígeno disuelto	7.8	100	4	400	
Conductividad	663	100	4	400	
N de nitratos	4.3	65	2	130	
N de nitritos	0.37	15	2	30	
Sulfatos	25	90	2	180	
Color	57	35	4	140	
Dureza total	70	85	1	85	
pH	7.81	90	1	90	
Cloruros	64	75	1	75	
Sólidos disueltos	334	85	1	85	
Turbiedad	20.3	40	1	40	
			23	1655	

Tabla 24. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), primer muestreo Laguna de Zapotlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					74.6
Oxígeno disuelto	7.05	90	4	360	
Conductividad	917	90	4	360	
N de nitratos	0	100	2	200	
N de nitritos	0	100	2	200	
Sulfatos	16	95	2	190	
Color	59	35	4	140	
Dureza total	82	85	1	85	
pH	7.26	95	1	95	
Cloruros	62	75	1	75	
Sólidos disueltos	430	85	1	85	
Turbiedad	34.2	25	3	75	
			25	1865	

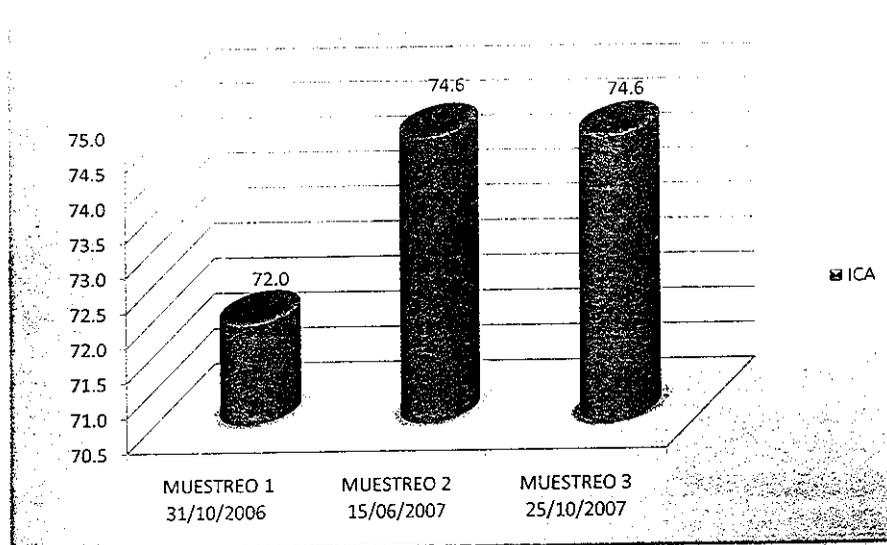
Tabla 25. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), segundo muestreo Laguna de Zapotlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					74.60
Oxígeno disuelto	6.3	75	4	300	
Conductividad	760	90	4	360	
N de nitratos	4.1	70	2	140	
N de nitritos	0.019	100	2	200	
Sulfatos	16	100	2	200	
Color	64	35	4	140	
Dureza total	76	85	1	85	
pH	7.97	90	1	90	
Cloruros	90	80	1	80	
Sólidos disueltos	380	90	1	90	
Turbiedad	23.5	60	3	180	
			25	1865	

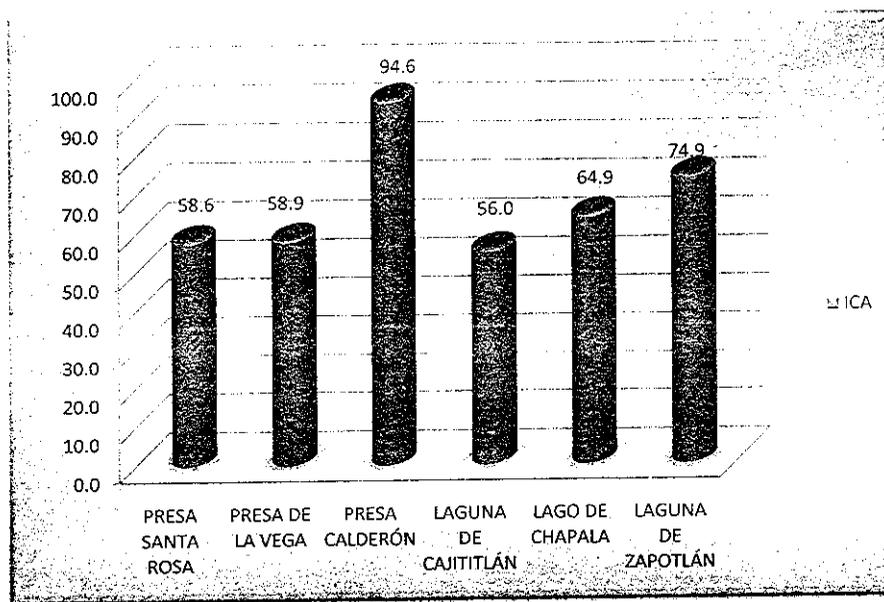
Tabla 26. Índice de Calidad del Agua metodología Martínez de Bascarán (1979), tercer muestreo Laguna de Zapotlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 10. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979).



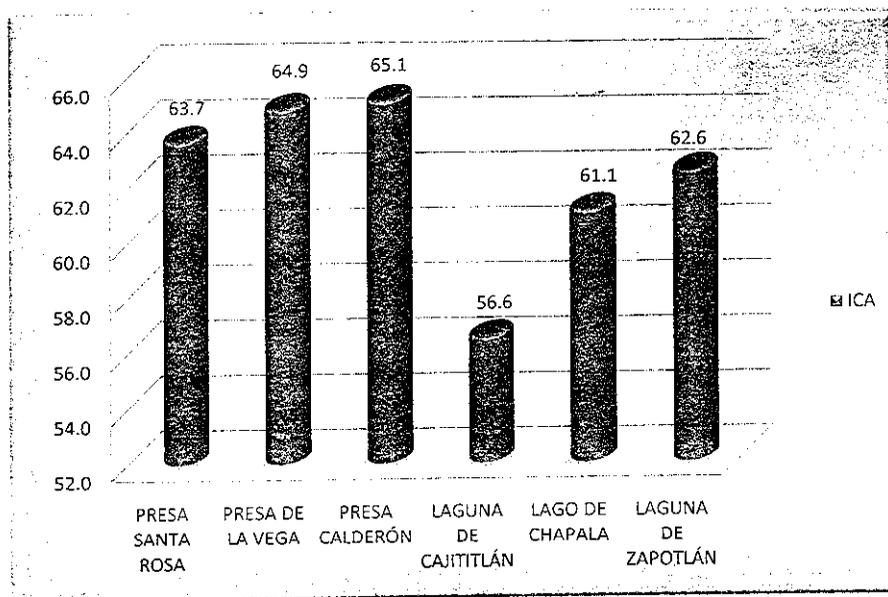
Gráfica 10. Promedio de Índice de Calidad del Agua, Laguna de Zapotlán.

La segunda metodología utilizada para Índice de Calidad del Agua es la propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001). En los resultados del primer muestreo, se observa que, Presa Calderón con un promedio de 94.6 correspondiendo a la clasificación de: **Excelente Calidad** de acuerdo a los lineamientos descritos en CNA (2001); en tanto que Laguna de Zapotlán con un promedio de 74.9, tiene la clasificación de: **Calidad Aceptable**; y en el Lago de Chapala, Presa La Vega, Presa Santa Rosa y Laguna de Cajititlán con un promedio de 64.9, 58.9, 58.6 y 56.0 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Contaminada Leve**.



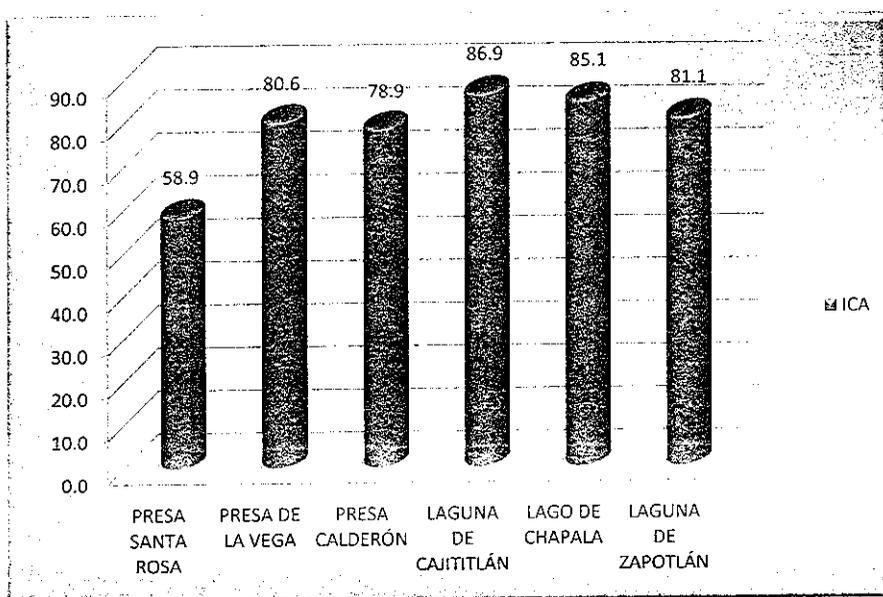
Gráfica 11. Resultados de Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.

En los resultados del segundo muestreo, donde se observa, Presa Calderón, Presa La Vega, Presa Santa Rosa, Laguna de Zapotlán, Lago de Chapala y Laguna de Cajititlán con un promedio de 65.1, 64.9, 63.7, 62.6, 61.1 y 56.6 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Contaminada Leve** de acuerdo a los lineamientos descritos en CNA (2001).



Gráfica 12. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional de Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua del estado de Jalisco.

En los resultados del tercer muestreo, observamos que, Laguna de Cajitilán, Lago de Chapala, Laguna de Zapotlán, Presa La Vega con un promedio de 86.9, 85.1, 81.1 y 80.6 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: **Calidad Aceptable** de acuerdo a los lineamientos descritos en CNA (2001); en tanto que Presa Calderón y Presa Santa Rosa con un promedio de 78.9 y 58.9 respectivamente, tienen la clasificación de: **Contaminada Leve**.



Gráfica 13. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA), metodología propuesta por Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001). En los seis cuerpos de agua del estado de Jalisco.

Manuel M. Diéguez (Presa Santa Rosa)

Primer muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					58.57
Oxígeno disuelto	2.39	1	5	5	
Conductividad	413	75	2	150	
N de nitratos	0.2	100	2	200	
N de nitritos	0.006	90	2	180	
Sulfatos	55	80	2	160	
Color	73	35	1	35	
Dureza total	30	95	1	95	
pH	6.34	60	1	60	
Cloruros	43	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	216	90	0.5	45	
Turbiedad	2.2	100	0.5	50	
			17.5	1025	

Tabla 27. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					63.71
Oxígeno disuelto	6.55	0	5	0	
Conductividad	704	100	2	200	
N de nitratos	1.1	90	2	180	
N de nitritos	0.006	90	2	180	
Sulfatos	25	100	2	200	
Color	45	45	1	45	
dureza total	72	85	1	85	
pH	7.05	90	1	90	
Cloruros	52	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	365	90	0.5	45	
Turbiedad	2.75	100	0.5	50	
			17.5	1115	

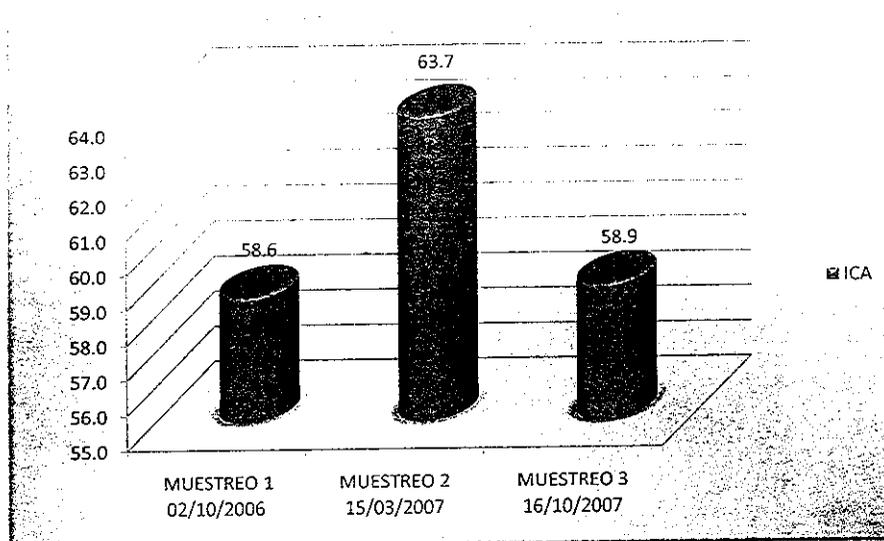
Tabla 28. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA SANTA ROSA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					58.86
Oxígeno disuelto	0.39	0	5	0	
Conductividad	434	100	2	200	
N de nitratos	2.1	80	2	160	
N de nitritos	0.009	90	2	180	
Sulfatos	32	90	2	180	
Color	48	45	1	45	
Dureza total	44	95	1	95	
pH	5.76	40	1	40	
Cloruros	46	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	218	90	0.5	45	
Turbiedad	12.7	80	0.5	40	
			17.5	1030	

Tabla 29. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa Santa Rosa. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 14. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 14. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Presa Santa Rosa.

Presa La Vega

Primer muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					58.86
Oxígeno disuelto	3.26	1	5	5	
Conductividad	399	75	2	150	
N de nitratos	0.2	100	2	200	
N de nitritos	0.01	90	2	180	
Sulfatos	38	90	2	180	
Color	116	25	1	25	
Dureza total	40	95	1	95	
pH	6.19	60	1	60	
Cloruros	46	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	199	90	0.5	45	
Turbiedad	6.8	90	0.5	45	
			17.5	1030	

Tabla 30. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					64.86
Oxígeno disuelto	6.99	0	5	0	
Conductividad	451	100	2	200	
N de nitratos	0.9	90	2	180	
N de nitritos	0	100	2	200	
Sulfatos	23	100	2	200	
Color	73	35	1	35	
Dureza total	38	95	1	95	
pH	7.17	90	1	90	
Cloruros	28	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	243	90	0.5	45	
Turbiedad	6.85	90	0.5	45	
			17.5	1135	

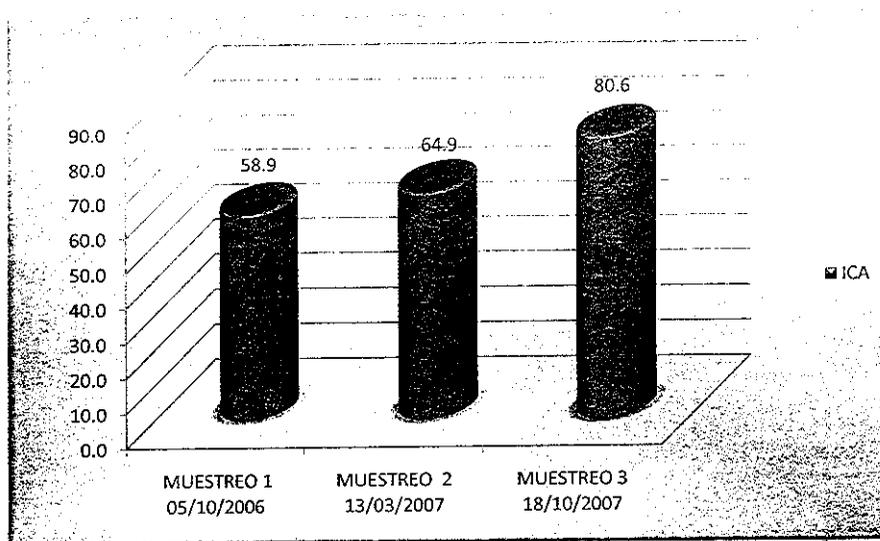
Tabla 31. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA LA VEGA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					80.57
oxígeno disuelto	6.4	75	5	375	
Conductividad	379	100	2	200	
N de nitratos	5.4	70	2	140	
N de nitritos	0.024	90	2	180	
Sulfatos	2.6	100	2	200	
color	94	25	1	25	
dureza total	50	90	1	90	
pH	6.72	60	1	60	
cloruros	24	100	0.5	50	
Sólidos disueltos	191.6	90	0.5	45	
turbiedad	5.7	90	0.5	45	
			17.5	1410	

Tabla 32. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa La Vega. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 15. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 15. Promedio de Índice de Calidad del Agua metodología propuesta por CNA, 2001; Presa La Vega.

Presa Calderón.

Primer muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					94.57
Oxígeno disuelto	9.25	100	5	500	
Conductividad	220	100	2	200	
N de nitratos	3	100	2	200	
N de nitritos	0.015	90	2	180	
Sulfatos	1	100	2	200	
Color	6	85	1	85	
Dureza total	42	95	1	95	
pH	7.79	90	1	90	
Cloruros	30	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	111.6	90	0.5	45	
Turbiedad	42	30	0.5	15	
			17.5	1655	

Tabla 33. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					65.14
Oxígeno disuelto	6.23	0	5	0	
Conductividad	244.7	100	2	200	
N de nitratos	0.9	90	2	180	
N de nitritos	0.003	100	2	200	
Sulfatos	10	100	2	200	
Color	18	55	1	55	
Dureza total	50	90	1	90	
pH	8.8	80	1	80	
Cloruros	16	100	0.5	50	
Sólidos disueltos	114.4	90	0.5	45	
Turbiedad	10.5	80	0.5	40	
			17.5	1140	

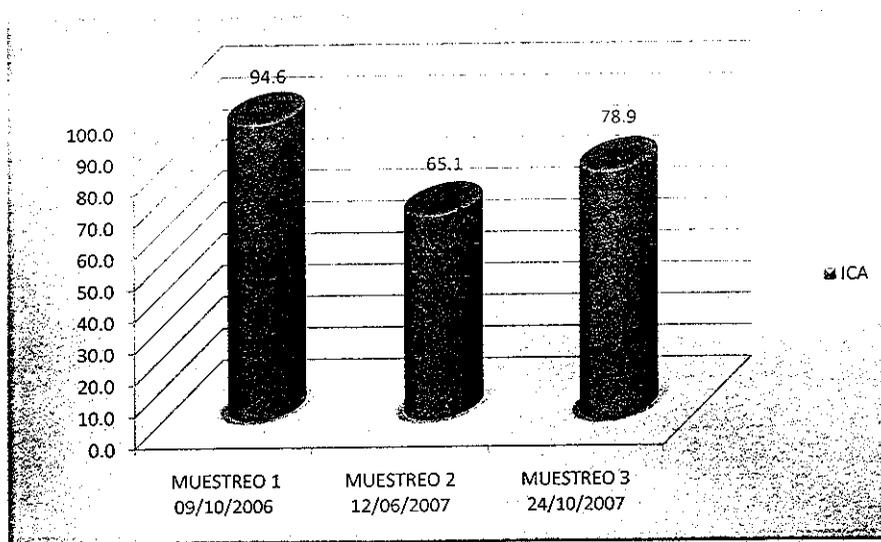
Tabla 34. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	PRESA CALDERÓN	I	Wi	IWI	$\sum IWI/Wi$
					78.86
Oxígeno disuelto	4.35	55	5	275	
Conductividad	215.3	100	2	200	
N de nitratos	1.8	90	2	180	
N de nitritos	0.024	90	2	180	
Sulfatos	8	100	2	200	
Color	29	45	1	45	
Dureza total	32	95	1	95	
pH	6	60	1	60	
Cloruros	28	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	23.7	100	0.5	50	
Turbiedad	1.3	100	0.5	50	
			17.5	1380	

Tabla 35. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Presa Calderón. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 16. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 16. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Presa Calderón.

Laguna de Cajititlán

Primer muestreo

	LAGUNA DE CAJITITLÁN	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					56.00
Oxígeno disuelto	3.92	1	5	5	
Conductividad	773	50	2	100	
N de nitratos	1.2	100	2	200	
N de nitritos	0.016	90	2	180	
Sulfatos	0	100	2	200	
Color	50	40	1	40	
Dureza total	60	85	1	85	
pH	8.23	80	1	80	
Cloruros	74	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	404	90	0.5	45	
Turbiedad	13	10	0.5	5	
			17.5	980	

Tabla 36. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Laguna de Cajititlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGUNA DE CAJITITLÁN	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					56.57
Oxígeno disuelto	11.6	0	5	0	
Conductividad	1138	80	2	160	
N de nitratos	5	70	2	140	
N de nitritos	0.001	100	2	200	
Sulfatos	12	100	2	200	
Color	145	15	1	15	
Dureza total	40	95	1	95	
pH	9.75	70	1	70	
Cloruros	117	100	0.5	50	
Sólidos disueltos	539	80	0.5	40	
Turbiedad	39.2	40	0.5	20	
			17.5	990	

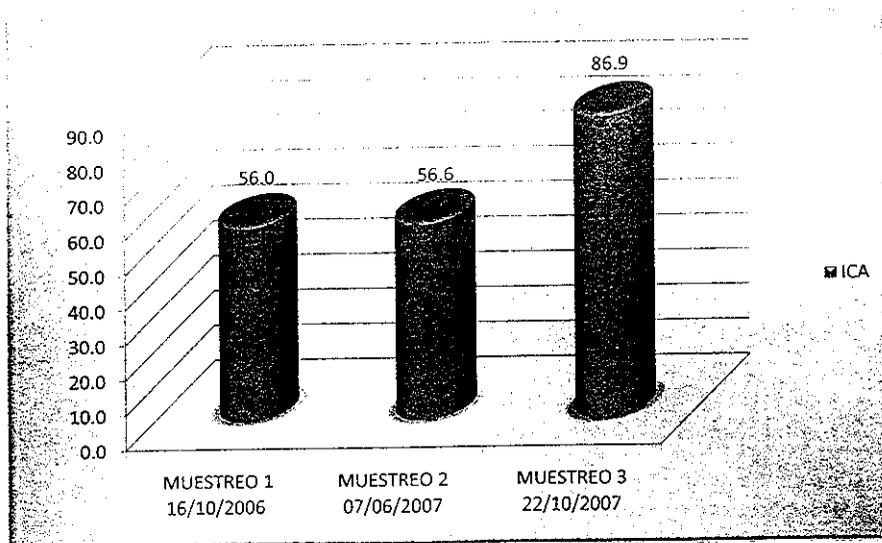
Tabla 37. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Laguna de Cajititlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGUNA DE CAJITILÁN	I	Wi	IWi	$\Sigma IWi/Wi$
					86.86
oxígeno disuelto	7.94	100	5	500	
Conductividad	568	100	2	200	
N de nitratos	5	70	2	140	
N de nitritos	0.31	80	2	160	
Sulfatos	4	100	2	200	
color	50	40	1	40	
dureza total	56	85	1	85	
pH	8.27	80	1	80	
cloruros	68	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	287	90	0.5	45	
turbiedad	21.6	60	0.5	30	
			17.5	1520	

Tabla 38. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Laguna de Cajitilán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 17. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 17. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna Cajitilán.

Lago de Chapala

Primer muestreo

	LAGO DE CHAPALA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					64.86
Oxígeno disuelto	5.61	25	5	125	
Conductividad	789	50	2	100	
N de nitratos	1.2	100	2	200	
N de nitritos	0.003	100	2	200	
Sulfatos	88	70	2	140	
Color	6	85	1	85	
Dureza total	112	75	1	75	
pH	7.6	90	1	90	
Cloruros	54	90	0.5	45	
Sólidos disueltos	402	90	0.5	45	
Turbiedad	23.5	60	0.5	30	
			17.5	1135	

Tabla 39. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGO DE CHAPALA	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					61.14
Oxígeno disuelto	8.09	0	5	0	
Conductividad	949	90	2	180	
N de nitratos	0	100	2	200	
N de nitritos	0.002	100	2	200	
Sulfatos	51	90	2	180	
Color	25	45	1	45	
dureza total	112	75	1	75	
pH	8.97	80	1	80	
Cloruros	60	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	433	90	0.5	45	
Turbiedad	29.5	50	0.5	25	
			17.5	1070	

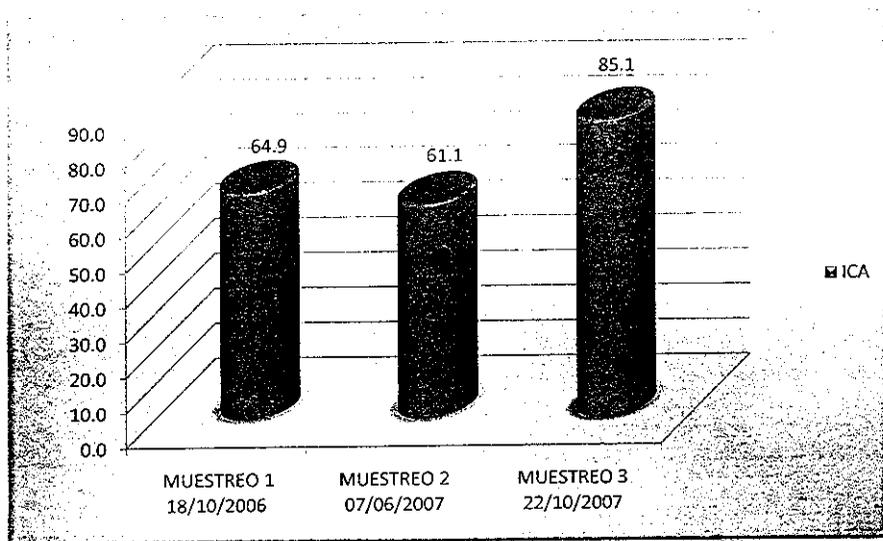
Tabla 40. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; segundo muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGO DE CHAPALA	i	Wi	IWi	$\sum IWi/Wi$
					85.14
Oxígeno disuelto	6.72	85	5	425	
Conductividad	766	90	2	180	
N de nitratos	2.1	80	2	160	
N de nitritos	0.018	100	2	200	
Sulfatos	73	80	2	200	
Color	28	45	1	45	
Dureza total	122	75	1	75	
pH	7.78	90	1	90	
Cloruros	56	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	385	90	0.5	45	
Turbiedad	23.7	60	0.5	30	
			17.5	1490	

Tabla 41. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Lago de Chapala. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 18. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 18. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna de Chapala.

Laguna de Zapotlán

Primer muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					74.86
Oxígeno disuelto	7.8	75	5	375	
Conductividad	663	50	2	100	
N de nitratos	4.3	100	2	200	
N de nitritos	0.37	50	2	100	
Sulfatos	25	100	2	200	
Color	57	40	1	40	
Dureza total	70	85	1	85	
pH	7.81	90	1	90	
Cloruros	64	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	334	90	0.5	45	
Turbiedad	20.3	70	0.5	35	
			17.5	1310	

Tabla 42. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; primer muestreo Laguna de Zapotlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Segundo muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN	I	Wi	IWI	$\Sigma IWI/Wi$
					62.5714286
Oxígeno disuelto	7.05	0	5	0	
Conductividad	917	90	2	180	
N de nitratos	0	100	2	200	
N de nitritos	0	100	2	200	
Sulfatos	16	100	2	200	
Color	59	35	1	35	
Dureza total	82	85	1	85	
pH	7.26	90	1	90	
Cloruros	62	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	430	90	0.5	45	
Turbiedad	34.2	40	0.5	20	
			17.5	1095	

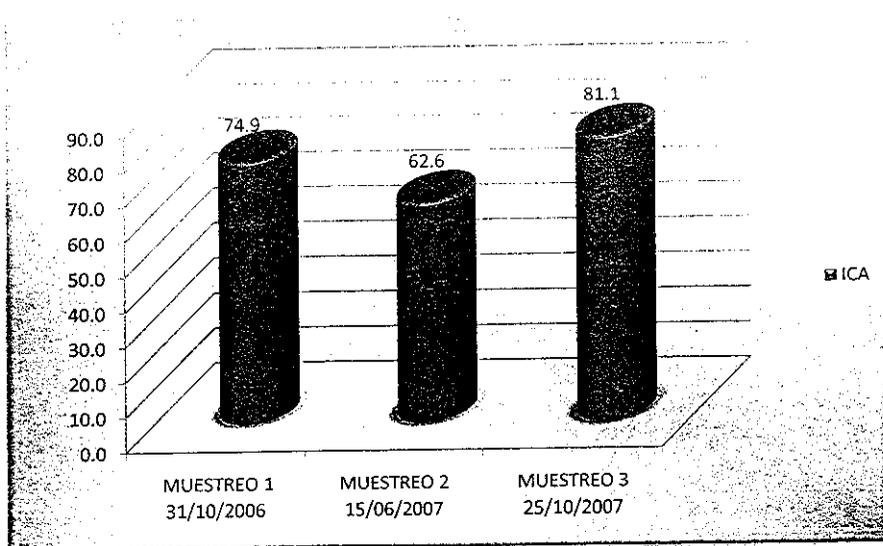
Tabla 43. Índice de Calidad metodología CNA, 2001; segundo muestreo Laguna de Zapotlán. (I= Normalización de valor, Wi= Peso).

Tercer muestreo

	LAGUNA DE ZAPOTLÁN		Wi	IWI	ΣIWI/Wi
					81.14
Oxígeno disuelto	6.3	75	5	375	
Conductividad	760	90	2	180	
N de nitratos	4.1	70	2	140	
N de nitritos	0.019	100	2	200	
Sulfatos	16	100	2	200	
Color	64	35	1	35	
Dureza total	76	85	1	85	
pH	7.97	90	1	90	
Cloruros	90	80	0.5	40	
Sólidos disueltos	380	90	0.5	45	
Turbiedad	23.5	60	0.5	30	
			17.5	1420	

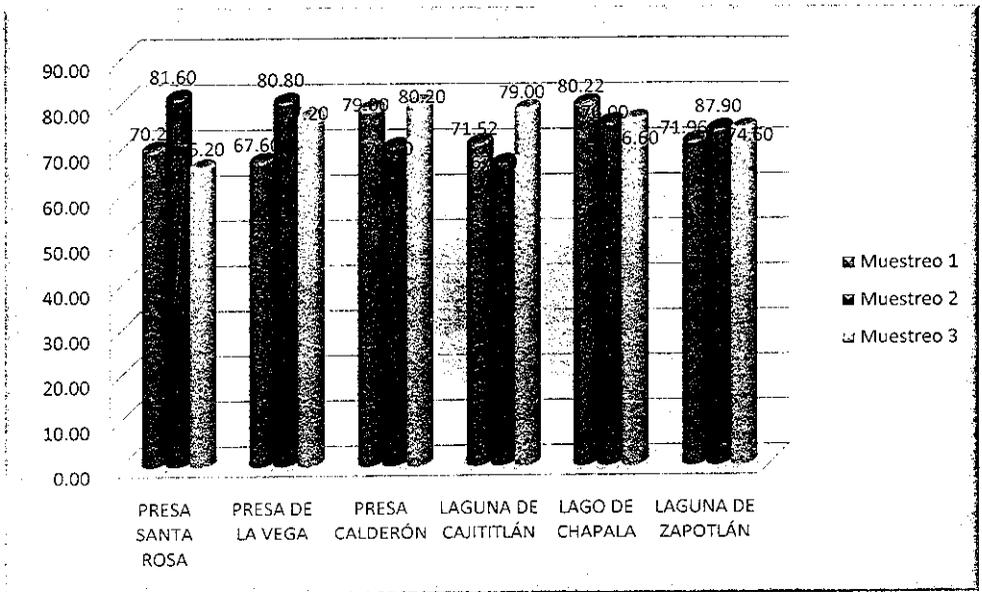
Tabla 44. Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; tercer muestreo Laguna de Zapotlán. (= Normalización de valor, Wi= Peso).

En la gráfica 19. Se muestran los resultados promedio de ICA por la metodología propuesta por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).

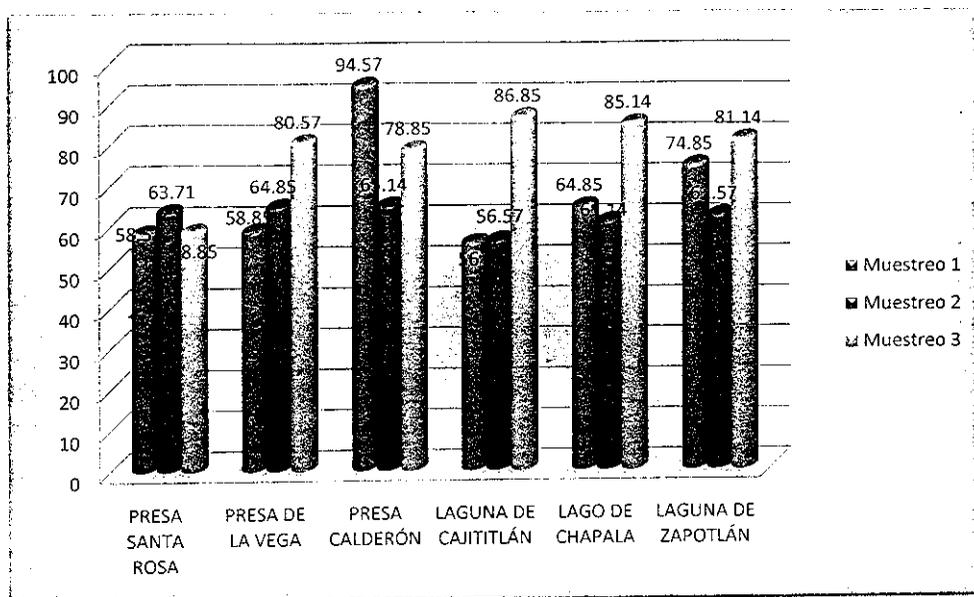


Gráfica 19. Promedio del Índice de Calidad del Agua metodología CNA, 2001; Laguna de Zapotlán.

El ICA realizado con la Metodología propuesta por Martínez de Bascarán (1979), de los seis cuerpos de agua estudiados, se muestran los resultados obtenidos, en la gráfica 20. Haciendo una comparación con la gráfica 21. Que es el ICA realizado por la metodología propuesta por Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).



Gráfica 20. índice de Calidad del Agua metodología de Martínez de Bascarán, (1979); de los seis cuerpos estudiados en el estado de Jalisco.



Gráfica 21. Índice de Calidad del Agua por CNA, 2001; de los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco.

En la figura 6. Podemos observar el resultado de ICA propuesto por las dos metodologías utilizadas en el estudio y análisis de los seis cuerpos de agua y su clasificación correspondiente de acuerdo con la escala de los ICA, como función del uso del agua (ver figura 5).

Cuerpos de Agua estudiados	ICA propuesto por Martínez de Bascarán, (1979)			ICA propuesto por CNA, (2001)		
	Muestras	ICA	Clasificación	Muestras	ICA	Clasificación
Presa Manuel M. Diéguez (presa Santa Rosa)	M1	70.2	contaminada leve	M1	58.6	contaminada leve
	M2	81.6	calidad aceptable	M2	63.7	contaminada leve
	M3	66.2	contaminada	M3	58.9	contaminada leve
Presa La Vega	M1	67.6	contaminada	M1	58.9	contaminada leve
	M2	80.8	calidad aceptable	M2	64.9	contaminada leve
	M3	77.2	contaminada leve	M3	80.6	calidad aceptable
Presa Elías González Chávez (presa Calderón)	M1	79.0	contaminada leve	M1	94.6	excelente calidad
	M2	70.8	contaminada leve	M2	65.1	contaminada leve
	M3	80.2	calidad aceptable	M3	78.9	contaminada leve
Laguna de Cajititlán	M1	71.5	contaminada leve	M1	56.0	contaminada leve
	M2	67.2	contaminada	M2	56.6	contaminada leve
	M3	79.0	contaminada leve	M3	86.9	calidad aceptable
Lago de Chapala	M1	80.2	calidad aceptable	M1	64.9	contaminada leve
	M2	76.0	contaminada leve	M2	61.1	contaminada leve
	M3	76.6	contaminada leve	M3	85.1	calidad aceptable
Laguna de Zapotlán	M1	72.0	contaminada leve	M1	74.9	calidad aceptable
	M2	74.6	contaminada leve	M2	62.6	contaminada leve
	M3	74.6	contaminada leve	M3	81.1	calidad aceptable

Figura 6. Comparación de ICA propuesto por la metodología de Martínez de Bascarán (1979) y CNA (2001); con su clasificación correspondiente de acuerdo con la escala de los ICA, como función del uso del agua. M1= muestreo 1, M2= muestreo 2, M3= muestreo 3.

6.1 Análisis Toxicológico de resultados de calidad del agua con normativas aplicables en México.

A continuación se observa en la tabla 45. Que los valores determinados de **color**, en el resultado de los tres muestreos (ver anexos) todos se encuentran fuera de los límites permisibles establecido por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994; los valores determinados de **pH** en el primer y segundo muestreo y los valores de **turbiedad** en el tercer muestreo.

Presa Santa Rosa

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma 127
Oxígeno Disuelto	mg/L	2.39	6.55	0.39	---
Conductividad	µS/cm	413	704	434	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	0.2	1.1	2.1	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.006	0.006	0.009	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	55	25	32	400
Color	Esc. Pt.-Co	73	45	48	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	30	72	44	500
pH	Unidades pH	6.34	7.05	5.76	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	43	52	46	250
Sólidos Disueltos					
Totales	mg/L	216	365	218	1000
Turbiedad	UTN	2.2	2.75	12.7	5

Tabla 45. Parámetros fuera de Norma de Presa Santa Rosa.

En la tabla 46. Los valores determinados de **color** y **turbiedad** se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA-1994; los valores determinados de **pH** en el primer muestreo.

Presa La Vega

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma 127
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.26	6.99	6.4	---
Conductividad	μS/cm	399	451	379	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	0.2	0.9	5.4	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.01	0	0.024	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	38	23	2.6	400
Color	Esc. Pt.-Co	116	73	94	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	40	38	50	500
pH	Unidades pH	6.19	7.17	6.72	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	46	28	24	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	199	243	191.6	1000
Turbiedad	UTN	6.8	6.85	5.7	5

Tabla 46. Parámetros fuera de Norma Presa La Vega.

En la tabla 47. Los valores determinados de **color** en el tercer muestreo se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA-1994; los valores determinados de **pH** en el tercer muestreo y los valores de **turbiedad** en el segundo y tercer muestreo.

Presa Calderón

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma 127
Oxígeno Disuelto	mg/L	9.25	6.23	4.35	---
Conductividad	μS/cm	220	244.7	215.3	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	3	0.9	1.8	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.015	0.003	0.024	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	1	10	8	400
Color	Esc. Pt.-Co	6	18	29	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	42	50	32	500
pH	Unidades pH	7.79	8.8	6	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	30	16	28	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	111.6	114.4	23.7	1000
Turbiedad	UTN	42	10.5	1.3	5

Tabla 47. Parámetros fuera de Norma de Presa Calderón.

En la tabla 48. Los valores determinados de **nitritos** en el tercer muestreo se encuentran fuera de los límites permisibles establecido por la NOM-127-SSA-1994; los valores determinados de **pH** en el segundo muestreo; los valores de **color** y **turbiedad** fuera de Norma en los tres muestreos.

Laguna de Cajititlán

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma	27
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.92	11.6	7.94	-	---
Conductividad	µS/cm	773	1138	568	-	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	1.2	5	5	-	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.016	0.001	0.31	-	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	0	12	4	-	400
Color	Esc. Pt.-Co	50	145	50	-	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	60	40	56	-	500
pH	Unidades pH	8.23	9.75	8.27	-	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	74	117	68	-	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	404	539	287	-	1000
Turbiedad	UTN	13	39.2	21.6	-	5

Tabla 48. Parámetros fuera de Norma de Laguna de Cajititlán.

En la tabla 49. Los valores determinados de **turbiedad** en los tres muestreos se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA-1994; los valores determinados de **pH** en el segundo muestreo y los valores determinados de color en el segundo y tercer muestreo.

Lago de Chapala

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma 127
Oxígeno Disuelto	mg/L	5.61	8.09	6.72	---
Conductividad	µS/cm	789	949	766	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	1.2	0	2.1	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.003	0.002	0.018	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	88	51	73	400
Color	Esc. Pt.-Co	6	25	28	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	112	112	122	500
pH	Unidades pH	7.6	8.97	7.78	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	54	60	56	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	402	433	385	1000
Turbiedad	UTN	23.5	29.5	23.7	5

Tabla 49. Parámetros fuera de Norma de Lago de Chapala.

En la tabla 50. Los valores determinados de **turbiedad** y **color** en los tres muestreos se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos por la NOM-127-SSA-1994 y los valores determinados de **nitritos** en el primer muestreo.

Laguna de Zapotlán

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Norma 127
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.8	7.05	6.3	---
Conductividad	µS/cm	663	917	760	---
Nitratos	mg/L N-NO ₃	4.3	0	4.1	10
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.37	0	0.019	0.05
Sulfatos	mg/L SO ₄	25	16	16	400
Color	Esc. Pt.-Co	57	59	64	20
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	70	82	76	500
pH	Unidades pH	7.81	7.26	7.97	6.5/8.5
Cloruros	mg/L Cl ⁻	64	62	90	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	334	430	380	1000
Turbiedad	UTN	20.3	34.2	23.5	5

Tabla 50. Parámetros fuera de Norma de Laguna de Zapotlán.

6.2 Mitigación de riesgos toxicológicos

Los focos de contaminación que presentan los sitios estudiados son:

1.- Elementos que modifican el color (agua caliente, colorantes...). Ocasionado por desecho de aguas residuales industriales (ARI) y aguas residuales domésticas (ARD). Lo que provoca en el medio: reducción del oxígeno disuelto y consiguiente descomposición lenta o incompleta de los contaminantes y daño a la vida acuática.

2.- Nutrientes (compuestos de nitrógeno, fósforo, potasio...). Provocado por aguas residuales industriales (ARI), aguas procedentes de riego con arrastre de fertilizantes, aguas residuales de explotación zootécnica, etc. Ocasionando crecimiento excesivo de la vida vegetal acuática, aumento de la demanda de oxígeno, mal sabor y mal olor.

3.- Contaminantes orgánicos tóxicos (detergentes, plaguicidas, subproductos industriales...). Producto de efluentes domésticos, industriales y de explotaciones agropecuarias. Lo que provoca en el medio amenaza a la pesca y vida silvestre; posibles riesgos a largo plazo para el hombre, por ingestión. (Conesa, 1993).

Los siguientes cuadros muestran la valoración toxicológica de los seis cuerpos de agua estudiados y el daño que repercute en riesgos a la salud y al medio ambiente. En los que se describe el uso actual que se le da a cada uno de los cuerpos de agua correspondientes, el valor de Índice de Calidad del Agua (ICA) promedio tomado por las dos metodologías (véase Figura 3. y Figura 5.), el daño que está repercutiendo en la salud y medio ambiente, en el que se muestra un escenario con el daño a futuro.

Presa Santa Rosa

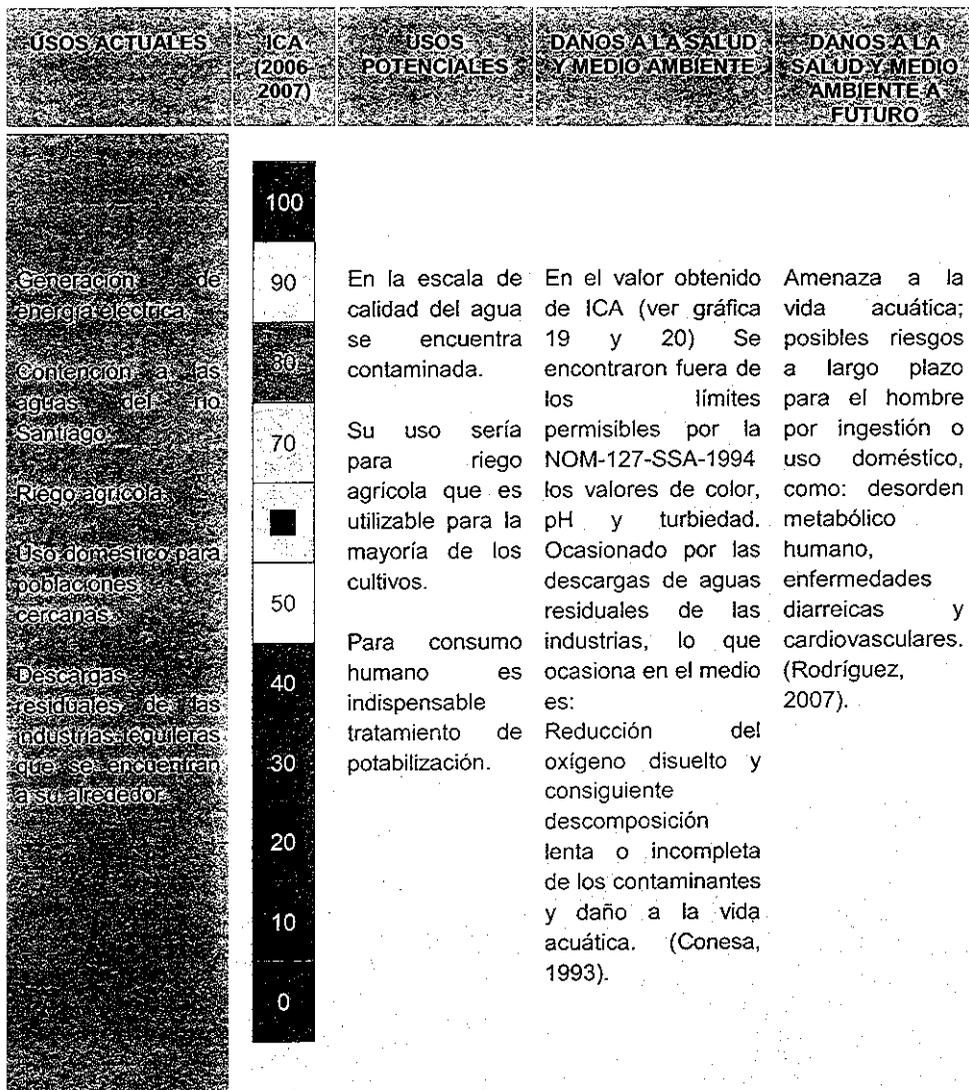


Figura 7. Valoración toxicológica de Presa Santa Rosa.

Presa Calderón

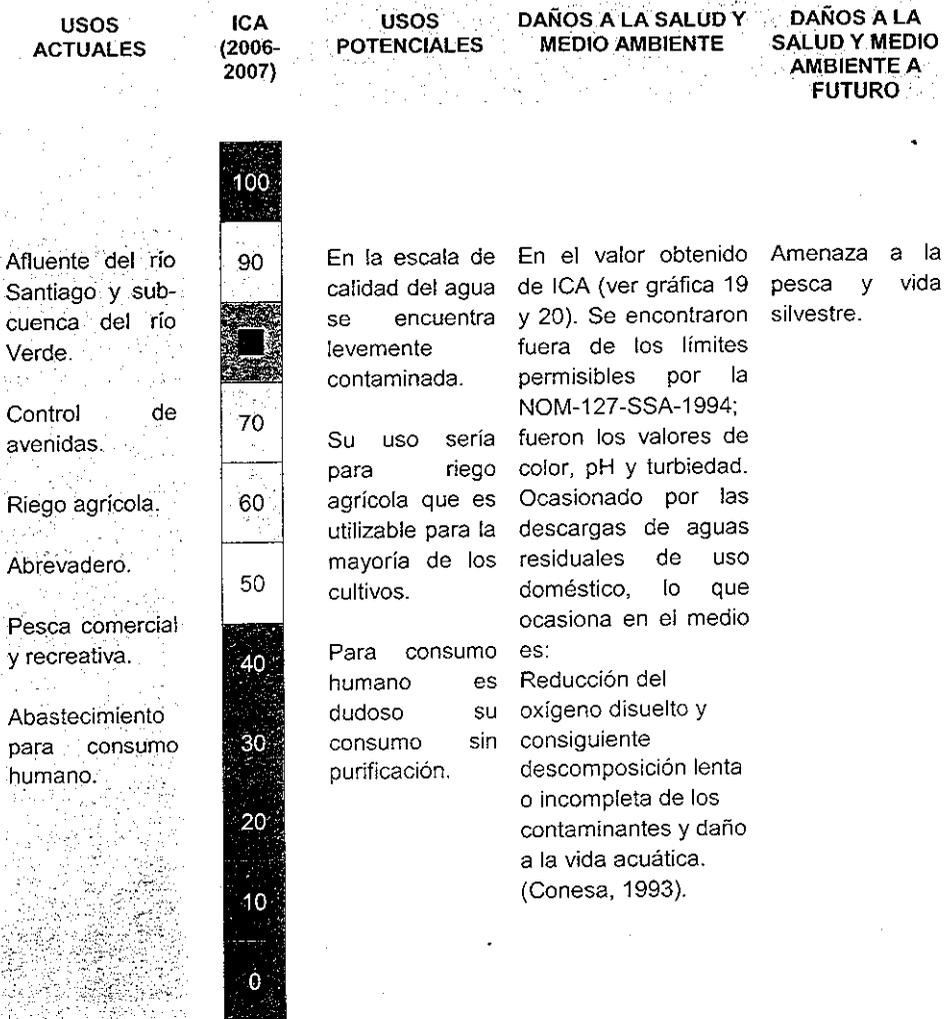


Figura 9. Valoración toxicológica de Presa Calderón.

Laguna de Cajititlán

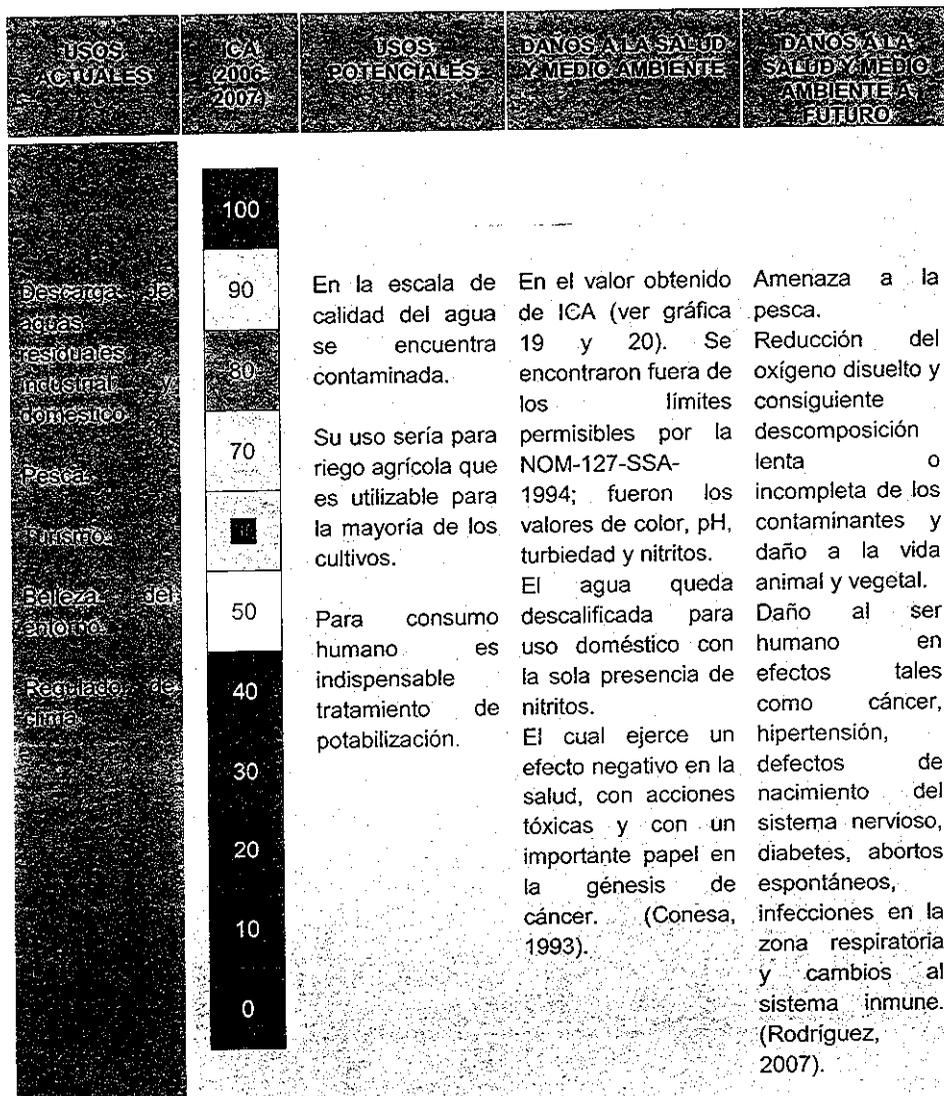


Figura 10. Valoración toxicológica de Laguna de Cajititlán.

Lago de Chapala

USOS ACTUALES	ICA (2006-2007)	USOS POTENCIALES	DAÑOS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE	DAÑOS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE A FUTURO
Abastecimiento de agua potable de la Zona Conurbada de Guadalajara.	90	En la escala de calidad del agua se encuentra contaminada.	En el valor obtenido de ICA (ver gráfica 19 y 20). Se encontraron fuera de los límites permisibles por la NOM-127-SSA-1994; fueron los valores de color, pH y turbiedad.	Amenaza a la pesca y vida silvestre.
Pesca	30	Su uso sería para riego agrícola que es utilizable para la mayoría de los cultivos.	Ocasionado por las descargas de aguas residuales de uso doméstico, lo que ocasiona en el medio es: Reducción del oxígeno disuelto y consiguiente descomposición lenta o incompleta de los contaminantes y daño a la vida acuática. (Conesa, 1993).	Crecimiento excesivo de la vida vegetal acuática.
Recreación	60			Posibles riesgos a largo plazo para el hombre por ingestión, como: desorden metabólico humano, enfermedades diarreicas y cardiovasculares. (Rodríguez, 2007).
Belleza del entorno	50			
Regulador de clima	40	Para consumo humano es indispensable tratamiento de potabilización.		
Habitat de especies endémicas y migratorias.	30			
Vaso regulador del sistema Lerma-Chapala y depurador de las aguas del río Lerma.	20			
	10			
	0			

Figura 11. Valoración toxicológica de Lago de Chapala.

Laguna de Zapotlán

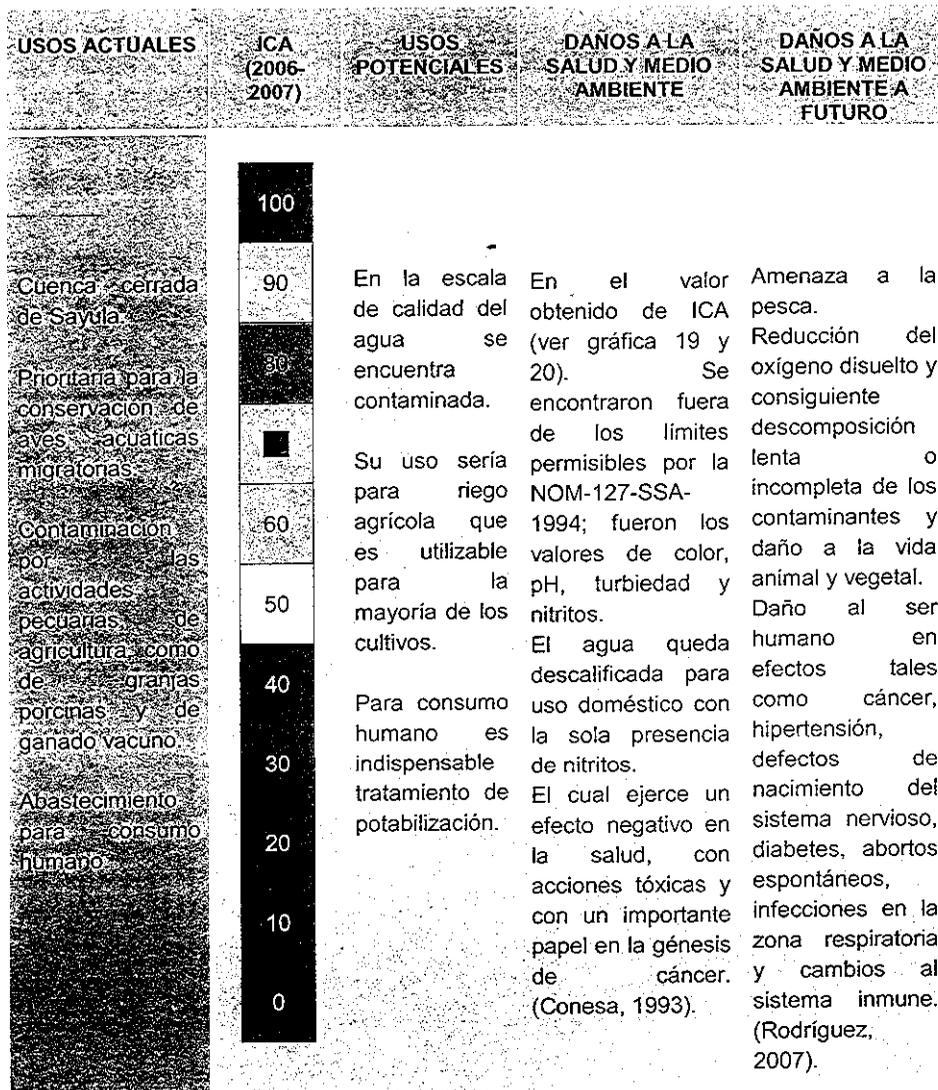
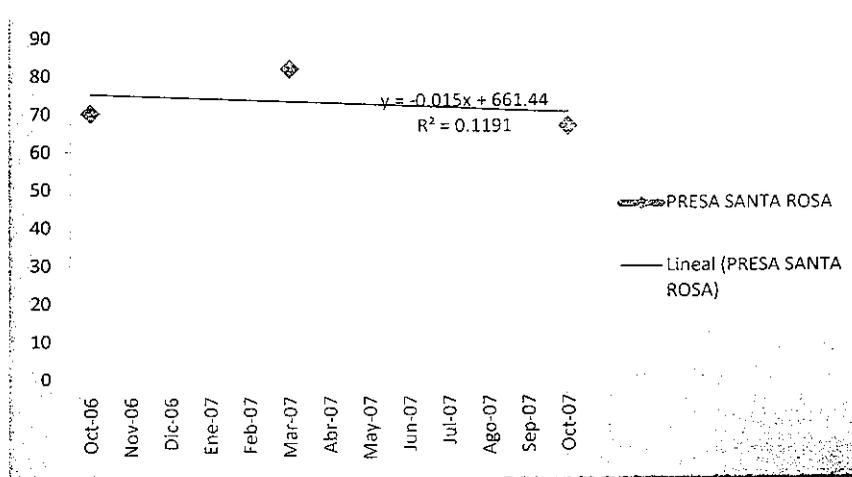


Figura 12. Valoración toxicológica de Laguna de Zapotlán.

6.3 Análisis estadístico de resultados; Correlación lineal.

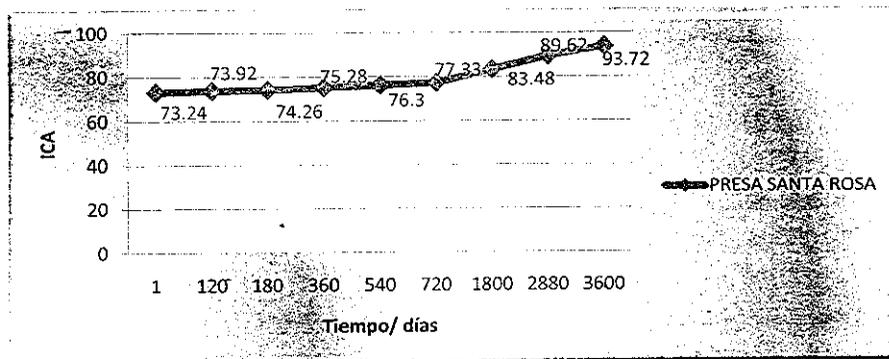
Las siguientes gráficas muestran los resultados del análisis de correlación lineal, en base a la valoración de ICA con el variable tiempo, a fin de conocer el comportamiento tendencial en los seis cuerpos de agua estudiados en el estado de Jalisco. Iniciando por la metodología de Martínez de Bascarán (1979) y siguiendo con la metodología de CNA (2001).

En la gráfica 22. El análisis de correlación lineal para Manuel M. Diéguez (presa Santa Rosa). Sube el Índice de Calidad de Agua en el segundo muestreo, pero nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **negativa**.



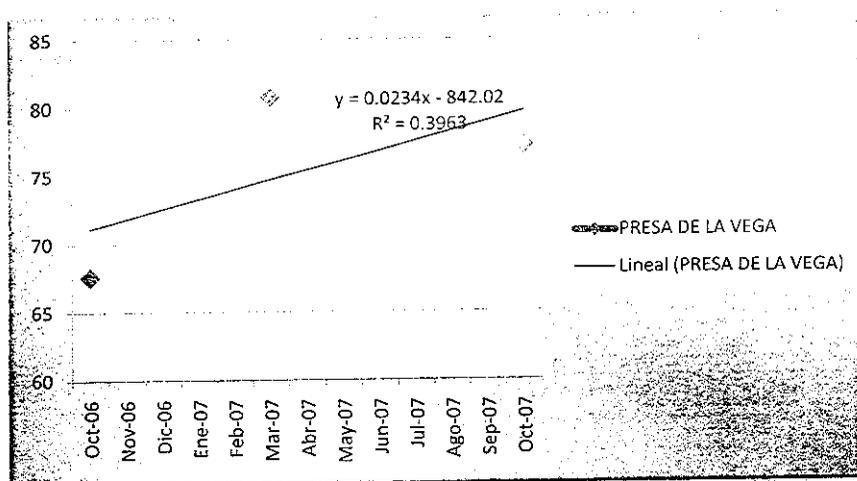
Gráfica 22. Correlación lineal para Presa Santa Rosa, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 23. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente fórmula $y=a+b(x)$, obteniendo los valores: $a= 73.2376$, $b= -5.6905$ y $r= -0.0648$.



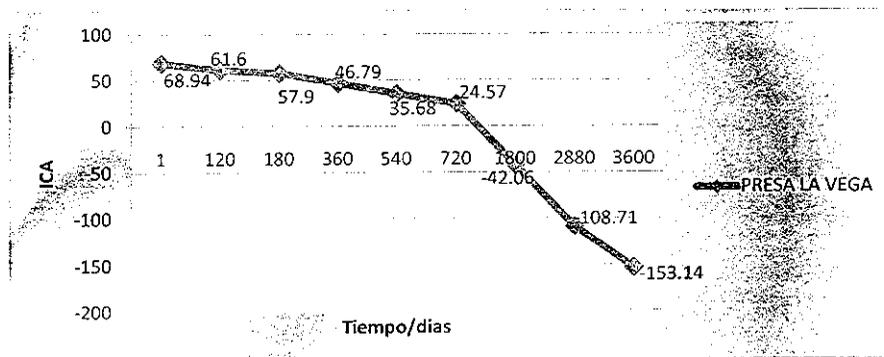
Gráfica 23. Índice de Calidad teórico en función de la regresión simple calculada, para presa Santa Rosa.

En la gráfica 24. El análisis de correlación lineal para presa La Vega. Baja un poco el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo pero sube en el tercer muestreo, que nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



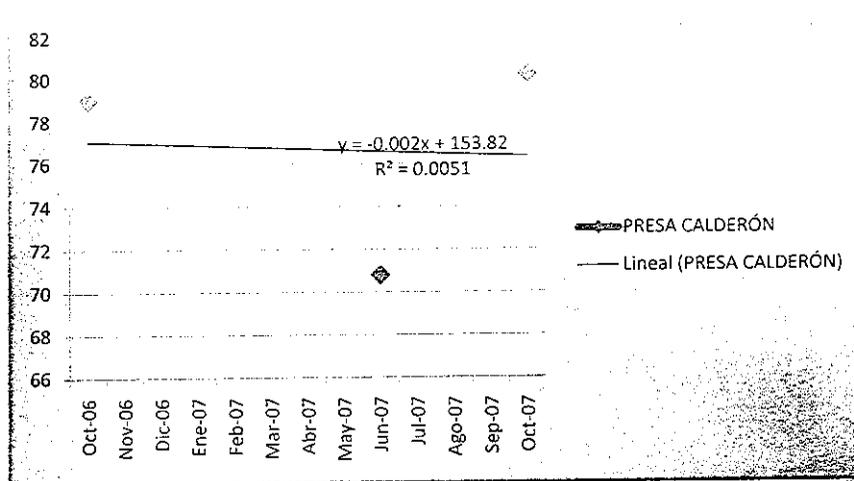
Gráfica 24. Correlación lineal para Presa La Vega, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 25. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 69.00$, $b = -0.0617$ y $r = -0.8239$.



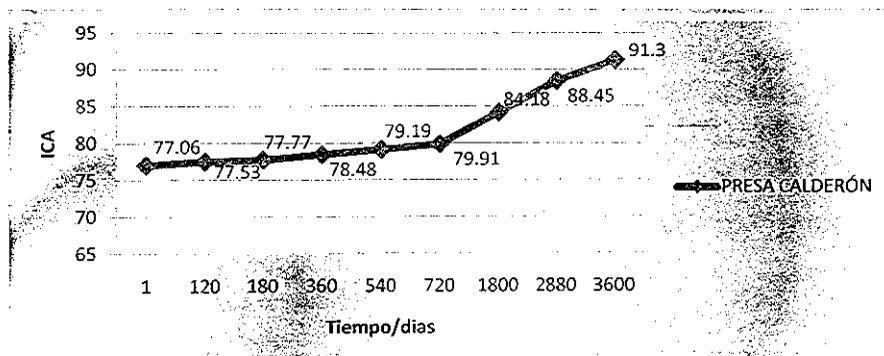
Gráfica 25. Índice de Calidad teórico en función de la regresión calculada, para Presa La Vega.

En la gráfica 26. El análisis de correlación lineal para presa Elías González Chávez (presa Calderón). Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube un poco en el tercer muestreo, pero nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **negativa**.



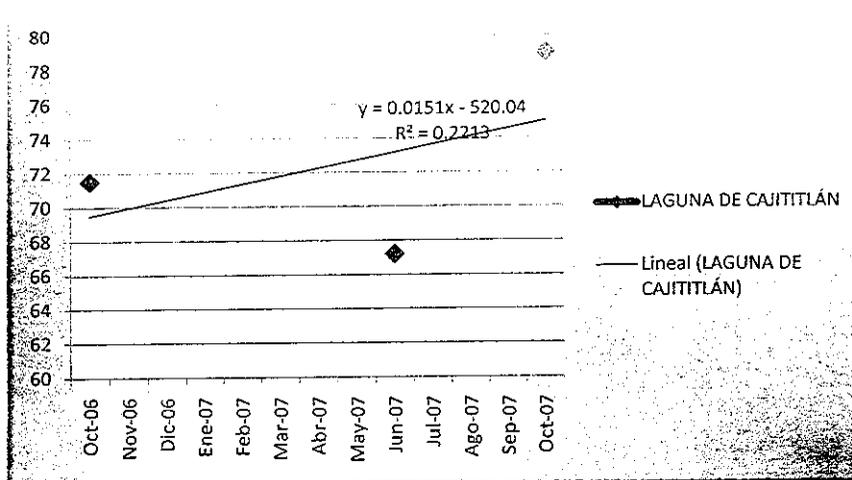
Gráfica 26. Correlación lineal para Presa Calderón, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 27. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 77.66$, $b = -3.9556$ y $r = -0.0704$.



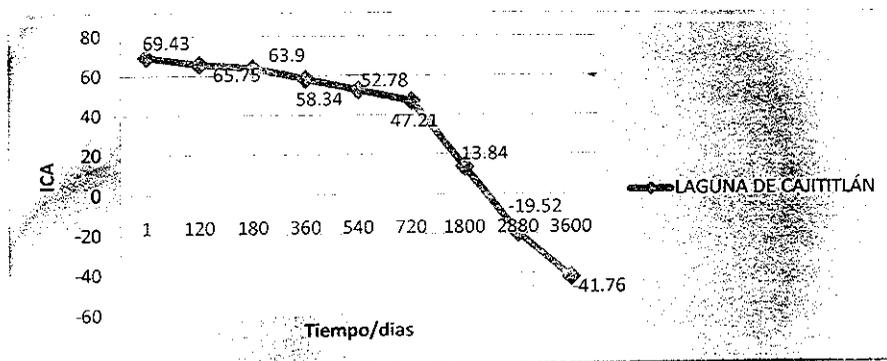
Gráfica 27. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Calderón.

En la gráfica 28. El análisis de correlación lineal para Laguna de Cajititlán. Se mantiene estable el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo, notablemente en el tercer muestreo, nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



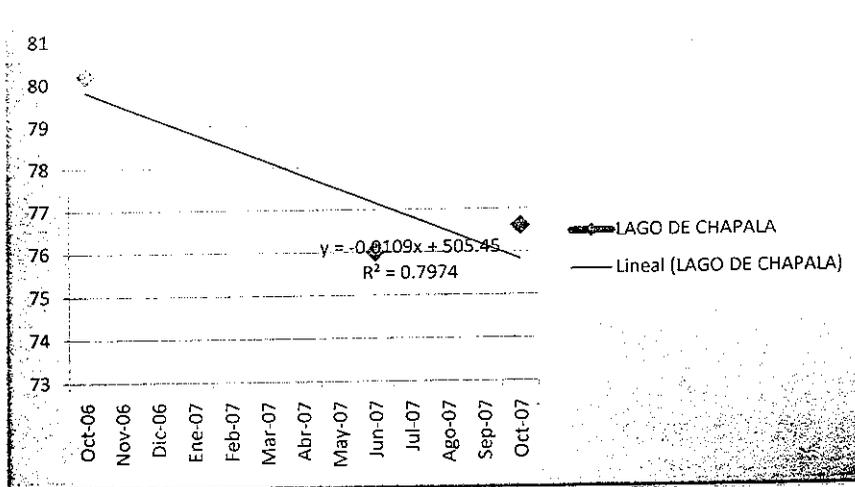
Gráfica 28. Correlación lineal para Laguna de Cajititlán, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 29. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 69.4665$, $b = 0.0308$ y $r = 0.4713$.



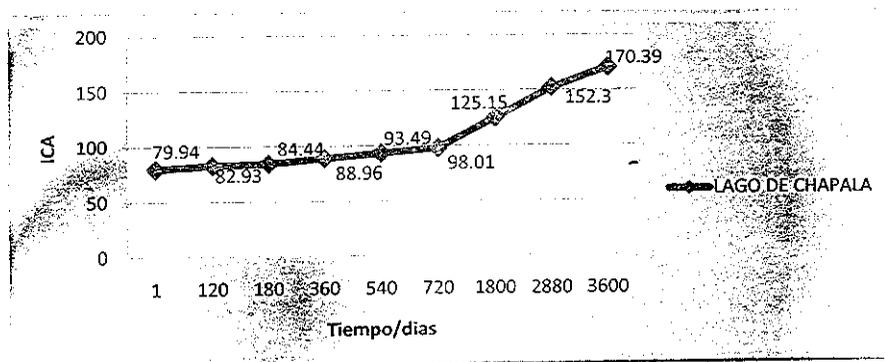
Gráfica 29. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Cajititlán.

En la gráfica 30. El análisis de correlación lineal para el Lago de Chapala. Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube notablemente en el tercer muestreo, nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **negativa**.



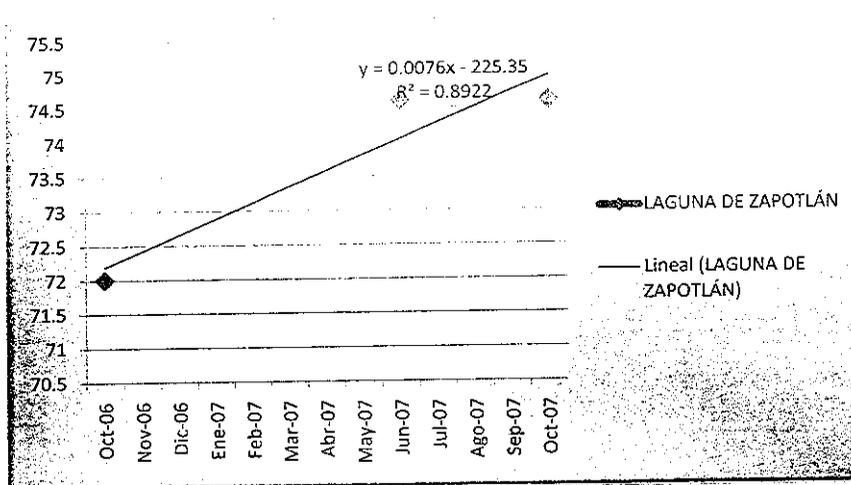
Gráfica 30. Correlación lineal para Lago de Chapala, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 31. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 79.9215$, $b = -0.02513$ y $r = 0.9442$.



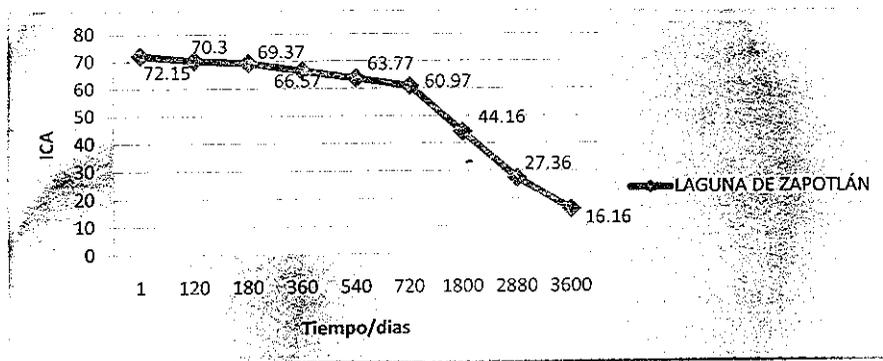
Gráfica 31. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Lago de Chapala.

En la gráfica 32. El análisis de correlación lineal para la Laguna de Zapotlán. Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube poco en el tercer muestreo y nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



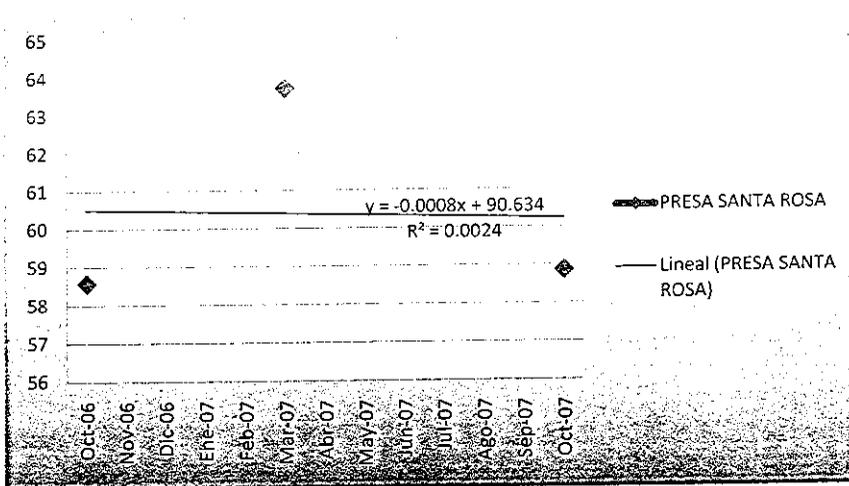
Gráfica 32. Correlación lineal para Laguna de Zapotlán, valoración ICA por Martínez de Bascarán (1979).

En la gráfica 33. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 72.1723$, $b = 0.0155$ y $r = 0.9442$.



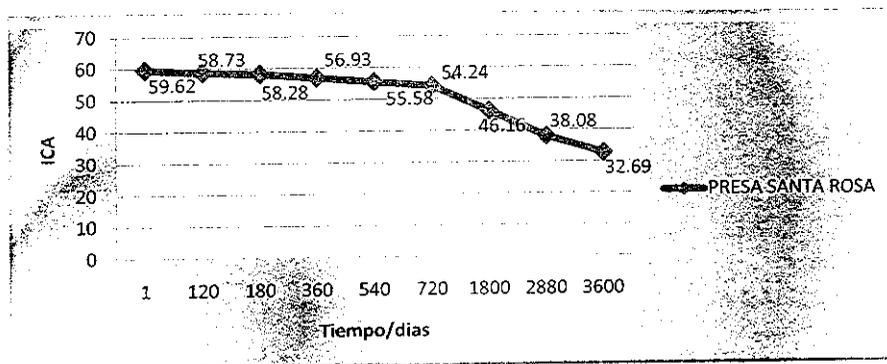
Gráfica 33. Índice de Calidad teórico calculado en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Zapotlán.

En la gráfica 34. El análisis de correlación lineal para Manuel M. Diéguez (presa Santa Rosa). Sube el Índice de Calidad de Agua en el segundo muestreo, pero que nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **negativa**.



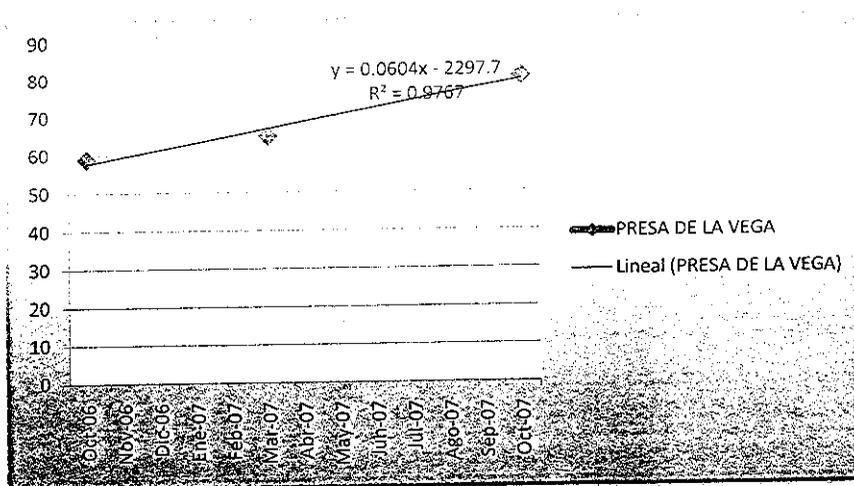
Gráfica 34. Correlación lineal para Presa Santa Rosa, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 35. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente fórmula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 59.6294$, $b = 7.48102$ y $r = 0.2360$.



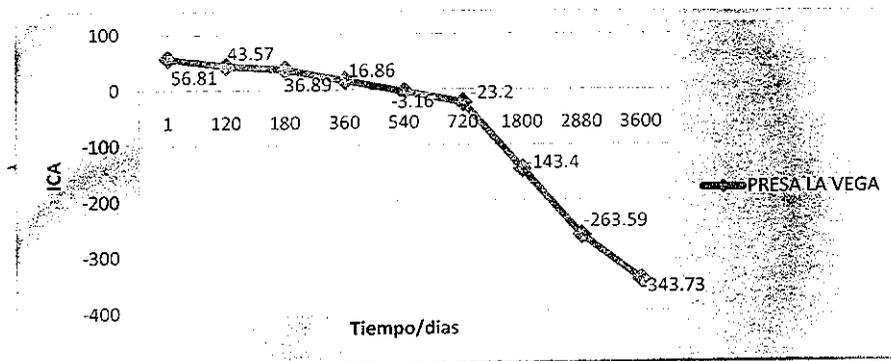
Gráfica 35. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Santa Rosa.

En la gráfica 36. El análisis de correlación lineal para presa La Vega. Baja un poco en Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo pero sube en el tercer muestreo, que nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



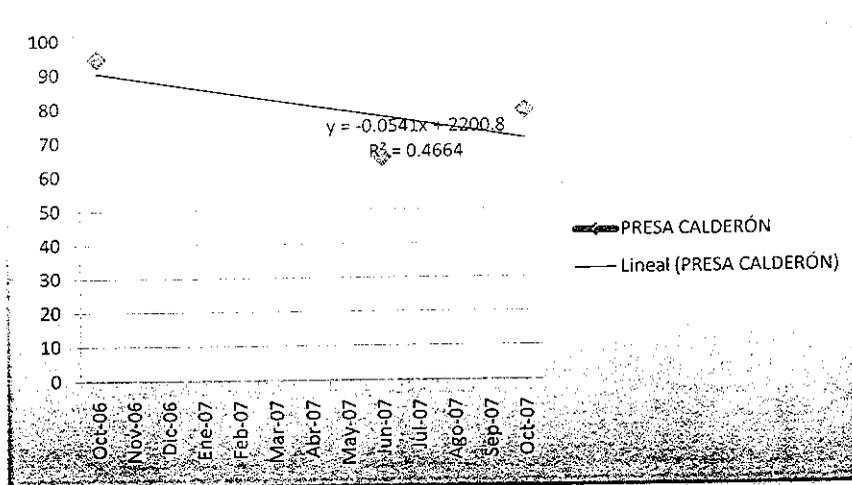
Gráfica 36. Correlación lineal para Presa La Vega, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 37. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 56.93$, $b = 0.1112$ y $r = 0.9044$.



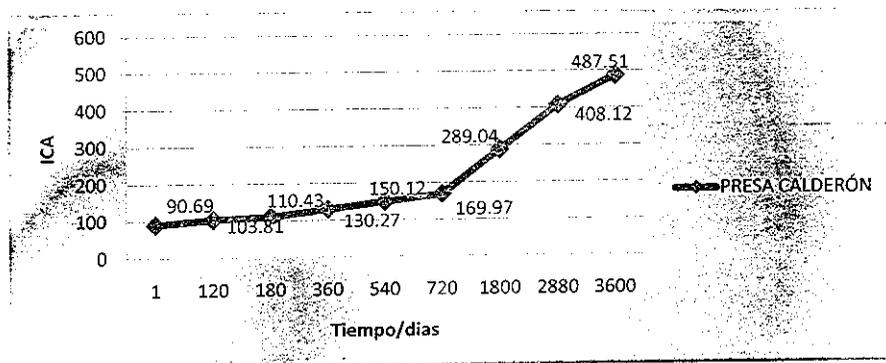
Gráfica 37. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa La Vega.

En la gráfica 38. El análisis de correlación lineal para presa Elías González Chávez (presa Calderón). Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube un poco en el tercer muestreo, pero nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **negativa**.



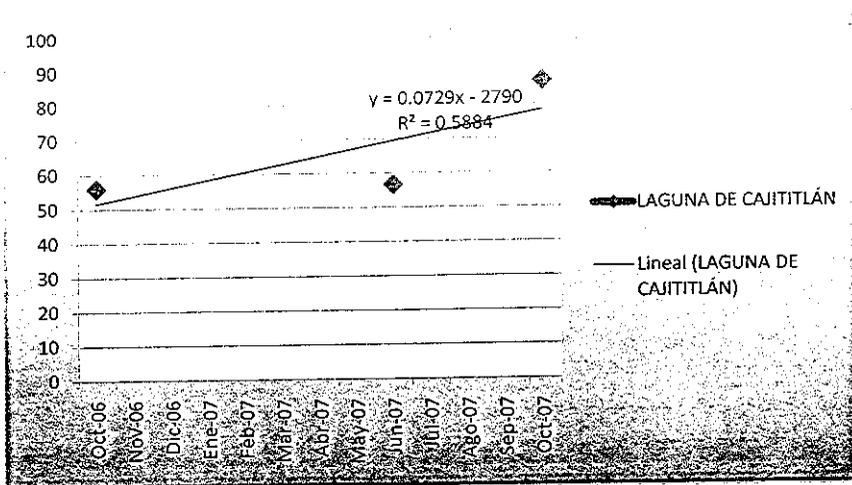
Gráfica 38. Correlación lineal para Presa Calderón, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 39. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 90.5858$, $b = -0.1102$ y $r = -0.6821$.



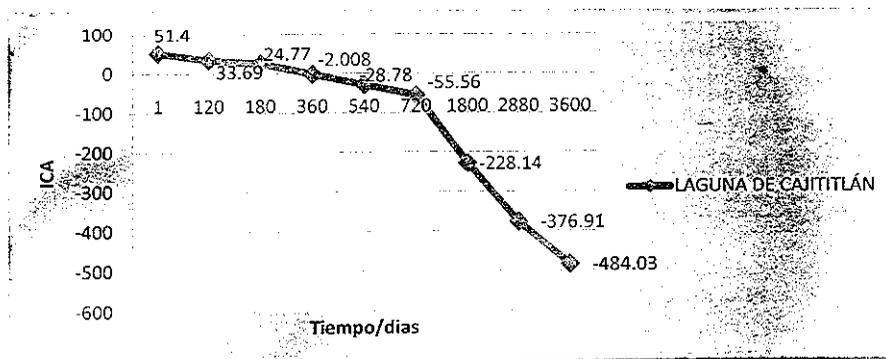
Gráfica 39. Índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Presa Calderón.

En la gráfica 40. El análisis de correlación lineal para Laguna de Cajititlán. Se mantiene estable el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo, nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



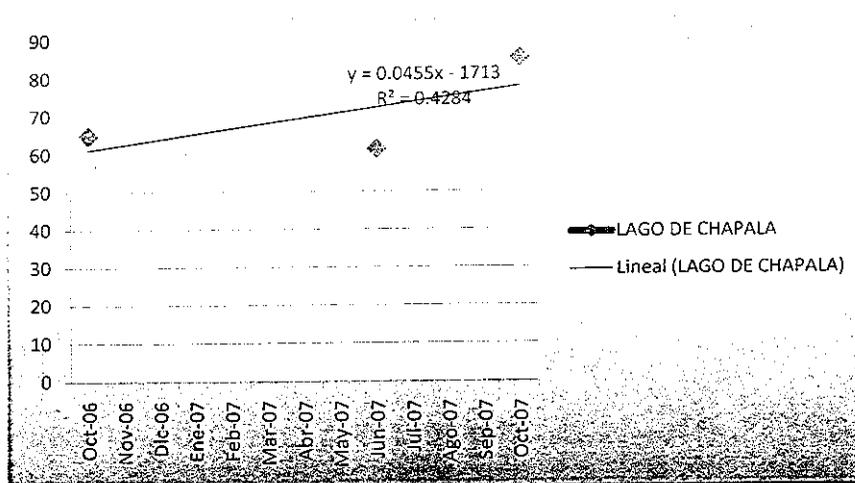
Gráfica 40. Correlación lineal para Laguna de Cajititlán, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 41. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 51.5498$, $b = 0.1487$ y $r = 0.7677$.



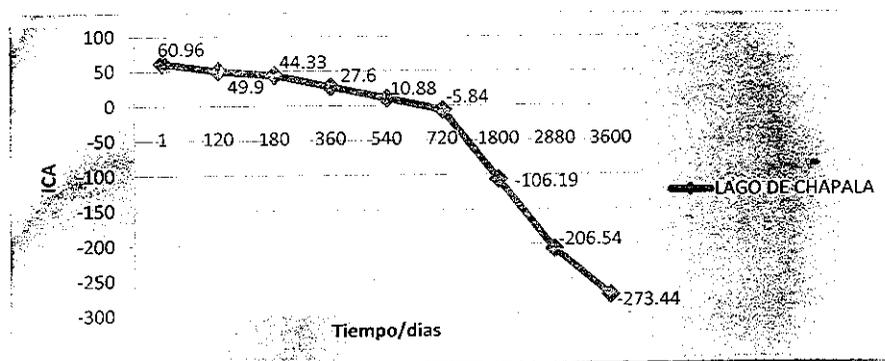
Gráfica 41. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Cajititlán.

En la gráfica 42. El análisis de correlación lineal para el Lago de Chapala. Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube notablemente en el tercer muestreo, nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



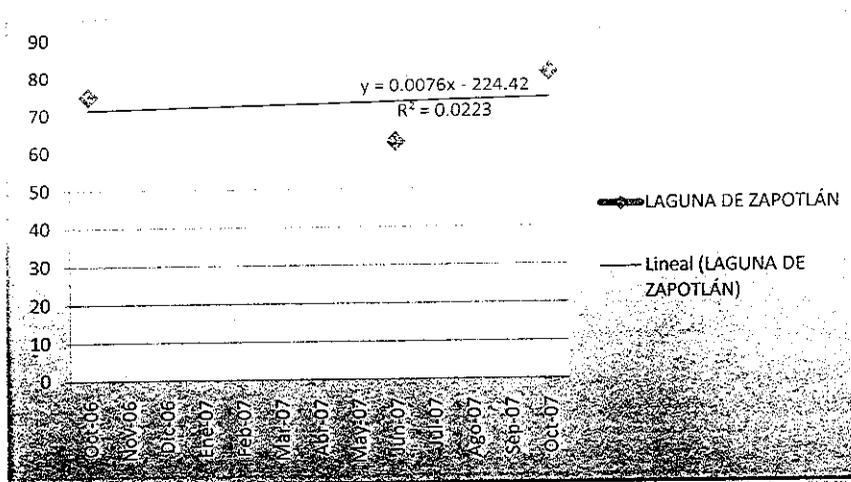
Gráfica 42. Correlación lineal para Lago de Chapala, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 43. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 61.05$, $b = 0.0929$ y $r = 0.6553$.



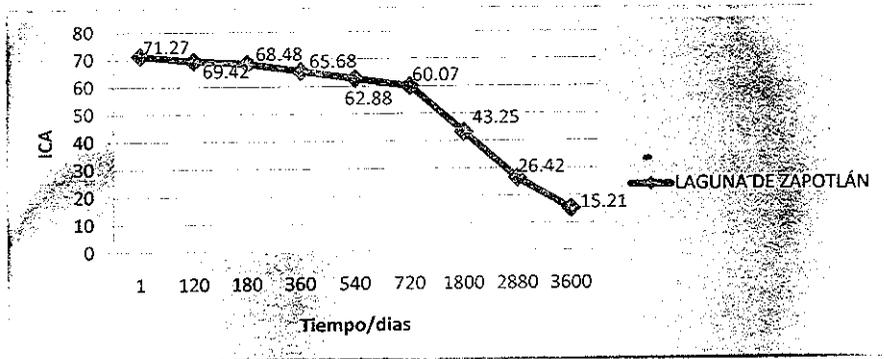
Gráfica 43. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Lago de Chapala.

En la gráfica 44. El análisis de correlación lineal para la Laguna de Zapotlán. Baja el Índice de Calidad del Agua en el segundo muestreo sube poco en el tercer muestreo y nos permite apreciar que tiene una línea de tendencia **positiva**.



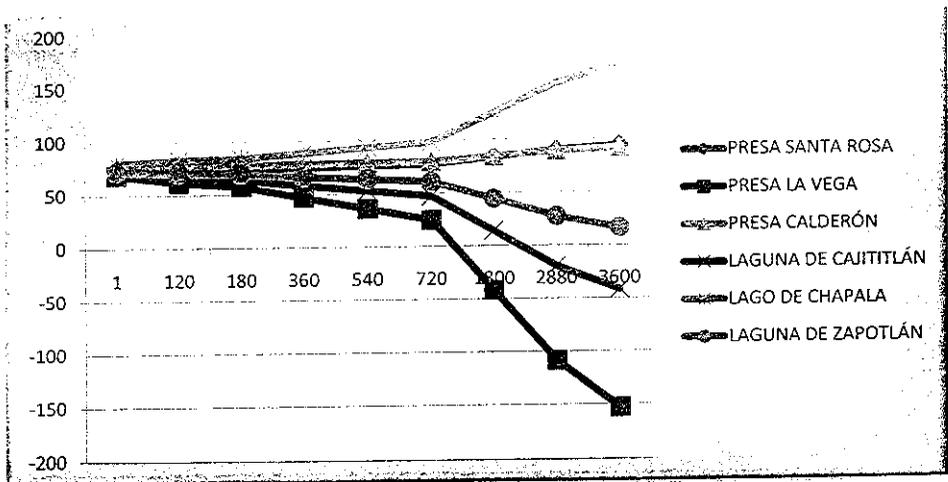
Gráfica 44. Correlación lineal para Laguna de Zapotlán, valoración ICA por CNA (2001).

En la gráfica 45. Se presenta un Índice de Calidad teórico, en función de la regresión lineal simple calculada. Utilizando la siguiente formula $y = a + b(x)$, obteniendo los valores: $a = 71.29$, $b = 0.0155$ y $r = 0.1502$.

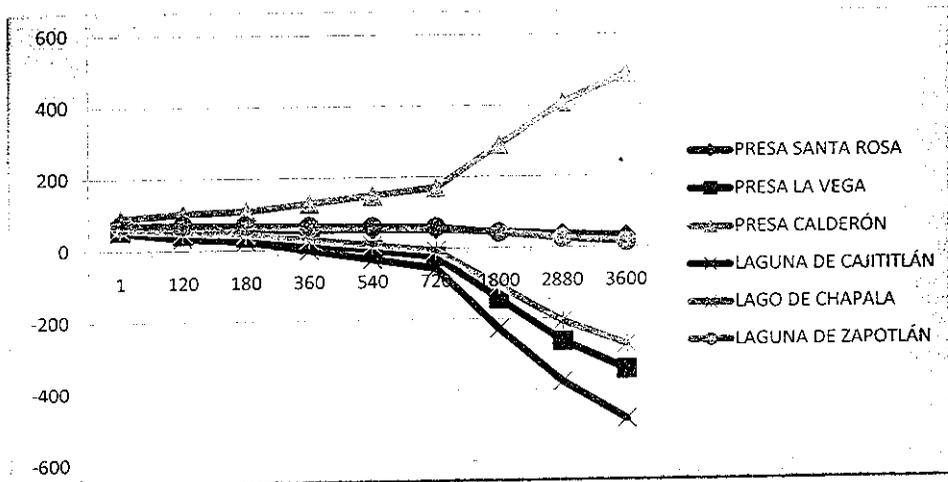


Gráfica 45. Índice de Calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, para Laguna de Zapotlán.

La gráfica 46 y 47 son la recopilación de los Índices de Calidad teórico y una comparación entre las dos metodologías utilizadas, para Índice de Calidad del Agua.



Gráfica 46. Índice de calidad teórico, por la metodología de Martínez de Bascarán (1979).



Gráfica 47. Índice de calidad teórico, por la metodología de Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001).

7. DISCUSIÓN

El ambiente se daña seriamente debido a la contaminación del agua, muchos organismos que viven y se reproducen en el agua son afectados por la contaminación de la misma, esto puede alternativamente lastimar el ciclo vital de otras especies animales, vegetales y la condición de vida de seres humanos que se encuentren a su alrededor. (Carvajal S. 2008).

En Jalisco existèn 12,000 localidades que generan aguas residuales industriales y domésticas, de las cuales se estima que solo el 10% se trata adecuadamente, Se cuenta con 87 sistemas de tratamiento de agua residuales municipales, 36 requieren de rehabilitación, 38 son obsoletas y solo 13 operan adecuadamente.(Rosas A. 2003)

La descarga de aguas residuales domésticas e industriales es un punto muy importante que afecta los seis cuerpos de agua estudiados. Daña notablemente el uso o la actividad que se destine. El agua que resulto estar contaminada puede serlo para cierto uso, como lo es consumo humano; pero aplicable para otro. Aquí es donde interviene los criterios de calidad del agua según los usos. (Conesa V. 1993). Haciendo referencia al estudio que realice, encontramos que Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán en la escala de calidad del agua se encuentran contaminadas, su uso sería para riego agrícola que es utilizable para la mayoría de los cultivos; para consumo humano es indispensable tratamiento de potabilización.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible señalar que aunque se encontraron valores por arriba del límite permisible establecido por la Norma Oficial Mexicana, para algunos parámetros, el daño a la Salud y al Ambiente se estará presentando más en un futuro si no se le aplican las medidas preventivas y correctoras adecuadas.

Conesa V. (1993) menciona como medidas preventivas y correctoras, las siguientes:

- Reducción del volumen de vertidos y de su capa contaminante.
- Implantación de instalaciones de tratamiento de vertidos.
- Eliminación de aguas residuales sin recurrir a su tratamiento.

Los valores encontrados fuera de los límites permisibles por la NOM-127-SSA-1994, fueron:

El parámetro de turbiedad fue uno de los valores que excedieron a los permitidos en la NOM-127-SSA-1994, el cual es debido a la presencia de partículas suspendidas y disueltas. La transparencia del agua es muy importante cuando está destinada al consumo del ser humano. (NMX-AA-038-SCFI-2001). Los cuerpos de agua estudiados del estado de Jalisco excedieron este valor.

El color en el agua puede deberse a la presencia del contenido natural de metales o iones metálicos en disolución, residuos orgánicos, plancton o residuos industriales. Por lo general se elimina el color para cualquier propósito de uso del agua. (NMX-AA-045-SCFI-2001). Los seis cuerpos de agua excedieron el límite permisible por la NOM-127-SSA-1994.

En pH nos representa el comportamiento ácido o alcalino como resultado de las distintas sustancias presentes en el agua de las que el dióxido de carbono constituye uno de los factores más importantes (NMX-AA-072-SCFI-2001). Presa Manuel M. Diéguez (presa Santa Rosa), Presa la Vega, presa Elías González Chávez (presa Calderón) presenta un pH bajo lo que aumentan la corrosión de las estructuras de acero o concreto. Mientras que Laguna de Cajititlán y Lago de Chapala lo presentan alto ocasionando alteración en el ecosistema, muerte de peces y esterilizar una corriente acuosa natural. Laguna de Zapotlán presentó un pH estable. (García J., 2002)

En cuestión a nitritos que también se encontró fuera de los límites permisibles por la NOM-127-SSA-1994, fueron Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán. La principal fuente de esta forma química, es la descarga de aguas residuales industriales y urbanas, así como los diversos compuestos de nitrato empleados como fertilizantes en la agricultura. Como es un estado medio de la oxidación del

nitrógeno, tanto en la oxidación del amoníaco, ocasionando la metahemoglobinemia infantil y agentes carcinógenos reconocidos. (Rodríguez, 2007).

En la comparación de los valores obtenidos de ICA para conocer los limitantes de uso con los lineamientos descritos en León (1991), ver figura 3., encontrando que en todos los cuerpos de agua estudiados puede ser utilizada para consumo humano y uso agrícola, en los siguientes términos: Presa Elías González Chávez (presa Calderón) para uso humano es dudoso su consumo sin purificación y es adecuada para uso agrícola; Presa Manuel M. Diéguez (presa Santa Rosa), Presa La Vega, Laguna de Cajititlán, Lago de Chapala y Laguna de Zapotlán, requieren tratamiento de potabilización para consumo humano y es adecuada para uso agrícola.

En base a estos resultados es evidente que existen características similares entre los cuerpos de agua donde los parámetros como **color**, **turbidez** y **pH** excedieron los límites permisibles por la Norma Oficial Mexicana; sin embargo donde resultó el parámetro de nitritos se muestra un índice de calidad del agua menor. Es posible que estos cuerpos de agua se encuentren más cerca descargas residuales domésticas o industriales lo que hace más vulnerable a este tipo de contaminación. El riesgo sanitario asociado a estos contaminantes deberá ser considerado en futuros usos, ya que la mayoría de estos cuerpos de agua son abastecimiento para hábitat de especies u organismos vivos así como también uso indispensable para la vida del ser humano.

Es importante mencionar que este estudio es en base de un análisis fisicoquímico básico, por lo que se debe considerar el análisis de otro tipo de parámetros como: plaguicidas, metales pesados e hidrocarburos. En los que se puede encontrar una valoración de riesgo toxicológico complementaria para el ambiente y seres humanos, que puede ser útil para futuros estudios en los que se puede profundizar aún más en el análisis de riesgos toxicológicos a la salud.

8. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos: oxígeno disuelto, conductividad, nitratos, sulfatos, dureza total, cloruros y sólidos disueltos totales se encontraron dentro de los límites permisibles por la Norma Oficial Mexicana **NOM-127-SSA-1994**.
- Se encontró fuera de norma los parámetros fisicoquímicos de **turbiedad** y **color** en los seis cuerpos de agua estudiados (presa Santa Rosa, presa La Vega, presa Calderón, Laguna de Cajititlán, Lago de Chapala y Laguna de Zapotlán) y **pH** en cinco de los seis cuerpos de agua estudiados (presa Santa Rosa, presa La Vega, presa Calderón, Laguna de Cajititlán y Lago de Chapala).
- El parámetro de **nitritos** se encontró fuera de Norma en Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán.
- Respecto a las dos metodologías propuestas para Índice de Calidad del Agua, para los tres muestreos (ver figura 6.) se encontró lo siguiente: En la propuesta por Martínez de Bascarán (1979) Presa Santa Rosa, Presa La Vega, Presa Calderón y Lago de Chapala con una clasificación de **calidad aceptable** y **contaminada leve**; mientras que Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán tienen la clasificación de **contaminada leve** y **contaminada**. En la metodología de CNA (2001) Presa Santa Rosa, Presa La Vega, Laguna de Cajititlán, Lago de Chapala y Laguna de Zapotlán tienen la clasificación de **calidad aceptable** y **contaminada leve**; mientras que Presa Calderón nos da una clasificación de **excelente calidad** y **contaminada leve**. Lo que puedo concluir que Martínez de Bascarán (1979) presenta una mayor exigencia en sus valores.
- En el índice de calidad teórico en función de la regresión lineal simple calculada, elaboré escenarios a futuro en un tiempo de 12 años, con las

dos metodologías utilizadas; en los que se observa: con la metodología de Martínez de Bascarán (1979) Presa Santa Rosa, Presa Calderón y Lago de Chapala obtienen una línea de tendencia teórica calculada positiva, por otra parte; Presa La Vega, Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán obtienen una línea de tendencia negativa. Y con la metodología de CNA (2001) Presa Calderón es la única que dio una línea de tendencia teórica calculada positiva mientras que Presa Santa Rosa, Presa La Vega, Lago de Chapala, Laguna de Cajititlán y Laguna de Zapotlán se obtiene una línea de tendencia teórica calculada negativa.

- La valoración toxicológica, se encontraron valores en parámetros que pueden originar daños a la salud y al medio ambiente las cuales son: amenaza a la pesca, reducción del oxígeno disuelto y consiguiente descomposición lenta o incompleta de los contaminantes, daño a la vida acuática y vegetal. El ser humano se ve afectado por efectos tales como cáncer, hipertensión, defectos de nacimiento del sistema nervioso, abortos espontáneos e infecciones en la vía respiratoria y cambios al sistema inmune. (Rodríguez, 2007).
- Existen medidas de mitigación y correctivas para los cuerpos de agua estudiados que son las siguientes:
 - Reducción del volumen de vertidos y de su carga contaminante.
 - Implantación de instalaciones de tratamiento de vertidos.
 - Eliminación de aguas residuales sin recurrir a su tratamiento.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Bifani P. 2007. Medio Ambiente y Desarrollo. Editorial Universitaria, U de G. Guadalajara, Jal. 497 pp.
- Campos S., J. García, M. Orozco, P. Galina, J. Casas, B. Rodríguez. Estudio preliminar de flora ficológica en seis cuerpos de agua de Jalisco 2006-2007.
- Carvajal S. y E. Pimienta E. Avances en la semana de Investigación Científica en el CUCBA. 2007. Calidad del agua en la Laguna de Cajititlán, municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México. 405 pp.
- Carvajal S. y E. Pimienta. 2008. Avances en la semana de Investigación Científica en el CUCBA. 2007. Estudio preliminar de la calidad del agua en seis sistemas hídricos de Jalisco. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. México. 405 pp.
- Comisión Estatal del Agua 2009. (CEA).
- Comisión Nacional del Agua 2001. (CONAGUA). Programa Nacional Hidráulico.
- Conesa V. 1993. Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-prensa. Valencia, España. 272 pp.
- Cotler A. Helena y S. Gutiérrez. 2005. Inventario y evaluación de presas de la Cuenca de Lerma-Chapala, Instituto Nacional de Ecología. Dirección de manejo integral de cuencas hídricas.
- Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. CCA-001-89.
- De la Lanza G. y J. L. García. 2002. Lagos y Presas de México, AGT. Editor, S.A. México, D.F. 287 pp.
- De la Mora C.2001. Evaluación de la calidad del agua en el lago de Chapala durante 1996-1997. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 140 pp.

E. Manahan Stanley. 2007. Introducción a la Química Ambiental, Editorial Reverté UNAM. México, D.F. 205 pp.

Estudio de monitoreo y modelación de la calidad del agua de los ríos Santiago y Verde, realizado por AYMA ingeniería y consultoría a solicitud de Comisión Estatal de Agua y Saneamiento, CEAS, de Jalisco, 2001.

García J. 2002. Calidad de aguas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

García J. 2009. Estudios de calidad del agua del río San Pedro, Nayarit. Informe de resultados.

Guzmán A. M. 1997. El agua Superficial en Jalisco. Instituto de Limnología. U de G.

http://semades.jalisco.gob.mx/06/agua_jalisco.html Información ambiental específica/ aguaagua en Jalisco::(COONTAMINACIÓN DEL AGUA) Martes 02 de Febrero del 2010.

Jiménez Blanca E. 2002. La contaminación ambiental en México, efectos y tecnología apropiada; Editorial LIMUSA S.A de C.V. México, D.F. 911 pp.

Martínez de Bascarán, G., 1979. Establecimiento de una Metodología para conocer la Calidad del Agua. Bol. Ing. Medio Ambiente.

Ministerio de Medio Ambiente. 2000. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ed. Secretaría General Técnica, Ministerio del Medio Ambiente. Madrid, España. 809 pp.

NMX-AA-038-SCFI-2001. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (Cancela a la NMX-AA-038-1981).

NMX-AA-045-SCFI-2001. Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (Cancela a la NMX-AA-045-1981).

NMX-AA-072-SCFI-2001. Determinación del pH (cancela a la NMX-AA-008-1980).

NOM-014-SSA 1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en el sistema de abastecimiento de agua público y privado. Diario Oficial de la Federación.

NOM-127-SSA 1-1994. Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano – Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación.

Organización de la Naciones Unidas, 2009.

Orozco Santillán C.M.; J. Prieto; E. Méndez; M.E. Palos. 2005, México. Glosario de términos medioambientales. STAU de G. 292 pp.

Rodríguez B. 2007. Contaminación por nitratos y nitritos en pozos de Puente Grande y El Salto, Jalisco, México. Universidad de Guadalajara, División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Zapopan, Jalisco. 69 pp.

Rosas A. 2003. Evaluación ambiental del proceso de tratamientos de aguas residuales y los riesgos a la salud en la comunidad universitaria del CUCBA. Universidad de Guadalajara, División de Ciencias Biológicas y Ambientales. Zapopan Jalisco. 95pp.

Seoanez Mariano. 1999. Ingeniería del medio ambiente, aplicada al medio natural continental, Ediciones Mundiprensa. 702 pp.

Torino H. 2005. Libro de estadísticas de Berenson y Levine. (www.monografias.com/trabajos13/beren/beren.shtml)

www.googleearth.com (Imágenes satelitales). 2007.

ANEXO

10. ANEXO I

Tabla 51. Resultados de parámetros fisicoquímicos Primer muestreo.

Parámetro	Unidades	Presas de la Rosa	Presas de la Vega	Calderón	Laguna de Cajitlan	Lago de Chapala	Laguna de Zapotlan	NOM 127	CRITERIOS ECOLOGICOS
Fecha de muestreo		02-oct-06	05-oct-06	09-oct-06	16-oct-06	18-oct-06	31-oct-06		
Alcalinidad Total:	mg/L	172	256	124	358	288	260	-	400
Alcalinidad a Fenolfaleina	mg/L	0	0	32	56	24	24	-	75
Color real	Unidades PtCo	73	116	6	50	6	20	20	20
Color Aparente	Unidades PtCo	79	129	244	225	180	271	20	75
Turbiedad	UTN	2,2	6,8	42	13	23,5	20,3	5	-
Dureza Total	mg/L	30	40	42	60	112	70	500,00	-
Dureza de calcio	mg/L	18	24	20	28	48	42	-	-
Dureza de magnesio	mg/L	12	16	22	32	64	28	-	-
Cloruros	mg/L	43	46	30	74	64	64	250	250
Sulfatos	mg/L	55	38	1	0	88	25	400	500
Fluoruros	mg/L	0,36	1,42	0	0,76	0,16	0,03	1,5	1,5
Nitrogeno de Nitritos	mg/L	0,006	0,01	0,015	0,016	0,003	0,37	1,0	5,0
Nitrogeno de Nitratos	mg/L	0,2	0,2	3	1,2	1,2	4,3	10	0,05
Parámetro en campo									
T° agua	°C	28	25	25,5	22,42	23,9	26,6	-	CONDICIONES NATURALES + 2,5
Conductividad	µs/cm	413	399	220	773	789	663	-	-
SDT	mg/L	216	199	111,6	404	402	334	1000	500
Salinidad		0,2	0,2	0,1	0,4	0,4	0,3	-	-
pH		6,34	6,19	7,79	8,23	7,6	7,81	6,5/8,5	-
Potencial Redox	mV		76,57	13,5	49,2	16,5	27,2	-	-
Transparencia	cm	1,7	49,5	60	35,2	33	30	-	-
OD	mg/L	2,39	3,26	9,25	3,92	5,61	7,8	-	-
T° ambiente	°C	-	23,4	31	20,6	30,5	26,6	-	-
Viento	m/s	-	4,7	0,6	1,5	0,9	3,2	-	-
Nubosidad	%	-	0	30	90	0	0	-	-
Altitud	m	-	1188	1546	1513	1462	1463	-	-
Presión atm.	hpa	-	877	84,2	843	849	848,7	-	-
Punto de evap. (DP)	%	-	17,4	16,6	30	19,8	19,8	-	-
Punto de rocío (WR)	°C	-	14,02	20,7	15,9	16,8	17,3	-	-
Humedad relativa	%	-	54,5	37	75,12	44,3	56,8	-	-

Tabla 52. Resultados de parámetros fisicoquímicos Segundo muestreo.

Parámetro	Unidades	Presa Santa Rosa 15-mar-07	Presa de la Vega 13-mar-07	Presa Calderón 12-jun-07	Laguna de Calititan 07-jun-07	Lago de Chapala 07-jun-07	Laguna de Zapotitan 15-jun-07	NOM 127	CRITERIOS ECOLÓGICOS
Fecha de muestreo									
Alcalinidad Total	mg/L	232	180	132	368	336	388	-	400
Alcalinidad a Fenolftaleína	mg/L	20	4	24	128	56	44	-	-
Color real	PCo	45	73	18	145	25	59	20	75
Color Aparente	PCo	85	179	58	269	232	20	20	75
Turbiedad	UTN	2,75	6,85	10,5	39,2	29,5	34,2	5	CONDICIONES NATURALES
Dureza Total	mg/L	72	35	50	40	112	82	500,00	-
Dureza de calcio	mg/L	38	24	32	24	76	24	-	-
Dureza de magnesio	mg/L	34	14	16	16	36	58	-	-
Cloruros	mg/L	52	28	16	117	60	62	250	250
Sulfatos	mg/L	25	33	10	12	51	16	400	500
Fluoruros	mg/L	1	3,58	0,48	0,95	1,53	-	1,5	1,5
Nitrógeno de Nitritos	mg/L	0,006	0	0,003	0,001	0,002	0	1,0	5,0
Nitrógeno de Nitratos	mg/L	1,1	0,9	0,9	5	0	0	10	0,05
Parámetro en campo									
T° agua	C°	22,9	21,2	24	27	26,7	22,1	-	CONDICIONES NATURALES + 2,5
Conductividad									
SDT	µs/cm	704	451	244,7	1138	949	917	-	500
Salinidad	mg/L	365	243	114,4	539	433	430	1000	-
pH		0,4	0,2	0,1	0,5	0,5	0,4	-	-
Potencial Redox	mV	7,05	7,17	8,8	9,75	8,97	7,26	6,5/8,5	-
Transparencia	cm	25,5	17,8	112,4	-163,9	118,5	-15,1	-	-
OD	mg/L	102	40	90	10	25	10	-	-
T° ambiente	C°	6,55	6,90	6,23	11,6	8,09	7,05	-	-
Viento	mis	31,1	28	27,5	27,2	36,9	24,2	-	-
Nubosidad	%	0,5	1	0	0,8	0,9	4,2	-	-
Altitud	m	0	0	70	0	0	100	-	-
Punto de evap. (pp)	hpa	701	1170	1591	1553	1545	1499	-	-
Punto de rocío (WR)	%	931,3	379,8	12,19	12,25	12,26	12,33	-	-
Punto de rocío (WB)	%	19,4	18,5	20,8	19,2	22,6	17,5	-	-
Humedad relativa	%	12,6	13,5	17,9	15,4	16	15	-	-
		30,3	41,9	53,9	51,3	31,4	54,5	-	-

Tabla 53. Resultados de parámetros fisicoquímicos Tercer muestreo.

Parámetro	Unidades	Presa Santa Rosa 18-Oct-07	Presa de la Vega 18-Oct-07	Presa Calderon 24-Oct-07	Laguna de Cajitlán 22-Oct-07	Lago de Chapala 22-Oct-07	Laguna de Zapotlán 25-Oct-07
Fecha de muestreo							
Alcalinidad Total	mg/L	180	0	140	312	340	392
Alcalinidad a Fenolftaleína	mg/L	0	0	0	76	40	60
Color real	PtCo	48	94	28	50	64	28
Color aparente	PtCo	94	158	35	313	169	234
Turbiedad	UTN	12.7	5.7	1.3	21.6	23.7	23.5
Dureza Total	mg/L	44	50	32	56	122	76
Dureza de calcio	mg/L	28	30	30	34	52	38
Dureza de magnesio	mg/L	16	20	2	22	70	38
Cloruros	mg/L	46	24	28	68	56	90
Sulfatos	mg/L	32	2.6	8	4	73	16
Fluoruros	mg/L	0.79	1.49	0.78	0.36	1.04	2.02
Nitrogeno de Nitritos	mg/L	0.009	0.024	0.024	0.31	0.018	0.019
Nitrogeno de Nitratos	mg/L	2.1	5.4	1.8	5	2.1	4.1
Parámetro en campo							
T° agua	C°	28.2	26	22.1	22.8	24.1	20.4
Conductividad	µs/cm	434	379	215.3	568	766	760
SDT	mg/L	218	191.6	23.7	287	365	380
Salinidad	unid. de sal	0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.4
pH	unid. de pH	5.76	6.72	6	8.27	7.78	7.97
Potencial Redox	mV	96.8	53.8	36.9	48.1	15.6	39.1
Transparencia	cm	0.39	6.4	290	7.94	40	20
OD	mg/L	33.3	24.5	4.35	25	6.72	6.3
T° ambiente	C°	0	1.1	15.7	25	26.7	17.7
Viento	m/s	0	0	5	0.4	1.4	4.2
Nubosidad	%	0	0	0	0	0	0
Altitud	m	792	1280	1548	1535	1512	1468
Presión atm.	hpa	13.43	12.66	12.25	12.27	12.31	12.37
Punto de evap. (DP)	%	17.8	18.8	5.4	17.7	17.4	10.5
Punto de rocío (WB)	C°	25.6	21	9.7	20.8	20	4.6
Humedad relativa	%	44	67.9	55	62.4	60.3	43

10.1 ANEXO II



Imagen 2. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa Santa Rosa.

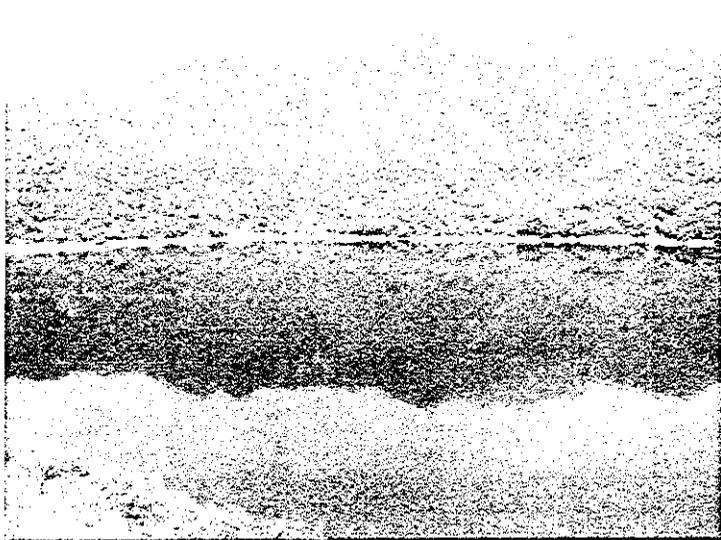


Imagen 3. Presa Santa Rosa.

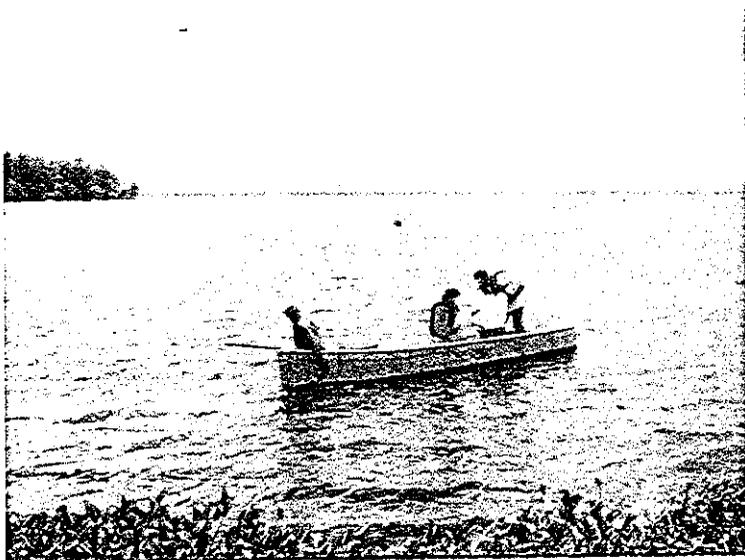


Imagen 4. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa La Vega.

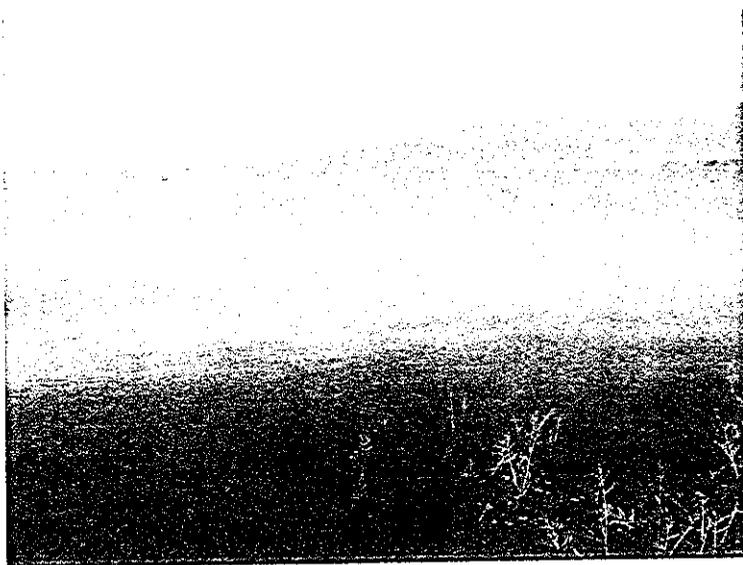


Imagen 5. Presa La Vega.



Imagen 6. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Presa Calderón.



Imagen 7. Presa Calderón.

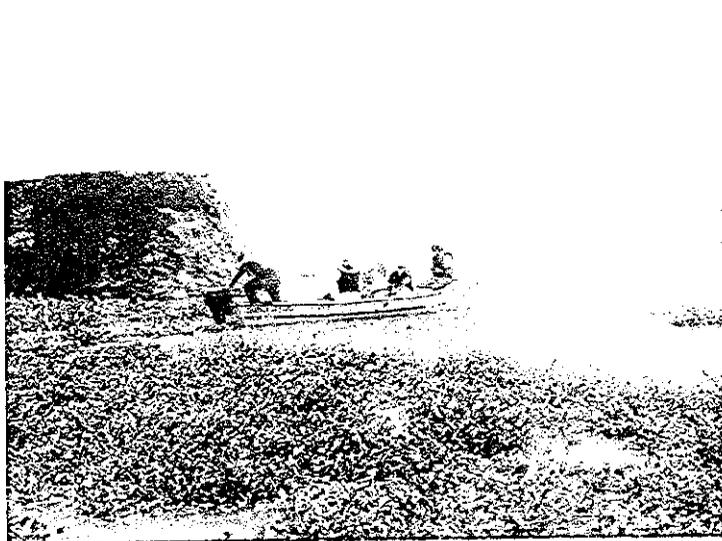


Imagen 8. Toma de muestra para análisis fisicoquimicos en Lago de Chapala.

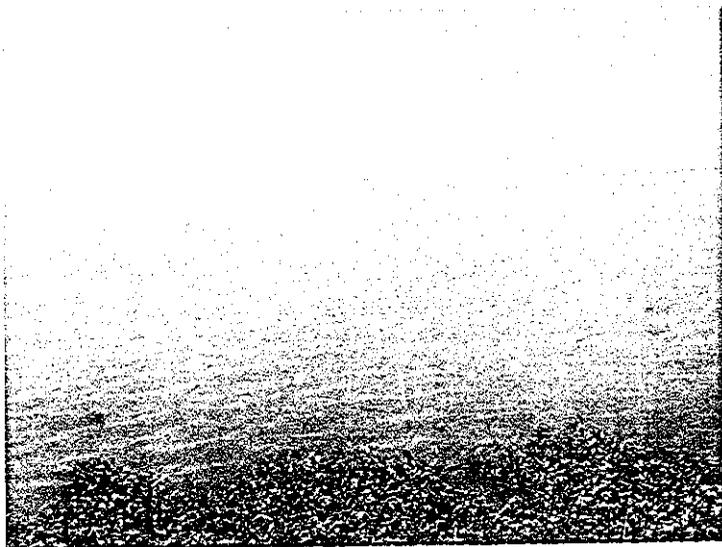


Imagen 9. Lago de Chapala.

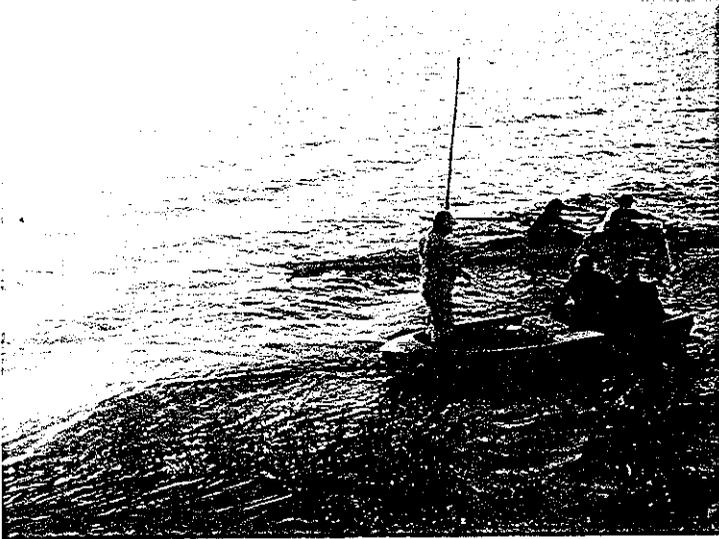


Imagen 10. Toma de muestra para análisis fisicoquímicos en Laguna de Zapotlán.

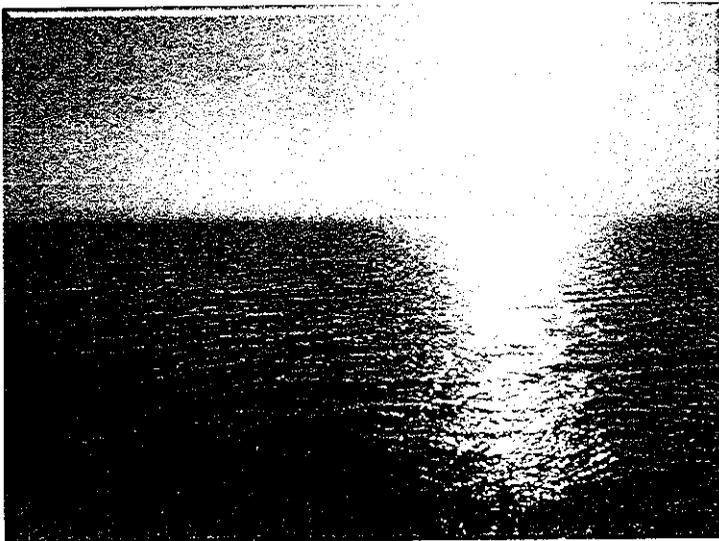


Imagen 11. Laguna de Zapotlán.