

2002 B - 2006 B
2002 B - 2007 A

399522968
397387117

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA DE CAJITILÁN, MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO, MÉXICO.

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE TESIS PARA
OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA.**

**PRESENTADO POR:
ERIKA ROBLES DÍAZ.
FABIOLA MONROY MANJARREZ.**

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Mayo 2009



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y
Agropecuarias

Coordinación de Titulación y Carrera de Licenciatura
en Biología
1019/ C. C. BIOLOGÍA

C. ERIKA ROBLES DÍAZ
C. FABIOLA MONROY MANJARREZ
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: **"CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA DE CAJITILAN, MUNICIPIO DE TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO, MÉXICO"** para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director / a de dicho trabajo el/la: **M en C. YOLANDA LÓPEZ ILLAN** y el asesor/es es el/la: **DRA . PATRICIA LANDEROS RAMÍREZ** y el/la: **DR. JAVIER GARCÍA VELASCO**.

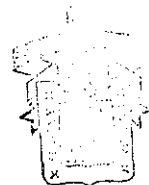
Sin más por el momento, le envío un caluroso saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan., 2 de Marzo del 2007.

DR. CARLOS ÁLVAREZ MOYA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

M en C. ISELA LETICIA ALVAREZ BARAJAS
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



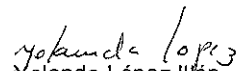
COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE LICENCIATURA EN BIOLÓGICA

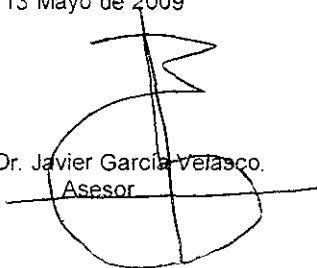
Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.
Presidente del Comité de Titulación.
Licenciatura en Biología.
CUCBA.
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad **Tesis e Informes**, opción **Tesis** con el título: "**Calidad de Agua en La Laguna de Cajititlán, Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México**" que realizaron las pasantes **Erika Robles Díaz** con número de código **399522968** y **Fabiola Monroy Manjarrez** con número de código **397387117**, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.



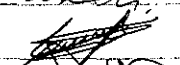
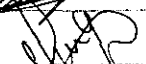
Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco, 13 Mayo de 2009


M. en C. Yolanda López Ilán.
Directora del trabajo.


Dr. Javier García Velasco.
Asesor


Dr. Patricia Landeros Ramírez.
Asesor.

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobación	Fecha de aprobación
M. en C. Víctor Bedoy Velázquez.		13/MAYO/2009
M. en C. Aurora Rosas Ramírez.		13/05/2009
M. en C. Gloria Parada Barrera.		13/05/2009
Supl. Dra. Martha Georgina Orozco Medina.		13/05/2009


21/05/10

AGRADECIMIENTOS.

A la M. en C. Yolanda López Illán, Dra. Patricia Landeros Ramírez, Dr. Javier García Velasco por habernos aceptado como unas más de sus discípulas, por contribuir con sus conocimientos, sus enseñanzas, por habernos guiado en este proceso y sobre todo por su paciencia. MUCHAS GRACIAS!!!

Gracias al Dr. Ricardo Alaniz de la O por habernos abierto las puertas del Laboratorio de Microbiología Alimentaria y el uso del equipo de dicho laboratorio, así como el adiestramiento en la técnica del análisis microbiológico y por el apoyo otorgado en el trabajo.

A nuestros sinodales: M. en C. Víctor Bedoy Velázquez, M. en C. Aurora Rosas Ramírez, M. en C. Gloria Parada Barrera, Dra. Martha Georgina Orozco Medina por haber aceptado ser parte de este proyecto y por las aportaciones valiosas que hicieron a este.

Al Laboratorio de Biotecnología del Departamento de Botánica y Zoología por su persistencia de que nos tituláramos: Dr. Mario Ruiz, Dr. Ramón Rodríguez, M. en C. Leticia Maya, Dr. Francisco Zamora, Dr. Pedro García y M. en C. José María Herrera. Por la confianza que tuvieron en nosotras para integrarnos a su equipo de trabajo y la experiencia laboral adquirida. Gracias por su colaboración, disposición y apoyo en la realización de este trabajo.

A Bety Rodríguez por todo su apoyo y ayuda a lo largo de todo este proceso, por habernos aguantado todas las veces (que fueron muchas) que íbamos a pedir su asesoría.

A todas y cada una de las personas que no mencionamos, pero que hicieron aportaciones valiosas a este trabajo.

AGRADECIMIENTOS DE ERIKA:

A DIOS por haberme otorgado la vida y ponerme en este mundo.

A mi mamá María Robles Díaz por el apoyo incondicional que siempre me ha dado. Gracias a su esfuerzo por sacarme adelante a pesar de ser madre soltera, de darme lo mejor de ella y también por aguantarme todos estos años. GRACIAS MAMI!! por haberme dado la vida, este trabajo es dedicado a tu esfuerzo, tu dedicación y a tu deseo de verme convertida en una profesional.

A mi compañera Faby por haber aceptado trabajar conmigo en esta tesis, por haberse esforzado, por todas sus ideas y jalones de orejas cuando se me "iban las cabras al monte" (que era muy seguido). Por haberme acompañado en todas mis locuras y hacerme segunda.

A mis abuelitos Antonio Robles† y Victoria Díaz† que aun a pesar de haber muerto hace varios años siempre fueron y seguirán siendo una fuente de inspiración en mi vida para seguir adelante en la vida y mis estudios.

A mi amiga de secundaria Rocío[†] (Bocho) que murió cuando estudiábamos la secu, el tiempo que compartimos fue increíble y además de que ella es otra de las inspiraciones para continuar mis estudios.

A mi tía Anita por haberme apoyado siempre y darme ánimos a lo largo de mi carrera y de mi vida. A mi primo Jorge que más que mi primo es mi hermano y a su familia: su esposa Rosa, a mis sobrinos Jorgito y Javier.

A toda la Familia Robles Diaz (tíos, primos, sobrinos) porque se que siempre me han estado presentes a lo largo de todos mis estudios.

A Rosalba, Isela y Brenda por ser mis amigas desde que empezamos la licenciatura, por haber aguantado todas mis locuras y las vagancias que les hacía. Y por haberse dejado sonsacar algunas veces por mí. Muchas gracias por todas sus regañadas, a las cuales a veces no hacía caso pero que sirvieron para mejorar como persona.

A todos mis maestros a lo largo de la carrera porque de cada uno de ellos aprendí a entender la Biología.

AGRADECIMIENTOS DE FABIOLA:

A mis padres que me vieron nacer, a mi familia por todo el apoyo recibido en todos los aspectos, sus enseñanza y sus buenas costumbres han creado en mí sabiduría y me han motivado a seguir adelante, haciendo que hoy tenga el conocimiento de lo que soy.

De manera particular manifiesto mi aprecio a mi compañera de tesis Erika, por haberme involucrado en este episodio de nuestras vidas, por ser un digno ejemplo de perseverancia.

A Sheila, Ulysses, Ernesto y Rocio por ser unos amigos increíbles y con quienes he compartido, tantas aventuras, experiencias, desveladas, triunfos y muchos momentos que siempre llevaré en mi corazón. Al bicho (tu ya sabes quien eres), que cada día me das ánimo para ser mejor profesional, y por tus ocurrencias que provocaban en mí un desestres. Gracias a cada uno por hacer que mi estancia fuera súper divertida, por seguir soportándome, ustedes han enriquecido mi vida con su cariño y alegría. Gracias por recordarme que hay personas valiosas en el mundo y gracias por estar en el mío.

En toda la experiencia universitaria y la conclusión del trabajo de tesis, hubo personas que merecen mi respeto y las gracias porque sin su valiosa aportación no hubiera sido posible este trabajo y también hay quienes las merecen por haber plasmado su huella en mi camino.

Índice.

Índice	1
Índice de figuras	2
Índice de tablas	3
1. Resumen	4
2. Introducción	5
3. Marco teórico	8
3.1 Agua superficial	8
3.2 Contaminación del agua superficial	9
3.2.1. Contaminación del agua superficial en México	9
3.2.2. Contaminación del agua superficial en Jalisco	10
3.3 Calidad del agua	12
3.4 Aspectos microbiológicos y fisicoquímicos y sus efectos a la salud	13
3.4.1. Alcalinidad	14
3.4.2. Cloruros	14
3.4.3. Coliformes totales y coliformes fecales	15
3.4.4. Color	15
3.4.5. Conductividad eléctrica	16
3.4.6. Dureza	16
3.4.7. Fluoruros	17
3.4.8. Nitritos y nitratos	18
3.4.9. Potencial hidrógeno (pH)	19
3.4.10. Sólidos disueltos totales (SDT)	19
3.4.11. Sulfatos	19
3.4.12. Temperatura	20
3.4.13. Turbiedad	20
4. Justificación	22
5. Objetivos	24
6. Materiales y Métodos	25
6.1. Localización del área de estudio	25
6.1.1. Características generales del área de estudio	25
6.2. Metodología	26
6.2.1. Identificación de puntos de muestreo	26
6.2.2. Obtención de muestras	27
6.2.3. Análisis en laboratorio	27
6.2.3.1. Análisis fisicoquímico	27
6.2.3.2. Análisis microbiológico	28
6.2.4. Análisis de resultados	29
6.2.4.1. Índice de Calidad del Agua (ICA)	30
6.2.4.2. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA)	30
7. Resultados	34
7.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	34
7.2. Índice de Calidad del Agua (ICA)	50
8. Discusión	53
9. Conclusiones	55
10. Recomendaciones	56
11. Bibliografía	57
12. Anexos	61

Índice de Figuras.

1.	Localización del área de estudio.....	25
2.	Localización de los puntos de muestreo en la Laguna de Cajititlán.....	27
3.	Procedimiento del análisis microbiológico.....	28
4.	Interpretación de los valores del ICA. León (1991).....	33
5.	Coliformes totales.....	34
6.	Coliformes fecales.....	34
7.	Turbiedad.....	35
8.	Color.....	35
9.	pH.....	36
10.	Fluoruros.....	36
11.	Nitritos.....	37
12.	Nitratos.....	37
13.	Cloruros.....	38
14.	Dureza total.....	38
15.	Alcalinidad total.....	39
16.	Sulfatos.....	39
17.	Conductividad eléctrica.....	40
18.	Sólidos Disueltos Totales (SDT).....	40
19.	Temperatura.....	41
20.	NMP de coliformes totales en promedio.....	41
21.	NMP de coliformes fecales en promedio.....	42
22.	Valores promedio de color.....	42
23.	Valores promedio de turbiedad.....	43
24.	Valores de nitritos.....	43
25.	Valores de nitratos.....	44
26.	Valores de cloruros.....	44
27.	Valores de dureza total.....	45
28.	Valores de alcalinidad total.....	45
29.	Valores de sulfatos.....	46
30.	Valores de fluoruros.....	46
31.	Valores de pH.....	47
32.	Valores de conductividad eléctrica.....	47
33.	Valores de sólidos disueltos totales.....	48
34.	Valores de temperatura.....	48
35.	Resultados del ICA en el punto 1.....	50
36.	Resultados del ICA en el punto 2.....	50
37.	Resultados del ICA en el punto 3.....	51
38.	Resultados del ICA en el punto 4.....	51
39.	Promedio del Índice de Calidad del Agua (ICA).....	52

Índice de Tablas.

1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en la Laguna de Cajititlán.....	26
2. Análisis de muestras con equipo HACH®.....	27
3. Otros parámetros evaluados.....	28
4. Límites permisibles de calidad del agua.....	29
5. Normalización de pH, conductividad y dureza total.....	30
6. Normalización de cloruros, sólidos disueltos totales y temperatura.....	31
7. Normalización de sulfatos, nitratos y nitritos.....	31
8. Normalización de color, turbiedad y fluoruros.....	31
9. Normalización de coliformes totales y coliformes fecales.....	32
10. Pesos asignados a los parámetros.....	32
11. Valores de los parámetros analizados en la Laguna de Cajititlán.....	49
12. Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 1.....	61
13. Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 2.....	61
14. Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 3.....	62
15. Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 4.....	62
16. Valores absolutos del ICA del muestreo 1 punto 1.....	63
17. Valores absolutos del ICA del muestreo 1 punto 2.....	63
18. Valores absolutos del ICA del muestreo 1 punto 3.....	64
19. Valores absolutos del ICA del muestreo 1 punto 4.....	64
20. Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 1.....	65
21. Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 2.....	65
22. Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 3.....	66
23. Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 4.....	66
24. Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 1.....	67
25. Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 2.....	67
26. Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 3.....	68
27. Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 4.....	68
28. Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 1.....	69
29. Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 2.....	69
30. Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 3.....	70
31. Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 4.....	70
32. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA).....	71

1. Resumen.

El propósito del presente estudio fue determinar la calidad del agua de la Laguna de Cajititlán ya que su contaminación pone en riesgo el futuro económico, turístico y ecológico de la zona, afectando el desarrollo comercial y las fuentes de empleo como lo son la pesca y los recorridos en lancha por la laguna; así como a la fauna del lugar.

Se llevaron a cabo cuatro muestreos, en cuatro puntos de la laguna; los cuales están ubicados frente a las poblaciones que se encuentran en la ribera de ésta: San Juan Evangelista (punto 1), San Lucas Evangelista (punto 2), entre Cuexcomatitlán y el Fraccionamiento Tres Reyes de Cajititlán (punto 3) y Cajititlán de los Reyes (punto 4); los cuales se llevaron a cabo de Noviembre del 2006 a Mayo del 2007. La toma de muestras se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993.

Se determinaron los siguientes parámetros: coliformes totales y coliformes fecales, color, conductividad eléctrica, fluoruros, turbiedad, sulfatos, nitritos, nitratos, sólidos disueltos totales (SDT), pH, cloruros, dureza total y temperatura; utilizando los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APWA, 1992) y a la Norma Oficial Mexicana correspondiente para cada parámetro.

Para la interpretación de los resultados se consideraron los criterios establecidos en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994 y los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua para la protección de vida de agua dulce, y se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA).

La turbiedad se encontró fuera del límite permisible en la Modificación a la NOM 127-SSA-1994 (<5 UTN) en cada uno de los puntos y muestreos realizados, registrándose valores de 26.3 a 62.2 UTN. Con respecto al color, se obtuvieron valores de 128 a 547 Esc. Pt-Co, los cuales excedieron el límite permisible en la Modificación a la NOM 127-SSA-1994 (<20 Esc. Pt-Co) y de los Criterios Ecológicos (<75 Esc. Pt-Co).

Los resultados de coliformes totales variaron de no detectables a 230 NMP/100 ml y para coliformes fecales de no detectables a 140 NMP/100 ml excediendo el límite permisible en la Modificación a la NOM 127-SSA-1994 (ausencia o no detectables) en la gran mayoría de los puntos muestreados; exceptuando el punto 1 en el muestreo 1 y en el punto 3 del muestreo 4.

Respecto al Índice de Calidad del Agua, los valores calculados promedio fueron de: 44.93, 42.95, 45.33 y 42.55 para los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: Fuertemente contaminada, de acuerdo a los lineamientos descritos por León (1991), donde indica que su uso para consumo humano es dudoso y para uso agrícola necesita tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.

2. Introducción.

El agua es una de las bases de la vida. Desde la creación del mundo todos los seres han necesitado de este elemento por formar parte de su composición, para su mantenimiento o bien como medio de vida (Seoánez *et al*, 1998).

Desde un punto de vista evolutivo, ecológico o fisiológico, el agua es esencial para todas las formas de vida. De esto se desprende que la disponibilidad de agua apta para el consumo, la preparación de alimentos, la higiene personal y doméstica, la agricultura o la producción de energía es esencial para garantizar la salud y el bienestar de los seres humanos.

La disponibilidad de agua permite establecer un medio higiénico que evita o limita la propagación de muchas enfermedades infecciosas tanto entre los seres humanos como entre los animales. Sin embargo, el agua es asimismo un importante vehículo de transmisión de muchas enfermedades que han afectado a los seres humanos durante siglos. Algunas enfermedades (por ejemplo, el cólera, la fiebre tifoidea o la shigelosis) se manifiestan principalmente en grandes y letales epidemias, pero otras (por ejemplo, muchas infecciones parasitarias) son principalmente endémicas, y producen efectos crónicos y debilitantes.

Tanto el exceso de agua (inundaciones) como su escasez o su calidad deficiente, afectan a la salud y el bienestar de los seres humanos.

Los agentes más importantes que contaminan el agua y los alimentos, se originan principalmente en las heces humanas o animales y pueden ser bacterias, virus, protozoarios o helmintos. Desde el punto de vista de la salud pública es conveniente clasificar las enfermedades relacionadas con el agua de conformidad con diversas consideraciones de salud ambiental. Un método de uso generalizado las divide en cuatro grupos: transmitidas por el agua, vinculadas con la falta de higiene, producidas por contacto con el agua y de transmisión por vectores de hábitat acuático. Un quinto grupo, el de las enfermedades diseminadas por el agua, se empieza a reconocer en los países desarrollados.

Los cuatro grupos de enfermedades asociadas con el agua que hemos señalado constituyen básicamente problemas de los países en desarrollo, aunque se manifiesten en brotes esporádicos en los países desarrollados. En estos últimos está surgiendo un quinto grupo de enfermedades relacionadas con el agua en el cual los agentes patógenos infectan a los seres humanos a través de las vías respiratorias. Los trofozoitos de las amibas *Naegleria fowleri* y *Acanthamoeba culbertsoni*, que habitan en cuerpos de agua dulce templados, pueden penetrar por las mucosas olfativas de los nadadores, proliferan en gran número en el huésped y a menudo causar una meningitis encefalitis mortal.

La enfermedad es una de las primeras consecuencias del déficit de agua, pero una cantidad suficiente de agua no basta por sí misma para proteger la salud. Desde un punto de vista cuantitativo, la inexistencia de agua, independientemente de su calidad, constituye una grave amenaza para la propia supervivencia. En las zonas urbanas, su escasez se asocia a una higiene personal insuficiente y secundariamente, a un aumento de las enfermedades transmitidas por vía fecal-oral o por contacto.

Aún disponiéndose de una cantidad de agua suficiente, el consumo de agua de calidad dudosa es causa directa de enfermedades que afectan a cientos de millones de personas, principalmente en los trópicos pero también en países desarrollados. Sus características físico-químicas, la mayor o menor dureza, la existencia de microorganismos o contaminantes físico-químicos, tienen o pueden tener graves repercusiones para la salud.

Entre las enfermedades de transmisión hídrica más conocidas figuran el cólera y otras enfermedades diarreicas, mientras que las parasitosis relacionadas con el agua comprenden las Esquistosomiasis, la dracunculosis, la oncocercosis y el paludismo (Mariscal *et al.*, 1995)

En el mundo, 1,8 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades diarreicas (incluido el cólera); un 90% de esas personas son niños menores de cinco años, principalmente procedentes de países en desarrollo. Cada año se producen 396 millones de casos de paludismo. La mayor parte de la carga de morbilidad se registra en el África, al sur del Sahara. Se calcula que 160 millones de personas padecen Esquistosomiasis, y 133 millones de personas padecen graves infecciones debidas a helmintos intestinales, que a menudo tienen consecuencias graves como alteraciones cognitivas, disenterías importantes o anemia. Esta enfermedad causa unas 9400 defunciones cada año. (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/).

En Bangladesh, entre 28 y 35 millones de personas consumen agua de bebida con elevados índices de arsénico. Se calcula que en Bangladesh existen 1,5 millones de casos de lesiones cutáneas relacionadas con la presencia de arsénico en el agua de bebida. En muchos países, como Argentina, Bangladesh, Chile, China, India, México, Tailandia y los Estados Unidos, se han encontrado aguas subterráneas contaminadas con arsénico. En China, más de 26 millones de personas padecen fluorosis dental debido a las altas concentraciones de fluoruro en el agua de bebida, y más de 1 millón de casos de fluorosis ósea que se pueden atribuir al agua de bebida (http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/).

En México las enfermedades diarreicas continúan siendo un problema grave en la población infantil. Estos padecimientos son causados por bacterias, virus y protozoarios patógenos que se dispersan a través de la ruta fecal-oral y que potencialmente pueden ser transmitidos por el agua de consumo, que se utiliza para diversas actividades en el hogar incluyendo la higiene personal, y a través del contacto primario con aguas recreativas que se encuentran contaminadas.

En México, las enfermedades diarreicas representan uno de los problemas de salud pública más importantes. En el 2000, se notificaron 5'184,776 casos de infecciones intestinales por todas las edades (de los cuales el 32 %, 1'623,251 casos corresponden a niños menores de cinco años), ocupando el segundo lugar entre las primeras veinte causas de morbilidad en el país, con una tasa de 5,206 por 100,000 habitantes.

Las enfermedades químicas, se asocian principalmente con la ingestión de sustancias tóxicas naturales o artificiales en concentraciones dañinas y se caracterizan por su localización específica, por ejemplo el hidroarsenicismo y la fluorosis (<http://www.cofepriis.gob.mx/bv/libros/Cap02.pdf>).

El deterioro de la calidad del agua es un gran problema que va en aumento, cuyas causas son conocidas en el mundo desarrollado pero generalmente no se toman en cuenta en los países en desarrollo (Delgado *et al*, 2006).

En México los problemas de calidad del agua son severos y tienen un fuerte rezago en su atención comparados con los relativos a la cantidad y a la provisión de servicios a la población. El monitoreo de la calidad del agua es un proceso que debe ser eficaz, regulado y actualizado. De la misma manera, la evaluación de la calidad del agua es indispensable para poder orientar esfuerzos que favorezcan el reuso del agua (http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=1158184482105_CALIDAD_72_81.pdf).

3. Marco Teórico.

El peligro más común y más difundido relativo al agua potable es el de su contaminación, sea esta directa o indirecta, debido al efecto de aguas servidas, de otros desechos o de la excreta del hombre o de los animales. Si dicha contaminación es reciente y entre los factores que contribuyeron a ella se hallan agentes portadores de enfermedades entéricas transmisibles, es posible que estén presentes algunos de los organismos vivos causales de las mismas. Beber agua así contaminada, o emplearla en la preparación de determinados alimentos puede producir mayor número de casos de infección (OPS, 1987).

De la contaminación de las corrientes superficiales son responsables las poblaciones, por medio de sus descargas directas y los lixiviados provenientes de sus depósitos de basura; las industrias, también en forma directa o por el depósito de sus residuos sólidos, lavado de emisiones atmosféricas y el arrastre de sus gases por el viento y la lluvia, que provocan el fenómeno de la "lluvia ácida"; y los campos de cultivo, además de otras fuentes naturales como las zonas inundables y pantanos y los volcanes, entre otros (Athié, 1987).

3.1. Agua superficial.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA1-1993 "Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados", el agua superficial es aquella que fluye sobre la superficie del terreno, o se almacena en cauces o embalses, sean naturales o artificiales.

A veces se ha considerado los lagos como mares en miniatura y, de hecho, tienen algunas semejanzas. Los lagos son masas de agua dulce o salada que se encuentran rodeados de tierras.

Generalmente, los lagos están conectados con un sistema fluvial que les provee de agua. Los hay que son una extraordinaria fuente de mantenimiento para las poblaciones vegetales, animales y humanas de sus riberas. Constituyen una buena reserva de agua dulce por lo que los humanos, desde los inicios de la civilización, hemos aprendido a construir lagos artificiales, que llamamos embalses o pantanos.

Los lagos son formas del paisaje que dependen de la región en que aparecen y que, a menudo, poseen una flora y fauna muy importantes. Si ocupan grandes extensiones de terreno se definen como mares interiores.

Los lagos pueden ser alimentados por uno o más ríos llamados emisarios. Por su parte, el río por donde desagua se le llama emisario. Si carece de emisario, entonces tanto al lago como a su cuenca se le reconocen con el término endorreico. Los lagos no suelen ser estructuras estables y por ello tienden a desaparecer. Generalmente reciben alimentación de agua de las precipitaciones, manantiales o afluentes (<http://www.astromia.com/tierraluna/lagos.htm>).

3.2. Contaminación del agua superficial.

La contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir por fuentes no puntuales y por fuentes puntuales.

La principal fuente no puntual de contaminación del agua es la agricultura. Los agricultores pueden hacer que las aguas superficiales no sean vertederos de fertilizantes y disminuir su infiltración a los mantos acuíferos, no utilizando cantidades excesivas de fertilizantes en tierras planas y evitar usarlos en las laderas.

Los ganaderos también pueden controlar la contaminación de los mantos acuíferos, al controlar el escurrimiento e infiltración de desechos animales en las granjas, así como, evitando utilizar terrenos con declive hacia las aguas superficiales cercanas. La desviación del escurrimiento de los desechos de los animales a estanques de retención, permitiría que esta agua rica en nutrientes sea bombeada y aplicada como fertilizante en tierras de cultivo y en bosques.

Las aguas negras y los desechos industriales arrastrados por el agua de fuentes puntuales no son tratados, en la mayoría de los países subdesarrollados y en algunos países desarrollados. En lugar de ser tratados, la mayoría de ellos son descargados a las corrientes de agua más cercanas o en lagunas de desechos donde el aire, la luz solar y los microorganismos degradan a los desechos, matan a algunas bacterias patógenas (causantes de enfermedades) y permiten que los sólidos se sedimenten. En las lagunas o estanques permanece el agua por lo menos 30 días.

En la mayoría de los países desarrollados, la mayor parte de los desechos de las fuentes puntuales se depuran, aunque en diferentes niveles de control. En áreas rurales y suburbanas con suelos adecuados, las aguas negras de las casas son descargadas, generalmente, en una fosa séptica (http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23682_208&ID2=DO_TOPIC).

3.2.1. Contaminación del agua superficial en México.

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2001, más del 70% de los cuerpos de agua del país presentaban algún indicio de contaminación. Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son la del Lerma-Santiago, la del Balsas, y las aguas del Valle de México y el sistema Cutzamala.

La sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado también que la calidad del agua se haya deteriorado, sobre todo por intrusión salina y migración de agua fósil (las que de manera natural, después de siglos, contienen sales y minerales nocivos para la salud humana) inducida por los efectos del bombeo, así como por contaminación difusa producida en las ciudades y zonas agrícolas. Por otra parte, el monitoreo de la calidad de los acuíferos es escaso y poco confiable (http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=1158165015102_RECURSOS_22_43.pdf).

Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (1998), la incidencia de enfermedades gastrointestinales debida a la contaminación del

agua por materia fecal afectaba seriamente a estados como Oaxaca, en donde se reportaban 54 muertes por cada 100 000 habitantes, una tasa 14 veces mayor a la de Nuevo León. En 1991 el cólera resurgió en México con 3 000 casos en 17 estados; en años subsecuentes, las entidades afectadas fueron 25 y se registraron entre 150 y 200 muertes cada año. Para 1996 el número de defunciones descendió de manera extraordinaria gracias a un programa nacional de cloración del agua, "Agua Limpia", que se estableció como respuesta a la reaparición del cólera, y que ha estado orientado a desinfectar el agua domiciliar, controlar la calidad del agua embotellada y del hielo manufacturado, mejorar la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales y prohibir el riego con aguas negras en aquellos cultivos de alimentos que se consumen crudos.

México ocupa el lugar 106 entre 122 países evaluados a partir de un indicador de calidad de agua por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Esta evaluación coloca a México como un país cuya calidad del agua debe ser una prioridad de la política hídrica.

A finales del año 2000 la CNA informaba que sólo 5% de los cuerpos de agua superficial del país presentaba una calidad excelente; 22% estaba en condiciones aceptables (es decir que un tratamiento convencional la convertía en potable); 49% se consideraba como poco contaminado, pero 24% presentaba tal grado de contaminación que resultaba prácticamente imposible darle algún uso directo, aunque se podría utilizar para usos indirectos. Esto implica que sólo 27% de las aguas superficiales mexicanas eran de calidad aceptable. Esta situación está asociada, en gran medida, con las descargas de aguas residuales sin tratamiento que reciben los cuerpos de agua, así como a la no evaluada contaminación difusa, lo cual ha ocasionado grados variables de contaminación (http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filena-me=1158184482105_CALIDAD_72_81.pdf).

3.2.2. Contaminación del agua superficial en Jalisco.

El problema de contaminación en el estado se presenta en la mayoría de las corrientes superficiales, destacando las siguientes:

a) La cuenca más afectada es el sistema Lerma-Chapala-Santiago, ya que en él se asientan importantes industrias de diferentes giros: tequileras, procesadoras de leche, químicas, etc. Se localizan en sus riberas unas cincuenta poblaciones de tamaño medio o superior que representan 15% de la población del estado y que descargan a esta cuenca sus desechos y aguas residuales negras, jabonosas, agrícolas e industriales; en la mayoría de los casos sin ningún tratamiento, impactando con ello dramáticamente todos los ecosistemas por donde corren las aguas de ese sistema fluvial.

b) La subcuenca del río Lerma presenta contaminación por aguas de retorno agrícola, desechos municipales e industriales de los estados por donde atraviesa el río. En el estado de Jalisco se aumenta la contaminación con la afluencia del río Santa Rita que trae aguas negras de las poblaciones de Ayotlán y Jesús María, y por las granjas porcícolas de Degollado.

c) El río Santiago, el más contaminado y explotado de Jalisco.

d) La subcuenca del río Santiago nace en el lago de Chapala y desemboca al occidente, en el Océano Pacífico; es el sistema hidrológico más explotado y contaminado de Jalisco, tiene un área de 12,238 km² y recibe una precipitación pluvial media de 870 mm anuales. Se le extraen 1,397 millones de m³ al año para diversos usos. Presenta, en su parte inicial, considerable contaminación debido a las industrias y poblaciones localizadas en sus márgenes y posteriormente es contaminado por las aguas residuales municipales e industriales descargadas de la zona metropolitana de Guadalajara, además de las poblaciones de Amatitán, Tequila, Arenal y Magdalena.

e) El río Zula, que es afluente del río Santiago, recibe las aguas municipales de las poblaciones de Arandas y Atotonilco el Alto y los desechos de industrias alimenticias y tequileras. Se presentan también descargas directas de aguas negras de la ciudad de Ocotlán.

f) La subcuenca río Verde, viene desde el estado de Aguascalientes, donde comienza su contaminación; en Jalisco, presenta contaminación proveniente de las poblaciones de la zona de los Altos, en especial de Encarnación de Díaz, Teocaltiche, Yahualica, San Miguel el Alto, San Julián y Villa Hidalgo. Este río tiene varios afluentes: el río Lagos que presenta contaminación por descargas de lecherías, desechos de establos y aguas negras de las poblaciones de Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos. El río Jalostotitlán, es contaminado por desechos municipales de la misma población.

g) El río Tepatitlán, recibe aguas negras de la población de Tepatitlán y aguas residuales agropecuarias de Acatic.

h) El río El Salto, presenta contaminación por aguas negras de la población del Valle de Guadalupe.

i) La subcuenca río Bolaños, abarca la zona norte del estado y recibe contaminación por la zona minera de Bolaños, principalmente por los derrames de las presas de jales, localizadas en la región.

j) La subcuenca cerrada lagunar, se localiza al suroeste del lago de Chapala, está formada por las lagunas de Sayula, Zacoalco, San Marcos, Zapotlán y la laguna de Atotonilco. Se considera prácticamente cerrada y con una problemática especial debido a que presentan elevada salinidad y la mayor parte del año están secas, además de que son un refugio invernal para aves acuáticas migratorias. La laguna de Atotonilco recibe desechos del ingenio de Bellavista y las aguas municipales de Villa Corona; la laguna de Zapotlán es contaminada con aguas negras de Ciudad Guzmán y Gómez Farías.

k) La cuenca río Tamazula-Tuxpan, recibe descargas de industrias como la fábrica de papel de Areniquique, los ingenios azucareros de Tamazula y Tecalitlán además de algunas fábricas de cal y cemento en Zapotiltic, además de aguas negras de las poblaciones de Tamazula, Zapotiltic y Tuxpan. Esta cuenca presenta una buena calidad de agua hasta antes de la población de Tamazula, degradándose después por las descargas antes mencionadas.

l) La cuenca del río Armería, tiene dos subcuencas principales en el estado:

- m) Subcuenca río Atengo-Ayutla-Ayuquila: impactado por aguas negras de las poblaciones de Atengo, Tenamaxtlán, Ayutla, Unión de Tula, Autlán y el Grullo, por desechos de los ingenios de Tenamaxtlán y El Grullo, y por aguas de retorno agrícola.
- n) Subcuenca río Tuxcacuesco: impactado por aguas negras de Tecolotlán, Juchitlán, Ejutla y Tonaya, y por desechos de las mezcaleras existentes en Tonaya y Tuxcacuesco.
- o) La subcuenca del río Marabasco-Cihuatlán, recibe desechos de la zona minera de Peña Colorada, principalmente por los derrames de las presas de jales existentes, no presenta buena calidad.
- p) La subcuenca río Purificación es impactada por aguas negras de las poblaciones de Purificación, Casimiro Castillo, aguas de retorno agrícola y desechos del ingenio de Casimiro Castillo.
- q) La subcuenca del río Tomatlán es impactado por la zona minera y principalmente por derrames de las presas de jales y por aguas de retorno agrícola.
- r) La cuenca de la Bahía de Banderas, recibe desechos de aguas negras de la población de Puerto Vallarta y de desarrollos cercanos, en forma directa o a través de los ríos Pitiyal y Cuale.
- s) En la cuenca del río Ameca, la contaminación es originada principalmente por aguas negras de las poblaciones de Tala, San Martín Hidalgo y Ameca, y por aguas de retorno agrícola, por desechos de los ingenios de Tala, Teuchitlán y Ameca; antes de esta zona el río presenta una calidad de agua deficiente. Este río tiene como afluente el río Mascota, contaminado por algunas sustancias químicas de la zona minera.

Hasta la fecha no se han detectado niveles considerables de contaminación en aguas costeras y marítimas, a excepción de algunas playas en las bahías de Banderas y Barra de Navidad, en la laguna interior de Barra de Navidad y en menor medida, en otras playas. Esta contaminación es causada principalmente por los mismos desarrollos habitacionales y turísticos allí existentes, por descargas directas de aguas negras en su mayor parte, sin tratar o tratadas en forma incompleta.

Respecto a la infestación de malezas acuáticas favorecidas por nutrientes provenientes de agroquímicos, así como por descargas, en el estado se han visto afectados el Lago de Chapala, la presa de La Vega, la laguna Colorada, la presa Coinan, la presa El Trigo, la presa Miraplanes, la laguna de Cajititlán, la presa Tacotán y la Trigomil, entre otras (http://semades.jalisco.gob.mx/06/agua_jalisco.htm).

3.3. Calidad del Agua.

Se considera contaminación cuando la composición o el estado del agua están modificados, directa o indirectamente ya sea por el hombre o por eventos de la naturaleza (Hutchinson, 1957). Los nutrientes son indispensables para la vida y la presencia de flora y fauna acuáticas y solo se dan en cuerpos de agua con un cierto nivel trófico. Cuando un río o un lago reciben 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 (Wetzel, 1981).

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 acuáticos. 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 (Margalef, 1986).

El origen de la contaminación es muy variado pero se pueden citar como causantes a los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas (accidentales o intencionales), los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenajes y el lavado de la atmósfera, entre otros (Jiménez, 2001).

La distinción entre criterios y normas de calidad del agua es bastante sutil, pero importante. Los criterios de calidad del agua pueden definirse como los niveles o concentraciones que debe respetarse para poder darle al agua un uso determinado. Por otro lado, las normas son los ordenamientos reglamentarios en cuanto a los niveles o concentraciones de contaminantes establecidos por una autoridad competente con el propósito de proteger o preparar el recurso para uno o más usos.

El manejo de la calidad del agua se mejora con la aplicación de normas de calidad para cuerpos receptores y descargas de aguas residuales. Las normas de calidad de los cuerpos de agua involucran un sistema de clasificación basado en el uso actual y potencial del líquido. La reglamentación vigente fija también un procedimiento para establecer las características de las descargas de aguas residuales para que con base en la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo receptor pueda darse al agua el uso previsto sin derrimento de la salud o del equilibrio ecológico (Athié, 1987).

3.4. Aspectos microbiológicos y fisicoquímicos y sus efectos a la salud.

El agua puede contener sustancias que hacen que se convierta en causa de enfermedad cuando se utiliza para satisfacer las necesidades biológicas; además de que puede ser inadecuada para satisfacer otras necesidades, causando un perjuicio económico actuando como factor limitativo del desarrollo económico-social, además de los efectos negativos sobre el ecosistema. El agua en la naturaleza suele contener una serie de elementos que pueden tener un gran interés sanitario. Las aguas naturales, tanto superficiales como profundas, constituyen soluciones más o menos concentradas de gases y sales minerales, en equilibrio con la atmósfera, además de partículas sólidas en suspensión.

La incorporación de sustancias al agua puede llevar a establecer el concepto de contaminación, definida por la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa como "Cualquier alteración en la composición o estado del agua, consecuencia directa o indirecta de las actividades humanas, haciéndola menos conveniente para su uso" (Mariscal *et al*, 1995).

Se debe de tener en cuenta que al referirse a los perjuicios que puede causar la contaminación del agua, no se puede hablar sólo de los directos, ya que los daños pueden darse de forma indirecta como consecuencia de: riesgos ambientales, eutrofización, contaminación de alimentos etc. Este hecho conduce a la definición de unos criterios que garanticen a la población un suministro de agua de calidad adecuada (Mariscal *et al*, 1995).

3.4.1. Alcalinidad.

La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos. La alcalinidad de las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir. Los bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad, puesto que se forman en cantidades considerables por la acción del bióxido de carbono sobre materia básica del suelo. Otras sales de ácidos débiles, tales como boratos, silicatos y fosfatos pueden estar presentes en pequeñas cantidades. En aguas anaeróbicas o contaminadas se pueden producir sales de ácidos débiles como el ácido acético, propiónico y sulfuros de hidrogeno, que podrían contribuir a la alcalinidad. En otros casos el amoníaco o los hidróxidos pueden colaborar en la alcalinidad total del agua.

Aunque muchos compuestos pueden contribuir a la alcalinidad del agua natural, la mayor parte es causada por tres grandes grupos que pueden ser clasificados de acuerdo con sus altos valores de pH, como sigue: (1) hidróxido, (2) carbonato y (3) bicarbonato.

Como se sabe, la alcalinidad tiene poca importancia en la salud pública. En las aguas muy alcalinas usualmente tienen sabor desagradable y el consumidor tiende a buscar otras fuentes. Las aguas químicamente tratadas algunas veces tienen pH alto, el cual ha sido objetado por parte de los consumidores. Por estas razones se han establecido patrones generalizados para las aguas químicamente tratadas; tales patrones, relacionados con la fenoltaleína y la alcalinidad total (Sawyer, 2001).

3.4.2. Cloruros.

Los cloruros tienen muchas formas de acceso a las aguas naturales. El poder solvente del agua disuelve los cloruros de la capa superficial del suelo y de las formaciones más profundas.

Las aguas de riego que retornan con alta salinidad tienden a aumentar el contenido de cloruro de las aguas superficiales en las que confluye. Las excretas humanas especialmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a los que se consumen en los alimentos y el agua. El promedio de esta cantidad es cerca de 6 g de cloruros por persona por día, y aumenta la cantidad de Cl⁻ de las aguas residuales municipales aproximadamente 15 mg/L además del que contiene el agua que los transporta. En consecuencia los efluentes de agua residuales agregan una considerable cantidad de cloruros a las corrientes que los reciben. Muchos desechos industriales contienen cantidades apreciables de cloruro.

Los cloruros a concentraciones moderadas no ofrecen peligros para los humanos. Las concentraciones mayores de 250 mg/L dan un sabor salado al agua, que es rechazado

por muchas personas. Por esta razón los cloruros se limitan a 250 mg/L en los abastecimientos destinados para uso público. En muchas áreas del mundo donde son escasos los abastecimientos de agua, para el uso domestico se utilizan fuentes de agua que contienen hasta 2000 mg/L sin que produzcan efectos adversos una vez que los sistemas humanos se han adaptado al agua.

Los cloruros se pueden medir fácilmente por procedimientos volumétricos que emplean indicadores internos. La mayoría de las veces es apropiado el método de Mohr, que emplea el Nitrato de Plata (AgNO_3) y el Cromato de Potasio (K_2CrO_4) como indicador (Sawyer, 2001).

3.4.3. Coliformes totales y coliformes fecales.

La contaminación fecal del agua potable puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades y portadores de tipo microbiano que puedan existir en ese momento en la comunidad. Las bacterias patógenas intestinales se hayan diseminadas a lo largo y ancho del planeta. Estos organismos pueden ser causantes de enfermedades cuyo índice de gravedad va desde ligera gastroenteritis hasta casos graves y, a veces fatales, de disentería, cólera o tifoidea (OPS, 1987).

La definición del grupo coliforme los describe como "bacterias aerobias o facultativamente anaerobias, Gram negativas, no esporuladas, que fermentan la lactosa con producción de gas dentro de las 48 hrs de incubación a 35°C (Fernández, 1981).

Desde hace tiempo se reconoce que los organismos del grupo coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua potable, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua. Entre ellos se encuentran las especies *Escherichia coli*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Los coliformes fecales o termorresistentes son los organismos que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44.0° o 44.5°C; entre ellos se encuentran los del género *Escherichia* y, en menor grado, algunas cepas de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*. De todos estos microorganismos, solo los *E. coli* tienen un origen específicamente fecal, pues están siempre presentes en grandes cantidades en las heces humanas, de los animales y de los pájaros, y rara vez se encuentran en el agua o el suelo que no hayan sufrido algún tipo de contaminación fecal (OPS, 1987).

3.4.4. Color.

El material colorante resulta del contacto del agua con detritus orgánico como hojas, agujas de coníferas y madera, en diversos estados de descomposición. Está formado por una considerable variedad de extractos vegetales. Se considera que las principales fuentes de color son los taninos, el ácido húmico y los humatos, que provienen de la descomposición de la lignina. El hierro algunas veces está presente como Humato Férrico, que produce una coloración de alta intensidad.

Las aguas superficiales pueden parecer altamente coloreadas debido a la presencia de materia pigmentada en suspensión, cuando en realidad el agua no tiene color. El color causado por la materia en suspensión es llamado color aparente y es diferente al color debido a extractos vegetales y orgánicos, que son coloidales, al que se llama color real.

Las aguas superficiales pueden tomar color por contaminación con aguas residuales altamente coloreadas.

Por lo general se considera que las aguas que contienen materia coloreada derivada de sustancias naturales sometidas a degradación no tienen propiedades tóxicas o peligrosas. Sin embargo, los materiales de coloración natural dan al agua un aspecto amarillo-marrón, algo parecido a la orina, y existe una renuencia natural por parte de los consumidores a tomar esta agua por las asociaciones a que dan lugar (Sawyer, 2001).

3.4.5. Conductividad eléctrica.

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición.

La conductividad se mide como resistividad, de la cual el recíproco de ésta es la conductancia, que mide la capacidad para conducir una corriente y se expresa en ohmios recíprocos o mhos, siendo más frecuente la expresión micromhos por centímetro cuadrado ($\mu\text{mhos}/\text{cm}^2$). En el Sistema Internacional de Unidades (SIU), el recíproco del ohmio es el Siemen (S) y la conductividad se expresa en milisiemens por metro (mS/m); $1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{mhos}/\text{cm}$. Para expresar resultados en unidades SIU se dividen $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ por 10.

Las aguas naturales y potables oscilan generalmente entre 50 y 1.500 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$, mientras que algunos residuos industriales, metálicos principalmente llegan a tener 10.000 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$. En el agua la conductividad elevada puede intervenir en los equilibrios químicos, efectos fisiológicos en plantas y animales, tasas de corrosión, etc. Se suele presentar una correlación entre los valores de conductividad y sólidos disueltos, llegando incluso a obtener factores de proporcionalidad en ciertos cuerpos de aguas (García, 2001).

3.4.6. Dureza.

Las aguas duras son aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y además, producen costras en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las que se aumenta materialmente la temperatura del agua. La dureza de las aguas varía considerablemente en los diferentes sitios. En general, las aguas superficiales son más blandas que las aguas profundas. La dureza de las aguas refleja la naturaleza de las formaciones geológicas con las que el agua ha estado en contacto (Sawyer, 2001).

Dentro de los caracteres físico-químicos tiene una gran importancia, que expresa, de forma conjunta, las concentraciones de calcio y magnesio presentes en el agua. La dureza puede ser:

- Dureza total: indica el contenido de calcio y magnesio.
- Dureza cálcica: representa el contenido en calcio.
- Dureza carbonatada o temporal: indica el contenido de calcio y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos.

- Dureza no carbonatada o permanente: indica el contenido de calcio y magnesio en forma de sulfatos, cloruros, nitratos, etc.

Aunque se han formulado hipótesis sobre una correlación inversa entre la dureza de las aguas y la mortalidad debida a enfermedades cardiovasculares, mientras que otras señalan una relación directa entre dureza y litiasis renal, lo cierto es que las consecuencias de presencia de calcio y magnesio tienen un marcado carácter económico (precipitan los jabones aumentando su consumo, dificultan la cocción de las legumbres por formación de pectatos insolubles, dan lugar a la formación de incrustaciones, producen mayor desgaste de la ropa, etc.

No obstante la importancia del magnesio en la dieta se está considerando actualmente. Desde comienzos de siglo existe una disminución del consumo de cereales, que son la fuente más abundante de magnesio y el refinado y procesamiento de éstos. Para el hombre y la mujer de tipo medio se recomienda una ingesta diaria de 420 y 330 mg respectivamente. El déficit de magnesio favorece la hipertensión y el suplemento en la dieta provoca disminuciones de la tensión arterial (Mariscal *et al*, 1995).

3.4.7. Fluoruros.

El fluoruro es un elemento bastante común y representa aproximadamente 0.3 g/kg de la corteza terrestre. Existe en forma de fluoruros en diversos minerales, de los cuales es el espato de flúor o fluorita, la criolita y la fluorapatita son las más comunes; muchas rocas contienen minerales de fluoruro.

En muchos tipos de aguas se encuentran trazas de fluoruros y las concentraciones más altas se asocian generalmente con las fuentes de agua subterránea. En áreas ricas en minerales que contienen fluoruro, por ejemplo la fluorapatita, las aguas de pozo pueden contener hasta alrededor de 10 mg/L F⁻, y aún más. El nivel natural más alto que se conoce llega a 2800 mg/L. La mayoría de las aguas contienen menos de 1 mg/L F⁻. Los fluoruros algunas veces pueden llegar al agua de un río como resultado de las descargas industriales.

El flúor es un elemento esencial para algunas especies animales; en especial mejoran los índices de fertilidad y crecimiento como resultado de dosis relativamente pequeñas de flúor.

En dosis elevadas el fluoruro es altamente tóxico para el ser humano. Los cambios patológicos comprenden gastroenteritis hemorrágica, nefritis aguda toxica, y grados diversos de lesión al hígado y al músculo cardíaco. La dosis letal es de unos 5 g como fluoruro de sodio, es decir, aproximadamente 2 g de fluoruro. En los animales, ha podido observarse una variedad de síntomas graves como resultado de la exposición ambiental al fluoruro en áreas muy contaminadas.

Los efectos crónicos en el hombre como resultado de una exposición intensa están relacionados, principalmente, con el moteado de los dientes y la fluorosis, en la que la estructura ósea se ve afectada, a veces hasta un grado muy alarmante, produciendo casos de invalidez. Asimismo han podido observarse efectos crónicos en los riñones, generalmente en personas que sufren trastornos renales. Otros problemas menos comunes, que incluyen efectos sobre la tiroides, se sabe que son resultado de altos

niveles de exposición. Los signos y síntomas iniciales de la intoxicación son vómitos, dolor abdominal, náuseas, diarrea e incluso convulsiones (OPS, 1987).

3.4.8. Nitratos y Nitritos.

El nitrato y el nitrito se consideran en forma conjunta debido a que la conversión de una forma a otra se produce en el ambiente. Generalmente, los efectos del nitrato sobre la salud son consecuencia de su rápida conversión en nitrito dentro del organismo.

Los nitritos también se presentan de manera bastante difundida, pero, por lo general, a niveles mucho más bajos que los nitratos. Los nitratos son producto de la oxidación del nitrógeno orgánico por las bacterias presentes en los suelos y en el agua, cuando el oxígeno presente es suficiente. Los nitritos se forman por oxidación bacteriana incompleta de nitrógeno inorgánico. Uno de los usos principales del nitrato es como fertilizante; sin embargo, la mayor parte de otros fertilizantes que contienen nitrógeno, se convertirán en nitrato al entrar en contacto con el suelo. El uso principal de los nitritos es como preservativo de alimentos, generalmente bajo la forma de sal de sodio o de potasio. Algunos nitratos y nitritos se forman cuando los óxidos de nitrógeno, producido por la acción de descarga de relámpagos o por vía de fuentes resultantes de la acción del hombre, son drenados, "lavados" totalmente por la lluvia. Los nitratos y algunos nitritos también se producen en el suelo como resultado de la descomposición bacteriana del material orgánico, tanto vegetal como animal.

El uso de fertilizantes, la materia descompuesta de origen vegetal y animal, los efluentes domésticos, la eliminación de lodos cloacales, las descargas industriales, las filtraciones de "vaciaderos" y el arrastre del agua pluvial, todos ellos que contribuyen a la presencia de estos iones en las fuentes de agua.

La mayoría de los niveles más altos de nitrato se encuentran en las aguas subterráneas; los nitratos presentes en las aguas superficiales tienden a disminuir por acción de las plantas acuáticas. (OPS, 1987).

Son dos iones de una gran importancia en las aguas de consumo, ejerciendo un efecto negativo en la salud, con acciones tóxicas y con un importante papel en la génesis del cáncer. De una forma general, se pueden esquematizar las acciones de los nitritos en tres clases fundamentales:

1. Metahemoglobinizante.
2. Vasodilatadora.
3. Nitrosante.

Los nitratos son fácilmente reducidos a nitritos mediante acción biológica de determinadas bacterias que poseen nitroreductasas y los nitritos intervienen en algunas reacciones importantes desde un punto de vista sanitario, dando reacciones de diazotación y en ciertas condiciones, originan nitrosaminas.

También los nitratos y nitritos originan nitrosaminas al reaccionar con aminas secundarias de origen alimentario, habiéndose demostrado mediante experimentación animal que poseen una fuerte acción cancerígena. Por otra parte, los nitritos ejercen sobre el sistema cardiovascular un efecto vasodilatador periférico (Mariscal *et al*, 1995).

3.4.9. Potencial Hidrogeno (pH).

El pH es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrogeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrogeno (Sawyer, 2001).

Sin embargo, hemos de señalar la escasa repercusión de este parámetro en la salud, y las connotaciones, sobre todo de tipo económico, al intervenir como un importante parámetro en los procesos de corrosión, dando lugar a la solubilización de metales de las conducciones que pueden ser tóxicos.

Otro aspecto importante de pH es su influencia en los distintos procesos de tratamiento (desinfección, ablandamiento, coagulación-floculación). Generalizando, se puede decir que cuando el pH es inferior a 7, se pueden producir corrosiones de los metales del sistema de distribución, aumentando a medida que disminuye el pH. De otra parte, cuando es superior a 8 hay una disminución progresiva de la eficacia de la cloración (Mariscal *et al*, 1995).

3.4.10. Sólidos Disueltos Totales (SDT).

El total de sólidos disueltos en el agua puede deberse a fuentes naturales, descargas de efluentes de aguas servidas, escurrimientos urbanos o descargas de desechos industriales.

No existe evidencia de que se produzcan reacciones fisiológicas nocivas en personas que consumen agua potable proveniente de abastecimiento que tienen niveles de SDT en exceso de 100 mg/L. Al parecer los resultados de ciertos estudios epidemiológicos sugieren que los SDT en el agua potable tener incluso efectos benéficos a la salud. El agua con niveles extremadamente bajos de SDT también puede ser inaceptable debido a su sabor insulso e insípido (OPS, 1987).

3.4.11. Sulfatos.

La mayoría de los sulfatos son solubles en el agua, con excepción de los sulfatos de plomo, bario y estroncio. El sulfato disuelto se considera como un soluto permanente del agua. Sin embargo, se puede reducir a sulfuro, volatizando al aire como H₂, precipitado como una sal insoluble o incorporada en organismos vivos.

Los sulfatos llegan al medio acuático por los desechos provenientes de una multiplicidad de industrias. El bióxido de azufre atmosférico (SO₂), que se forma por la quemadura de combustibles fósiles y se emite por los métodos de calcinación metalúrgica puede también contribuir al contenido de sulfatos del agua superficial. El trióxido de azufre (SO₃), que se produce por la oxidación fotocatalítica o catalítica del bióxido de azufre, se combina con el vapor del agua y forma el ácido sulfúrico, que se precipita como "lluvia ácida" o nieve.

El sulfato en el intestino humano se absorbe muy poco; penetra lentamente las membranas celulares de los mamíferos y se elimina rápidamente por los riñones.

La dosis mínima letal que se ha informado del sulfato de magnesio en los mamíferos es de 200 mg/kg de peso corporal. Las dosis de 1.0-20.0 g tienen un efecto catártico en las personas, dando como resultado la purga del canal alimentario. Cuando los lactantes ingieren sulfato equivalente a 21 mg/kg de peso corporal al día, también pueden sufrir el mismo efecto. El sulfato de magnesio en concentraciones por encima de los 1000 mg/L actúa como purgante en los individuos normales, pero las concentraciones más bajas, al parecer, son inocuas desde el punto de vista fisiológico.

Las concentraciones elevadas de sulfato en el agua pueden contribuir a la corrosión de los metales en el sistema de distribución, sobre todo en aguas con un bajo índice de alcalinidad (OPS, 1987).

3.4.12. Temperatura.

La temperatura a que se encuentra un agua es un factor clave para poder determinar cuál va a ser su comportamiento ante distintos tipos de alteraciones.

Un primer aspecto dependiente de la temperatura va a ser el grado de solubilidad que presenten las distintas sustancias solubles. Por regla general podemos decir que la solubilidad de la mayoría de las sales en agua aumenta como consecuencia de una elevación de la temperatura. La solubilidad de los gases experimenta una variación opuesta a la de las sales, es decir, disminuye al producirse un aumento de la temperatura.

Otro aspecto que depende de la temperatura es la velocidad y el rendimiento de casi todas las reacciones biológicas que se llevan a cabo en medio acuoso. Todos estos procesos, en los que intervienen microorganismos como agentes biodegradantes, tienen un intervalo de temperaturas dentro del cual su rendimiento es óptimo, de la misma forma que existen temperaturas críticas más allá de las cuales no puede haber actividad biológica.

Debido a la importancia que, como hemos visto, tiene la temperatura del agua debemos controlar las causas que puedan modificarla significativamente. En este sentido, juegan un papel importante los vertidos industriales que llevan aguas utilizadas en intercambios de calor en diferentes etapas de los procesos industriales y que son eliminadas directamente, provocando graves desequilibrios en los ecosistemas (Seoáñez *et al.*, 1997).

3.4.13. Turbiedad.

La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través del agua. La turbiedad del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. La correlación de la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos en suspensión es difícil de establecer, ya que en la dispersión luminosa también intervienen el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas. La turbiedad es un factor importante en los cuerpos de agua, ya que determina la extensión

de superficie fótica aprovechable en actividades fotosintéticas, al establecer un gradiente de dispersión de la luz a través de la columna de agua, determinando la capacidad productiva del cuerpo o curso de agua. La transparencia del agua es importante para la elaboración de productos destinados al consumo humano y para numerosos usos industriales (García, 2001).

La determinación de la turbiedad es de gran importancia en aguas para consumo humano y en una gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas. Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua (Romero, 2005).

Una turbiedad excesiva puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de bacterias en el agua y, de por sí, ejercer una significativa demanda de cloro (OPS, 1987).

4. Justificación.

La contaminación de las aguas continentales, de los lagos y ríos, tradicionalmente es provocada por la introducción de aguas residuales, con alta concentración de compuestos orgánicos biodegradables. Con el auge de las actividades industriales y de otros medios de producción, como son la tecnificación de las industrias agropecuarias, la contaminación tiende a aumentar.

A esta carga de contaminación se añaden otras que acentúan aun más el peligro representado por los desechos orgánicos e inorgánicos, como el empleo de fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, metales pesados y otros compuestos en extremo nocivos a los ecosistemas y al hombre.

Al incrementar la población humana, y con el surgimiento de grandes centros urbanos, agropecuarios e industriales, se ha acentuado aun más la contaminación del agua ocasionando perjuicios a los ecosistemas acuáticos y a la salud pública; por lo que ha sido necesario incrementar las investigaciones para ver los posibles medios con que contrarrestar la contaminación.

Tanto las grandes urbes como las medianas y pequeñas utilizan agua para evacuar desechos y en su mayor parte no cuentan con sistemas de tratamiento para aguas residuales, de modo que estas, al ser vertidas crudas o parcialmente tratadas a los cuerpos receptores, los contaminan. Esta contaminación se acentúa en la época de estiaje (marzo a mayo), en que los caudales de los ríos disminuyen y el volumen del agua de presas y lagos es el mínimo durante el ciclo anual de secas y lluvias (Guzmán *et al*, 1992).

Los lagos y lagunas, además de ser ecosistemas en los cuales se desarrollan múltiples eventos que conjugan factores ambientales, biológicos y químicos, son una fuente importante de agua potable, para la agricultura, para la producción de energía, la acuicultura y pesca, proveen un medio de transporte, oportunidades para la recreación y, lamentablemente, lugares para la disposición de residuos (García, 2001).

La calidad del agua es un factor determinante de la salud pública y de los ecosistemas, que restringe la oferta de agua y su distribución potencial para los diferentes usos. El agua está asociada a la transmisión de enfermedades que afectan la salud humana, ya sea por ingestión directa o mediante la contaminación de alimentos, por lo que su calidad está absolutamente relacionada con la calidad de vida de la población (http://www.imacmexico.org/file_download.php?location-S_U&filename=1158184482105_CALIDAD_72_81.pdf).

La Laguna de Cajititlán, es el cuerpo de agua más importante de la zona, pertenece a la región hidrológica número 12, de la denominada cuenca Lerma-Chapala-Santiago; el Arroyo de Los Sabinos es su principal abastecedor de agua, además de una serie de arroyos de temporal, que bajan tanto de la Sierra El Madroño como de los drenes de otros cerros ubicados en sus alrededores. Entre éstos se encuentra el Arroyo Hondo y el Arroyo del Puente en Cajititlán, El Arroyo de San Juan Evangelista y el Arroyo Grande de San Lucas Evangelista. También, se encuentran las presas de La Arena y Cruz Blanca, así como otros embalses artificiales en los terrenos comunales de Cuexcomatitlán y Cajititlán (Rico, 2001). Situadas en la ribera de la Laguna encontramos las poblaciones de Cajititlán de los Reyes, Cuexcomatitlán, San Lucas Evangelista y San Juan

Evangelista. Su agua es utilizada para riego, siendo un recurso importante para la población (Cruz, 1993).

Existen plantas de tratamiento alrededor de la Laguna; las cuales no se encuentran en funcionamiento y están en deplorables condiciones físicas, como consecuencia de esto las aguas residuales que se vierten al vaso lacustre no llevan tratamiento previo.

La Laguna de Cajititlán es de gran valor económico, turístico y ecológico, sin embargo existe poca información sobre ella, por lo que es importante conocer la calidad del agua de esta laguna, ya que una alta contaminación afectaría ecológicamente a las especies de flora y fauna que habitan en ella, además de los problemas de salud que podrían presentar los pobladores de su ribera.

5. Objetivos.

Objetivo general:

- Evaluar la calidad del agua en La Laguna de Cajititlán Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México.

Objetivos particulares:

- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua en la Laguna de Cajititlán en cuatro puntos.
- Determinar la cantidad de coliformes totales y coliformes fecales con la técnica del Numero Más Probable (NMP) en el agua de la Laguna.
- Evaluar la calidad del agua mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA).

6. Materiales y Métodos.

El presente trabajo se realizó en un periodo de 7 meses, en el Laboratorio de Salud Ambiental, del Departamento de Ciencias Ambientales, en el Laboratorio de Fisicoquímica Alimentaria y el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara.

6.1. Localización del área de estudio.

El muestreo se llevó a cabo en la Laguna de Cajititlán, la cual se localiza en la región central del Estado de Jalisco, bajo la jurisdicción del Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, al sureste de la ciudad de Guadalajara (Figura 1).

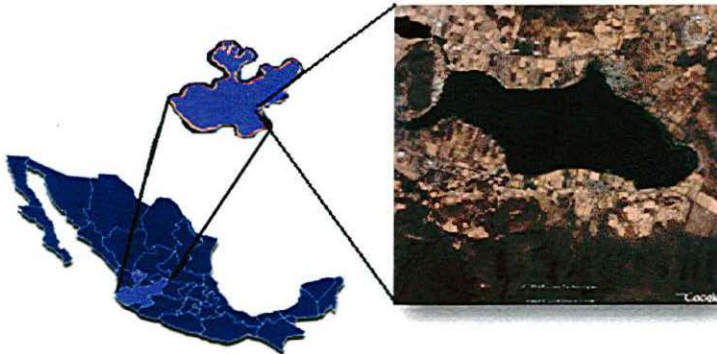


Figura 1.- Localización del área de estudio.

6.1.1. Características generales del área de estudio.

La Laguna de Cajititlán, se ubica entre las coordenadas $20^{\circ} 23'48''$ y $20^{\circ} 28'11''$ de Latitud Norte y a los $103^{\circ} 14'290''$ y $103^{\circ} 27'38''$ de Latitud Oeste.

La Laguna de Cajititlán por no tener una salida natural, se le considera endorreica, tiene un área aproximada de 14.3 Km^2 con una longitud máxima noroeste-sureste de 7.5 Km^2 , de ancho tiene una distancia noreste-suroeste de 2 Km^2 , con una profundidad promedio de 1.69 m .

La Laguna de Cajititlán, es el cuerpo de agua más importante de la zona, pertenece a la región hidrológica número 12, de la denominada cuenca Lerma-Chapala-Santiago; el Arroyo de Los Sabinos es su principal abastecedor de agua, además de una serie de arroyos de temporal, que bajan tanto de la Sierra El Madroño como de los drenes de otros cerros ubicados en sus alrededores. Entre éstos se encuentra el Arroyo Hondo y el

Arroyo del Puente en Cajititlán, El Arroyo de San Juan Evangelista y el Arroyo Grande de San Lucas Evangelista. También, se encuentran las presas de La Arena y Cruz Blanca, así como otros embalses artificiales en los terrenos comunales de Cuexcomatitlán y Cajititlán (Rico, 2001). Situadas en la ribera de la Laguna encontramos las poblaciones de Cajititlán de los Reyes, Cuexcomatitlán, San Lucas Evangelista y San Juan Evangelista. Su agua es utilizada para riego, siendo un recurso importante para la población (Cruz, 1993).

6.2. Metodología.

La metodología se llevó a cabo en las siguientes etapas: identificación de puntos de muestreo, obtención de muestras, análisis en laboratorio y análisis de resultados.

6.2.1. Identificación de puntos de muestreo.

El muestreo se llevó a cabo en cuatro puntos de la laguna. En la tabla 1 se muestran las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos muestreados, los cuales están ubicados frente a las poblaciones que se encuentran en la ribera de ésta: San Juan Evangelista (1), San Lucas Evangelista (2), entre Cuexcomatitlán y Fraccionamiento Tres Reyes de Cajititlán (3), y Cajititlán de Los Reyes (4) (Figura 2).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo en la Laguna de Cajititlán.

Punto	Población	Coordenadas Geográficas
1	San Juan Evangelista	N 20° 24' 52.8" W 103° 18' 47.2"
2	San Lucas Evangelista	N 20° 25.3' 03" W 103° 19' 56"
3	Entre Cuexcomatitlán y Fraccionamiento Tres Reyes de Cajititlán.	N 20° 25' 29.5" W 103° 18' 59.2"
4	Cajititlán de Los Reyes	N 20°25' 22.8" W 103° 20' 20.5"

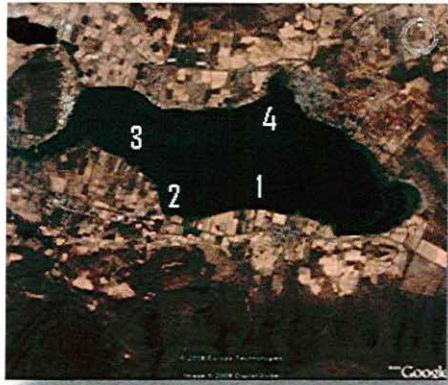


Figura 2. Localización de los puntos de muestreo en la Laguna de Cajititlán.

6.2.2. Obtención de muestras.

Los muestreos se realizaron cada dos meses durante un periodo de siete meses (Noviembre de 2006 a Mayo de 2007), se llevaron a cabo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-014-SSA1-1993.

Las determinaciones en campo: pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y temperatura, se realizaron con un potenciómetro marca Corning®.

6.2.3. Análisis en laboratorio.

6.2.3.1. Análisis Físicoquímico.

Las determinaciones de nitritos, nitratos, fluoruros, sulfatos, color y turbiedad se llevaron de acuerdo con las técnicas rápidas aprobadas por la USEPA (Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos). Se utilizó un espectrofotómetro modelo DR/2010® y un Turbidímetro 2100®, marca HACH® (tabla 2).

Tabla 2. Análisis de muestras con equipo HACH®.

Parámetro.	Método aplicado	Correspondencia con método mexicano.
Nitratos	Método 8039	NMX-AA-079-SCFI-2001
Nitritos	Método 8507	NMX-AA-099-SCFI-2006
Fluoruros	Método 8029	NMX-AA-077-SCFI-2001
Sulfatos	Método 8051	NMX-AA-074-SCFI-1981
Color	Método 120	NMX-AA-045-SCFI-2001
Turbiedad	Turbidímetro®	NMX-AA-038-SCFI-2001

Además de los análisis anteriores se determinaron otros parámetros como son: alcalinidad a la fenolftaleína, alcalinidad total, dureza total y cloruros de acuerdo a las Normas Mexicanas correspondientes para cada parámetro como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Otros parámetros evaluados.

Parámetro	Unidad	Método de análisis
Alcalinidad a la fenolftaleína y total.	mg CaCO ₃ /L	NMX-AA-036-SCFI-2001
Cloruros	mg/L C	NMX-AA-073-SCFI-2001
Dureza total	mg/L CaCO ₃	NMX-AA-072-SCFI-2001

6.2.3.2. Análisis microbiológico.

El análisis microbiológico se llevo a cabo de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994 y la Norma Mexicana NMX-AA-42-1987, las cuales nos describen la determinación de los coliformes totales y fecales de acuerdo al método Número Mas Probable (NMP) con la técnica de tubos múltiples, detalla la preparación de los medios de cultivo a utilizarse para cada una de las pruebas (presuntiva y confirmativa), además como elegir las diluciones a manejar y cómo interpretar nuestros resultados de la prueba confirmativa. Las diluciones utilizadas para la prueba fueron de 1, 0.1, 0.01 y 0.001, por cada dilución se utilizaron 5 tubos. Los resultados finales se basaron en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (APWA, 1992). En la figura 3 se muestra el procedimiento del análisis microbiológico.

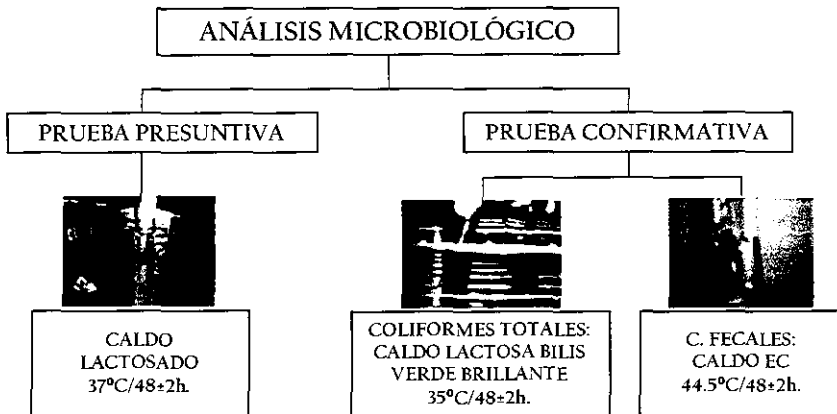


Figura 3.- Procedimiento del análisis microbiológico

6.2.4. Análisis de resultados.

Para el análisis de los resultados se tomó como referencia la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 y los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (1989) (Tabla 4).

Tabla 4. Límites permisibles de calidad del agua.

Parámetro	Límite permisible en la modificación a NOM 127	Criterios Ecológicos de Calidad del Agua (1989).				
		Fuente de abastecimiento de agua potable.	Recreativo contacto primario.	Riego agrícola.	Pecuario.	Protección vida acuática (dulce).
Organismos coliformes totales.	Ausencia o no detectables.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.
<i>E. coli</i> coliformes fecales u organismos termotolerantes (NMP/100 ml).	Ausencia o no detectables.	1000	200	1000	-	200
Alcalinidad total.	N.I.	400	-	-	-	(I)
Cloruros.	250.00 mg/L (Cl)	250	-	147.5	-	250
Color.	20 unidades platino-cobalto.	75	-	-	-	(VIII)
Conductividad eléctrica.	N.I.	-	-	1	-	-
Dureza total.	500.00 mg/L (CaCO ₃)	-	-	-	-	-
Fluoruros.	1.5 mg/L F	1.5	-	1	2	1
Nitratos.	10.0 mg/L	5	-	-	90	-
Nitritos.	1.0 mg/L	0.05	-	-	10	-
pH.	6.5-8.5	5-9	-	4.5-9	-	(XIII)
Sólidos Disueltos Totales.	1000.00 mg/L	1000	-	-	-	-
Sulfatos.	400.00 mg/L	500	-	130	-	0.005
Temperatura.	N.I.	C.N.+2.5	-	-	-	C.N.+1.5
Turbiedad.	5 UTN.	C.N.	-	-	-	(VIII)

(-): No existe.

(N.I.): No se incluye.

(I): La alcalinidad natural no debe reducirse en más del 25%, ni cuando ésta sea igual o menor a 20 mg/L.

(VIII): Los sólidos suspendidos en combinación con el color, no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz para la actividad fotosintética en más de 10% a partir del valor natural.

(XIII): No podrá haber variaciones mayores a 0.2 unidades de pH, tomando como base el valor natural estacional.

C.N: Condiciones Naturales.

6.2.4.1. Índice de Calidad del Agua (ICA).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias (León, 1991).

6.2.4.2. Estimación del Índice de Calidad del Agua (ICA).

En el presente trabajo se determinó el Índice de Calidad del Agua propuesto por Martínez de Basarán (1979) que es ampliamente utilizado debido a su diseño sencillo ya 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. Los parámetros utilizados fueron: pH, Cloruros, Conductividad, Dureza Total, Turbiedad, Nitratos, Sulfatos, Nitritos, Coliformes totales, Coliformes fecales, Color, Sólidos Disueltos Totales, Fluoruros y Temperatura.

El primer procedimiento fue 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 lago, y el 50 % corresponde al máximo permitido. Una valoración menor al 50 % significa que existen limitantes de importancia para su utilización. La normalización se muestra en las tablas 5, 6, 7, 8 y 9.

Tabla 5. Normalización de pH, conductividad y dureza total.

Parámetro	pH	Conductividad	Dureza Total	Valoración
Valor Analítico	1/14	>16.000	>1.500	0
	2/13	12.000	1.000	10
	3/12	8.000	800	20
	4/11	5.000	600	30
	5/10	3.000	500	40
	6/9.5	2.500	400	50
	6.5	2.000	300	60
	9	1.500	200	70
	8.5	1.250	100	80
	8	1.000	50	90
	7	<750	<25	100
Unidad de Medida	Unidad	µS/cm	mg/L CaCO ₃	%

Tabla 6. Normalización de cloruros, sólidos disueltos totales y temperatura.

Parámetro	Cloruros	Sólidos Disueltos	Temperatura	Valoración
Valor Analítico	>1.500	>20.000	>50/-8	0
	1.000	10.000	45/-6	10
	700	5.000	40/-4	20
	500	3.000	36/-2	30
	300	2.000	32/0	40
	200	1.500	30/5	50
	150	1.000	28/10	60
	100	750	26/12	70
	50	500	24/14	80
	25	250	22/15	90
Unidad de Medida	mg/L	mg/L	°C	%

Tabla 7. Normalización de sulfatos, nitratos y nitritos.

Parámetro	Sulfatos	Nitratos	Nitritos	Valoración
Valor Analítico	>1.500	>100	>1	0
	1.000	50	0.50	10
	600	20	0.25	20
	400	15	0.20	30
	250	10	0.15	40
	150	8	0.10	50
	100	6	0.05	60
	75	4	0.025	70
	50	2	0.010	80
	25	1	0.005	90
Unidad de Medida	mg/L SO ₄	mg/L N-NO ₃	mg/L N-NO ₂	%

Tabla 8. Normalización de color, turbiedad y fluoruros.

Parámetro	Color	Turbiedad	Fluoruros	Valoración
Valor Analítico	>200	>100	3	0
	150	70	2.7	10
	100	50	2.4	20
	75	30	2.1	30
	50	20	1.8	40
	20	10	1.5	50
	16	8	1.2	60
	12	6	0.9	70
	8	4	0.6	80
	4	2	0.3	90
Unidad de Medida	Esc. Pt.-Co.	UTN	mg/L F ⁻	%

Tabla 9. Normalización de coliformes totales y coliformes fecales.

Parámetro	Coliformes Totales	Coliformes fecales	Valoración
	Detectables	Detectable	10
Valor analítico	No detectables	No detectable	100
Unidad de medida	NMP/100 ml	NMP/100 ml	%

El segundo procedimiento fue la asignación de un peso numérico a cada uno de los parámetros. Se aplicó los pesos asignados en trabajos previos en el Lago de Chapala (León, 1991) a fin de conservar el mismo marco referencial para posteriores comparaciones. En la tabla 10 se muestran los pesos asignados a cada uno de los parámetros.

Tabla 10.- Pesos asignados a los parámetro.

Peso Asignado	Parámetro
Valor máximo de 4	Coliformes fecales Color Conductividad
Valor medio de 3	Coliformes totales Fluoruros Turbiedad
Valor menor de 2	Sulfatos Nitritos Nitratos Sólidos Disueltos Totales
Valor mínimo de 1	pH Cloruros Dureza total Temperatura

En este último procedimiento se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA):

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

Donde:

Ci = Valor porcentual asignado a los parámetros

Pi = 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.

En el proceso de cálculo numérico se aplicó en la fórmula de ICA un valor para la constante k de 0,75, considerando que el agua presente en la Laguna de Cajititlán presenta características de turbiedad, color y aspecto que no son típicas de aguas claras sin aparente contaminación. La interpretación de los valores obtenidos del ICA se realizó de acuerdo a la figura 4.

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES			
	Edo	USC AGUA POTABLE	Edo	USO: RIEGO AGRICOLA
90	EXCELENTE	NO REQUIERE PURIFICACION PARA SU CONSUMO	EXCELENTE	NO REQUIERE DE TRATAMIENTO PARA RIEGO
80	ACEPTABLE	REQUIERE PURIFICACION MENOR	ACEPTABLE	TRATAMIENTO MENOR PARA CULTIVOS QUE REQUIEREN DE ALTA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO
70	LEVEHENTE CONTAMINADA	DUDOSO SU CONSUMO SIN PURIFICACION	LEVEHENTE CONTAMINADA	UTILIZABLE EN LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
50	CONTAMINADA	TRATAMIENTO DE POTABILIZACION INDISPENSABLE	CONTAMINADA	TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
40	FUERTE CONTAMINADA	DUDOSO PARA CONSUMO	FUERTE CONTAMINADA	SOLO PARA CULTIVOS MUY RESISTENTES (FORRAJES)
30	EXCESIVA CONTAMINADA	INACEPTABLE PARA CONSUMO	EXCESIVA CONTAMINADA	INACEPTABLE PARA RIEGO
20				

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA				
EXCELENTE	ACEPTABLE	LEVEHENTE CONTAMINADA	FUERTE CONTAMINADA	EXCESIVA CONTAMINADA

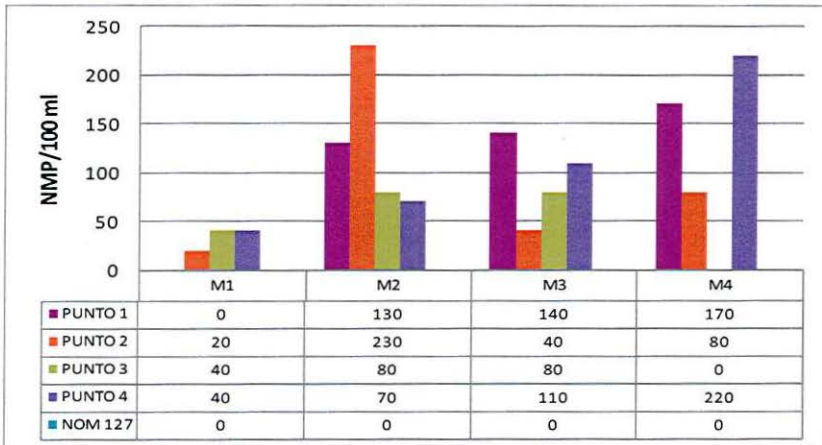
Figura 4.- Interpretación de los valores del ICA. León (1991).

7. Resultados.

7.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

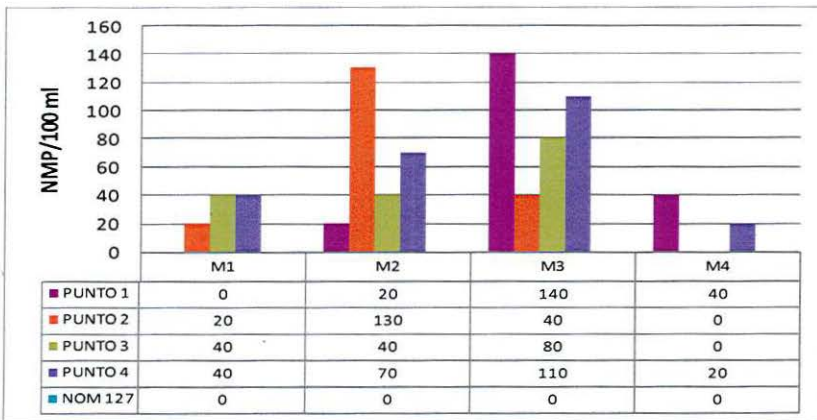
Los datos obtenidos de las determinaciones parciales de cada uno de los muestreos y de cada punto se encuentran en el anexo I.

En las figuras 5 y 6 se muestran los resultados de coliformes totales y coliformes fecales en las cuales se observa que los datos obtenidos salen del límite permisible de acuerdo a la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (ausencia o no detectables NMP/100 ml).



M= Muestreo.

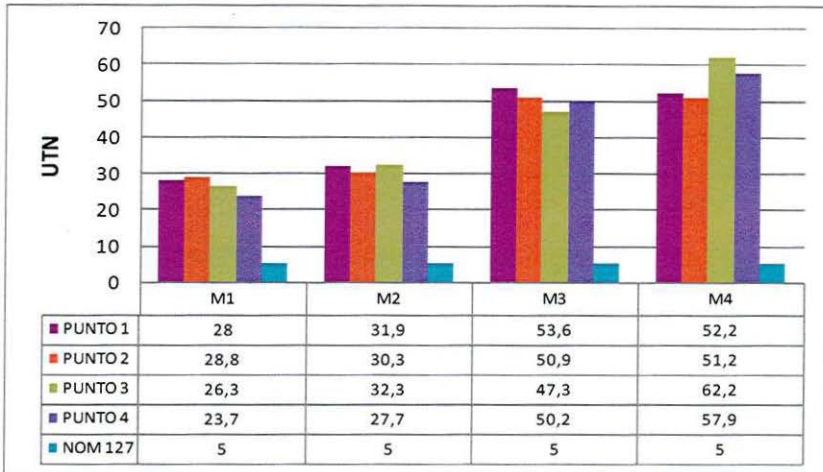
Figura 5.- Coliformes totales.



M= Muestreo.

Figura 6.- Coliformes fecales.

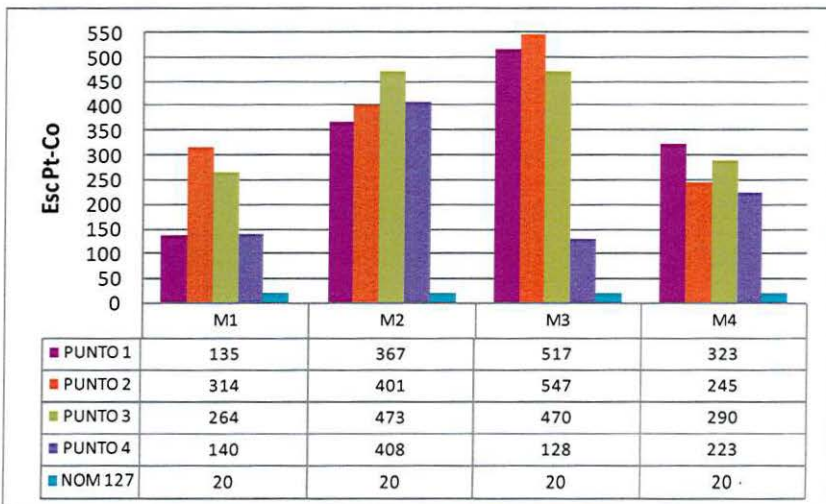
En la figura 7 se presentan los resultados obtenidos en el parámetro de turbiedad y se observa que excede el limite permisible con respecto a la Modificación a la NOM-127-SSAI-1994 (5 UTN).



M= Muestreo.

Figura 7.- Turbiedad.

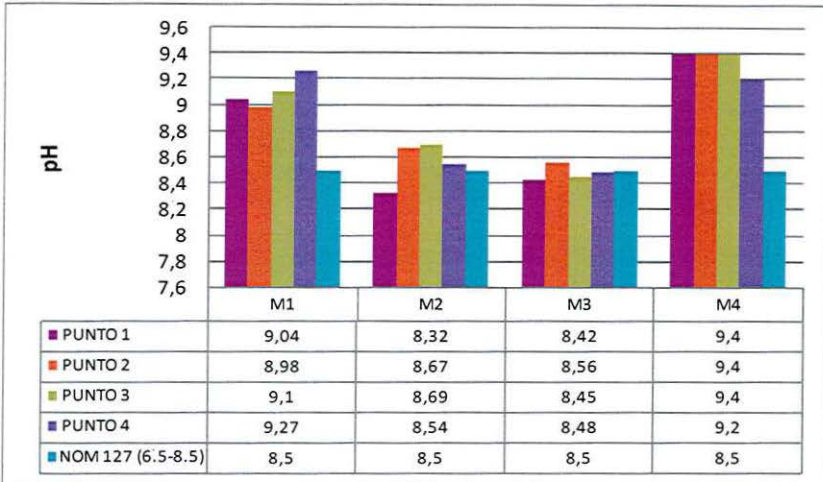
En la figura 8 se muestran los resultados del parámetro de color y se observa que se rebasa el limite permisible de acuerdo a la Modificación a la NOM-127-SSAI-1994 (20 Esc. Pt-Co).



M= Muestreo.

Figura 8.- Color.

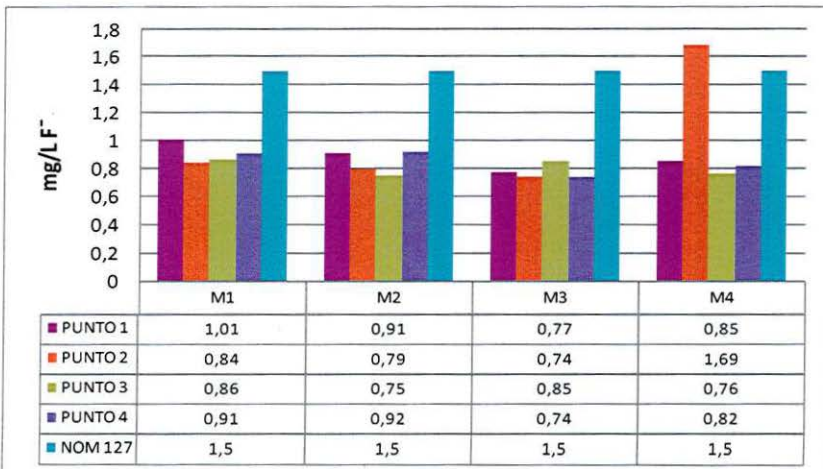
En el parámetro de pH se rebasa el límite permisible en la mayoría de los puntos y muestreos con respecto a la la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (6.5-8.5), lo cual se muestra en la figura 9.



M= Muestreo.

Figura 9.- pH

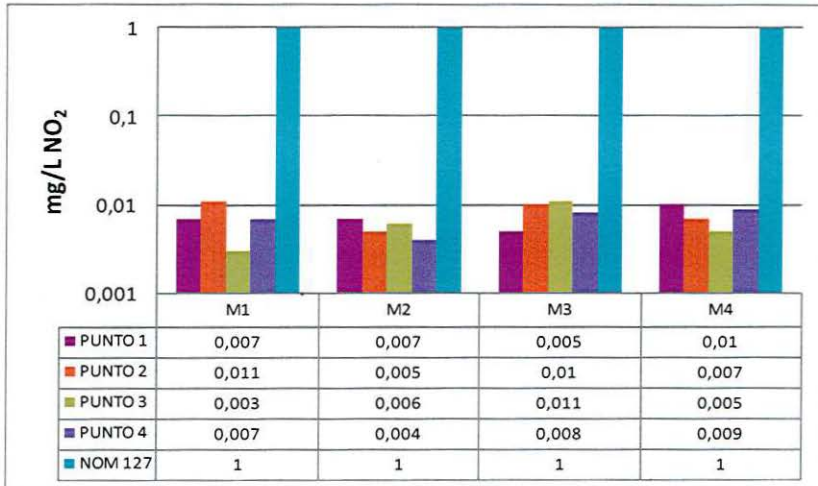
En la figura 10 se presentan los resultados de fluoruros donde se observa que el punto 2 del muestreo 4 excede el límite permisible con respecto a la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (1.5 mg/L F⁻).



M= Muestreo.

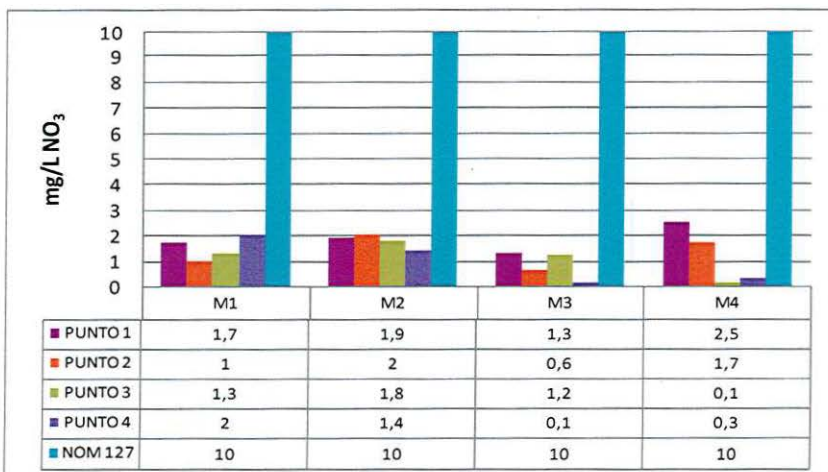
Figura 10.- Fluoruros.

En las figuras 11 a la 19, se muestran los parámetros de nitritos, nitratos, cloruros, dureza total, alcalinidad total, sulfatos, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y temperatura se encuentran dentro de los límites permisibles con respecto a la a la Modificación a la NOM-127- SSA1-1994. Los parámetros de alcalinidad total, conductividad eléctrica y temperatura no se incluyen en esta.



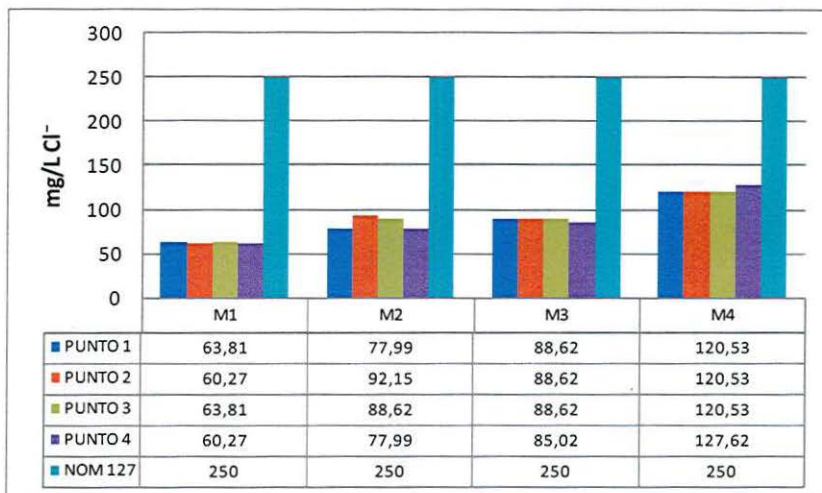
M= Muestreo.

Figura 11.- Nitritos.



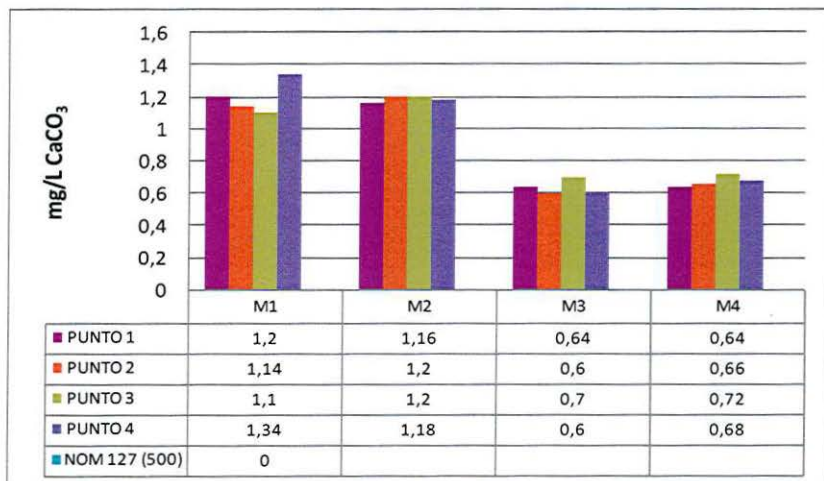
M= Muestreo.

Figura 12.- Nitratos.



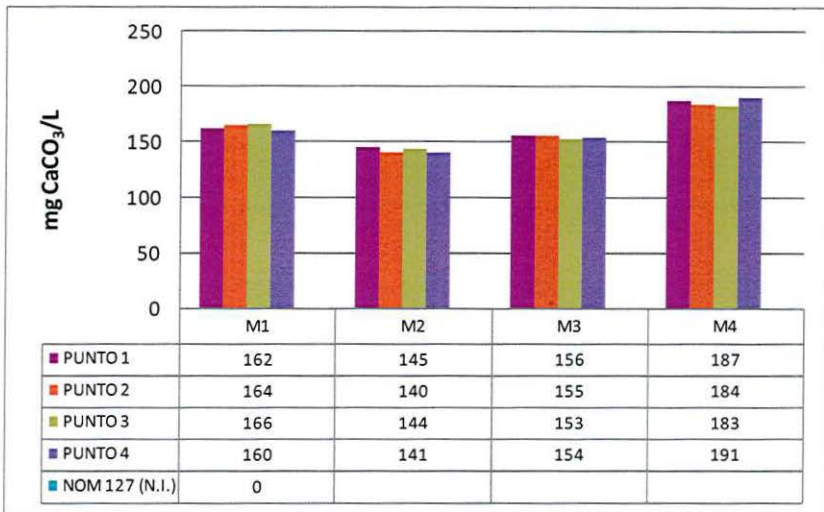
M= Muestreo.

Figura 13.- Cloruros.



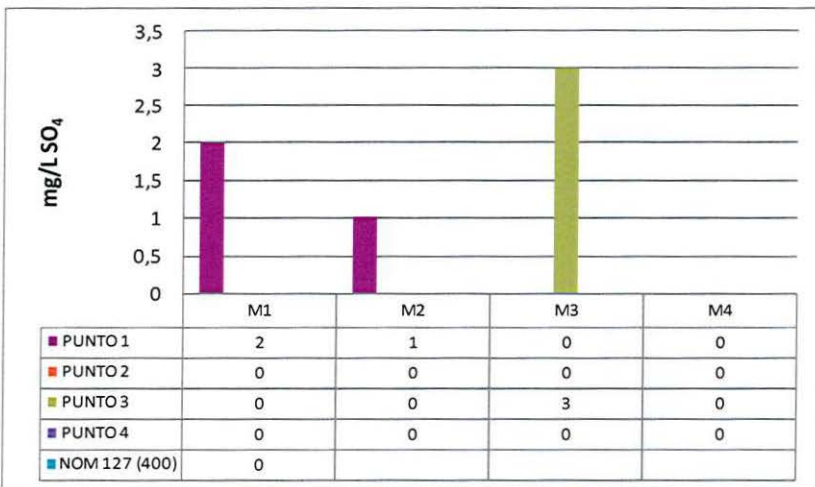
M= Muestreo.

Figura 14.- Dureza total.



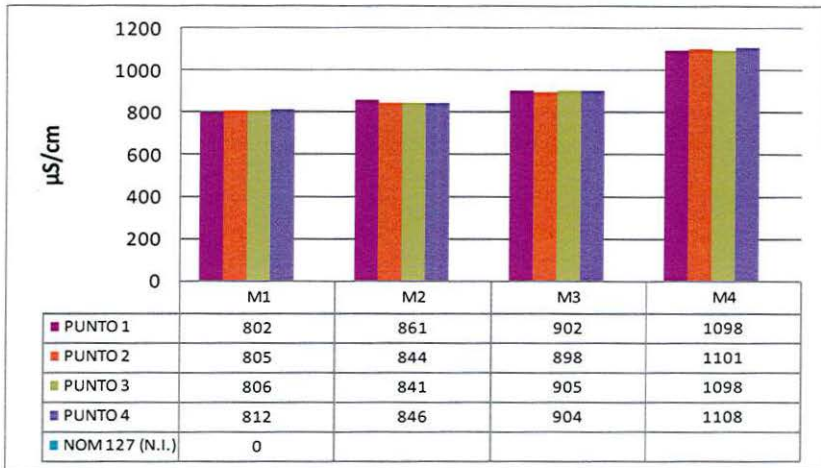
M= Muestreo.

Figura 15.- Alcalinidad total.



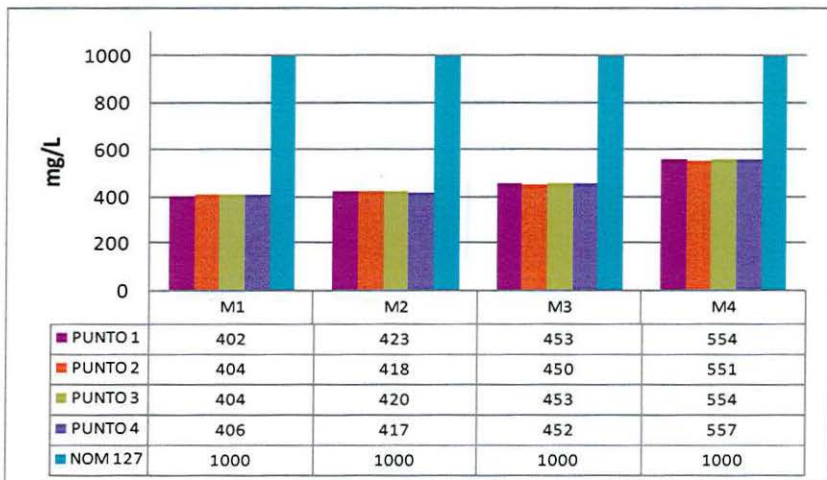
M= Muestreo.

Figura 16.- Sulfatos.



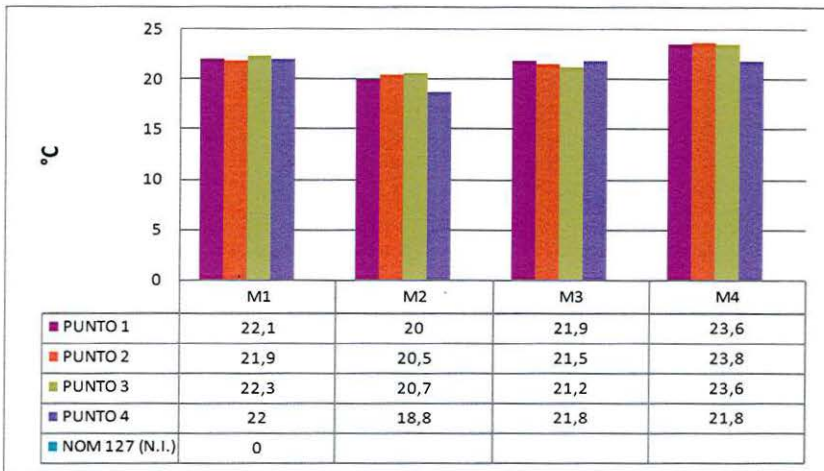
M= Muestreo.

Figura 17.- Conductividad eléctrica.



M= Muestreo.

Figura 18.- Sólidos Disueltos Totales (SDT)



M= Muestreo.

Figura 19.- Temperatura.

En las figuras 20 y 21 se muestran los valores promedio obtenidos en la determinación de coliformes totales y coliformes fecales respectivamente, los cuales se encontraron fuera del límite permisible (ausencia o no detectables) de acuerdo a la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994.

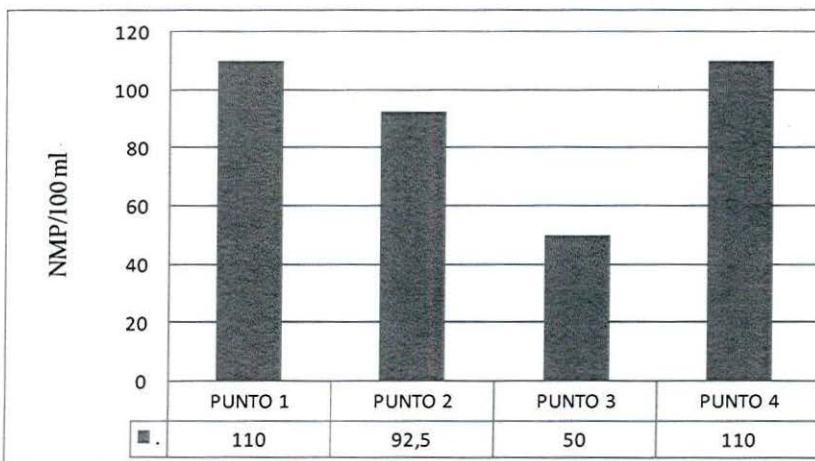


Figura 20.- NMP de coliformes totales en promedio

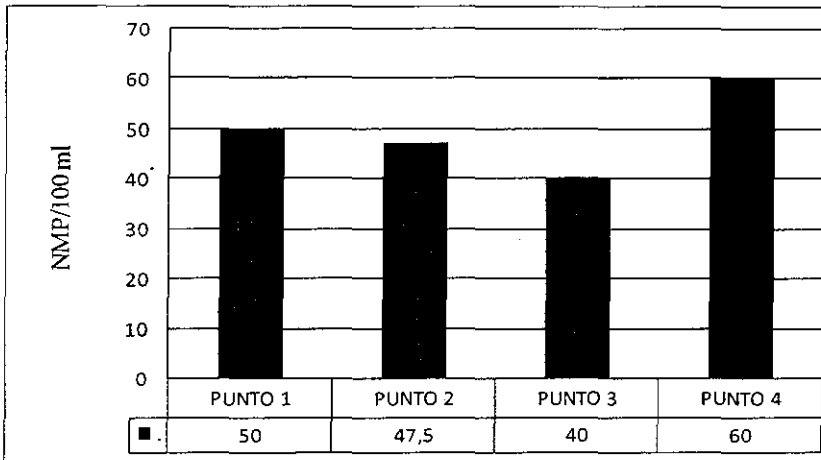


Figura 21.- NMP de coliformes fecales en promedio

Respecto a los parámetros de Color y Turbiedad, éstos se encontraron fuera de norma (Color: 20 Esc. Pt-Co y Turbiedad: 5 UTN) como se muestra en las figuras 22 y 23 respectivamente.

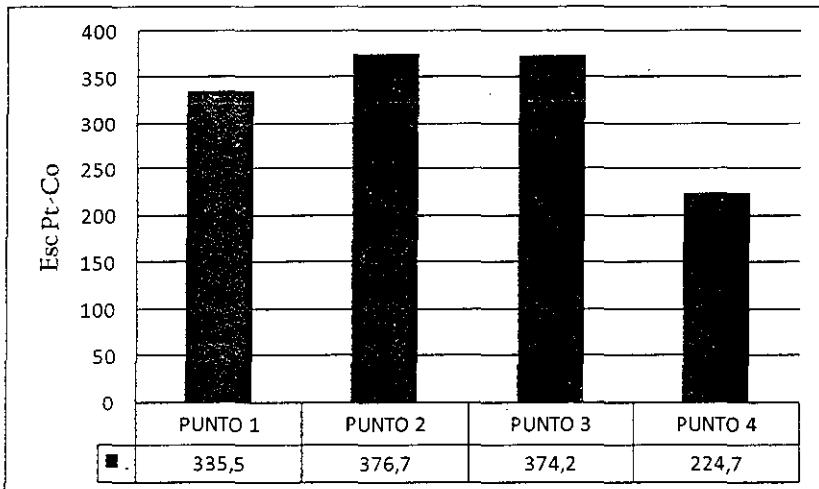


Figura 22.- Valores promedio de color

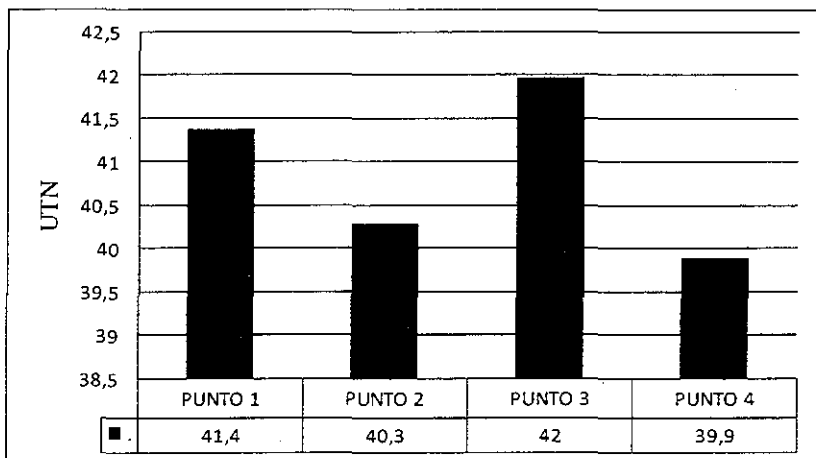


Figura 23.- Valores promedio de turbiedad.

Los valores en promedio de nitritos, nitratos, cloruros, dureza total, alcalinidad total, sulfatos, fluoruros, temperatura y sólidos disueltos totales, se encontraron dentro de los límites permisibles establecidos en la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, los cuales se muestran en las figuras de la 24 a la 34.

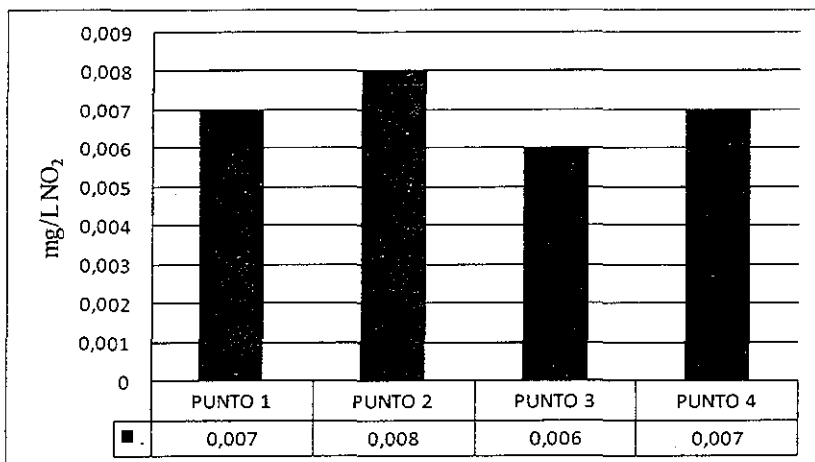


Figura 24.- Valores de nitritos.

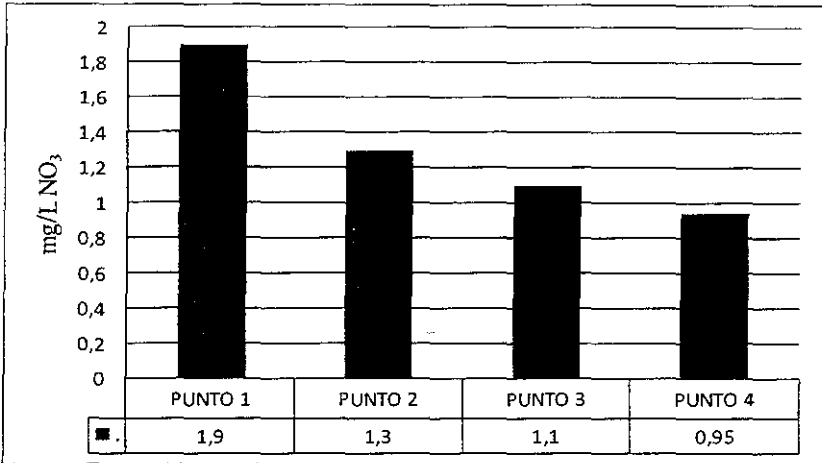


Figura 25.- Valores de nitratos.

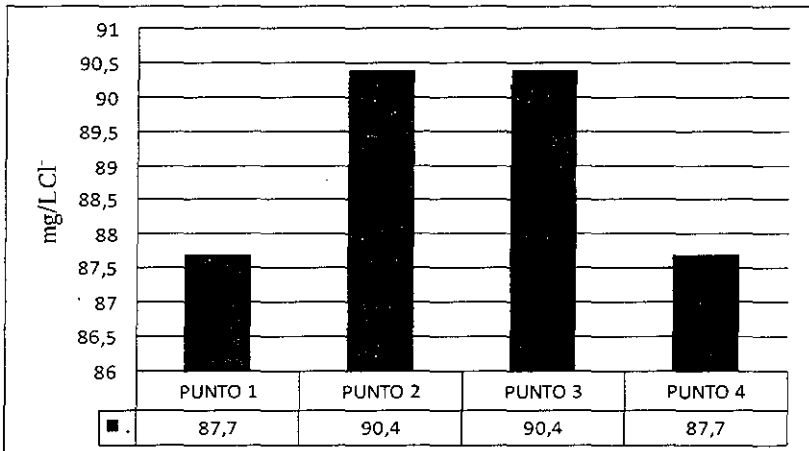


Figura 26.- Valores de cloruros.

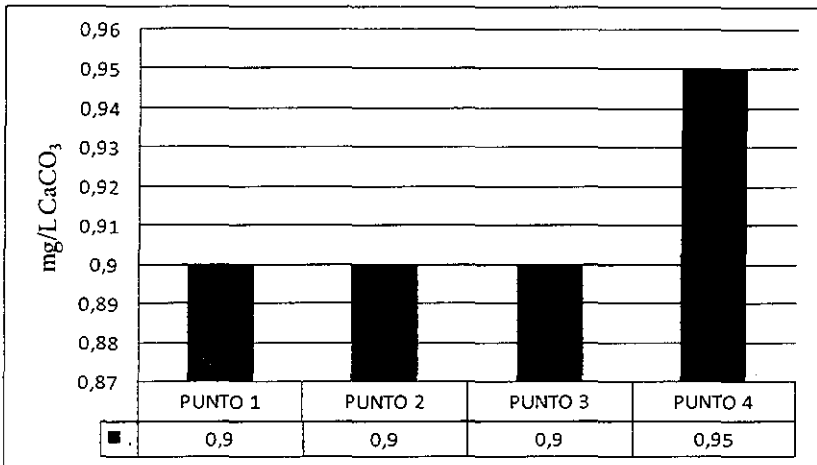


Figura 27.- Valores de dureza total.

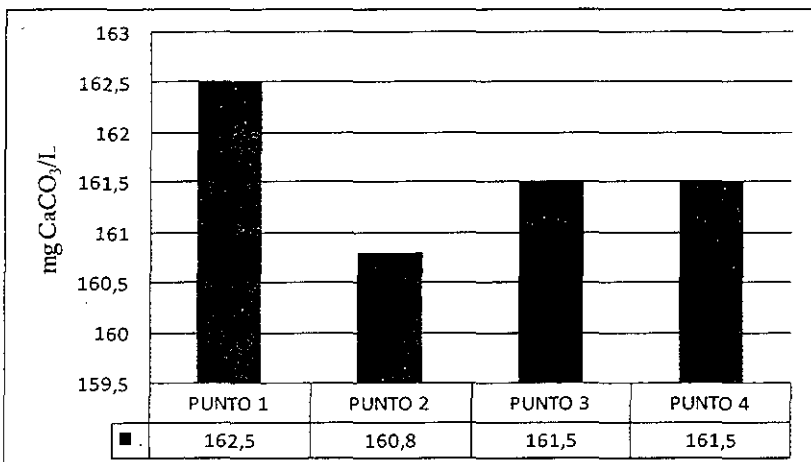


Figura 28.- Valores de alcalinidad total.

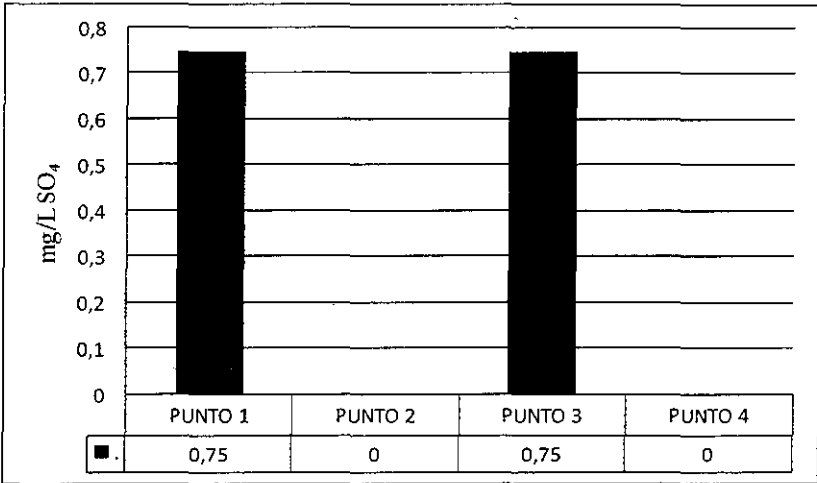


Figura 29.- Valores de sulfatos.

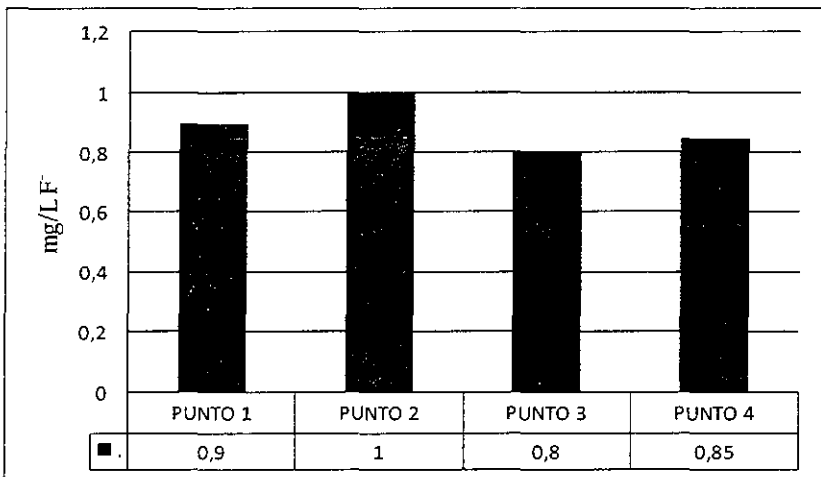


Figura 30.- Valores de fluoruros.

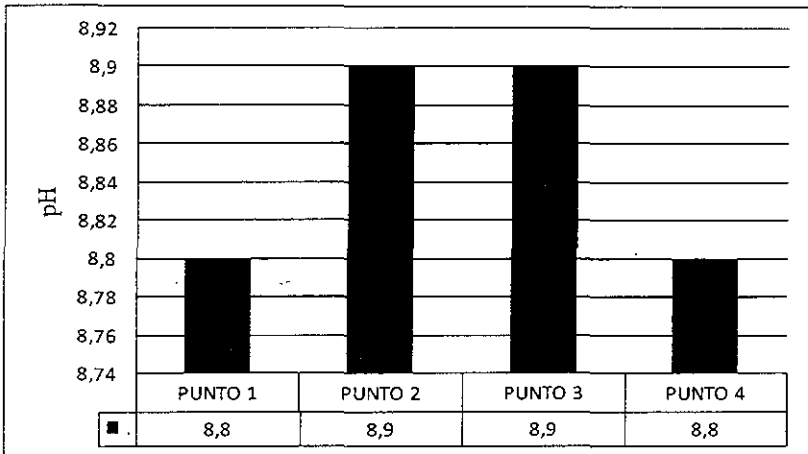


Figura 31.- Valores de pH.

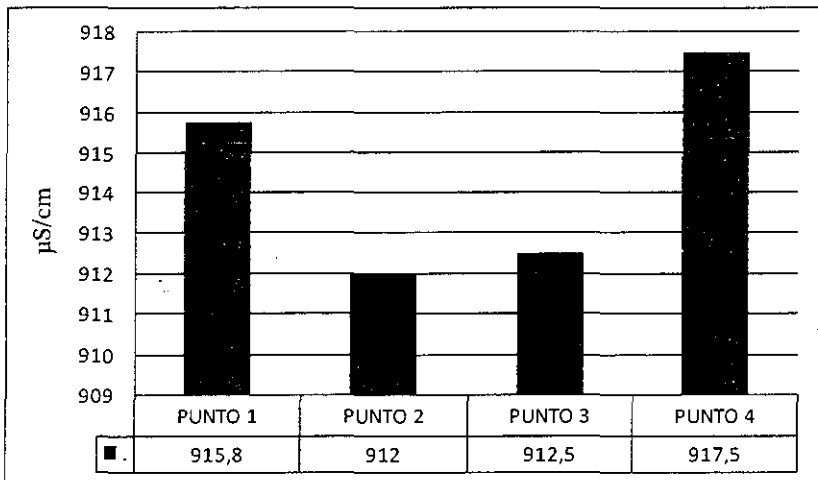


Figura 32.- Valores de conductividad eléctrica.

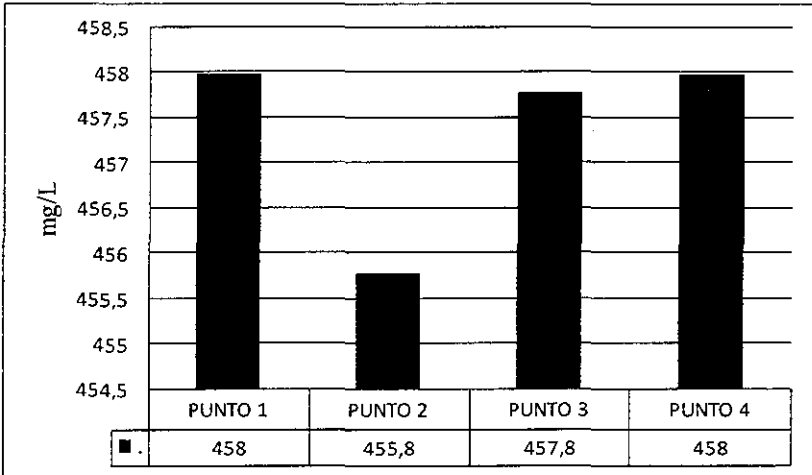


Figura 33.- Valores de sólidos disueltos totales.

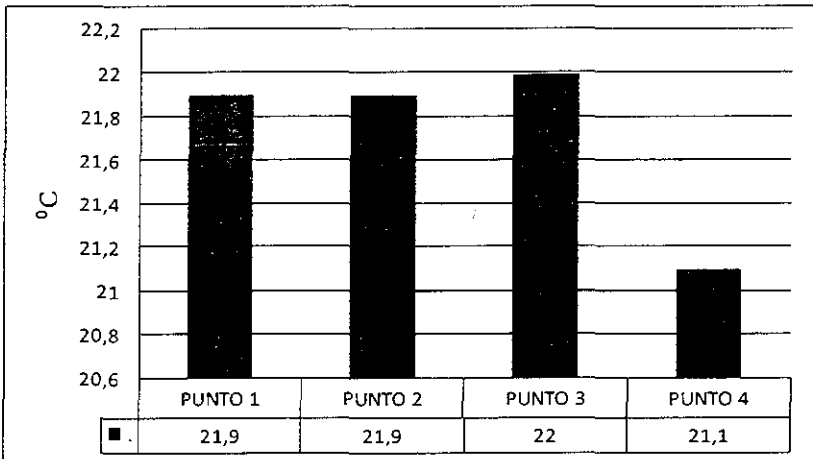


Figura 34.- Valores de temperatura.

En la tabla 11 se muestran los resultados promedio; al igual que los valores mínimos y máximos encontrados en la Laguna de Cajititlán y su comparación con la Modificación a la NOM 127- SSA-1994 y los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua .

Tabla 11.- Valores de los parámetros analizados en la Laguna de Cajititlán.

Parámetros	Unidades	Mínimo	Máximo	Promedio	Modificación a Norma 127	Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua.				
						Fuente de abastecimiento de agua potable	Recreativo contacto primario	Riego agrícola	Pecuario	Protección Vida Acuática (dulce)
Coliformes totales	NMP/100ml	0	230	90.6	Ausencia o no detectables.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	140	49.4	Ausencia o no detectables.	1000	200	1000	-	200
Turbiedad	UTN	26.3	62.2	40.9	5	C.N.	-	-	-	(VIII)
Nitritos	mg/L NO ₂	0.001	0.011	0.007	1	0,05	-	-	10	-
Nitratos	mg/L NO ₃	0.1	2.5	1.3	10	5	-	-	90	-
Color	Esc. Pt-Co	128	547	327.8	20	75	-	-	(VIII)	-
Cloruros	mg/L C	60.27	120.53	89	250	250	-	147,5	-	250
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0.6	1.34	0.9	500	-	-	-	-	-
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	140	191	161.6	N.I.	400	-	-	-	(I)
Sulfatos	mg/L SO ₄	0	3	0.4	400	500	-	130	-	0,005
Fluoruros	mg/L F ⁻	0.74	1.69	0.9	1,5	1,5	-	1	2	1
pH	unidades de pH	8.45	9.4	8.9	6.5-8.5	5,0-9,0	-	4,5-9,0	-	(XIII)
Conductividad eléctrica	µS/cm	802	1108	914.4	N.I.	-	-	1	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	402	557	457.4	1000	1000	-	-	-	-
Temperatura	°C	18.8	23.8	21.7	N.I.	C.N.+2,5	-	-	-	C.N. +1,5

(-): No existe. (N.I.): No se incluye.

(I): La alcalinidad natural no debe reducirse en más del 25%, ni cuando ésta sea igual o menor a 20 mg/L.(VIII): Los sólidos suspendidos en combinación con el color, no deben reducir la profundidad del nivel de compensación de la luz para la actividad fotosintética en más de 10% a partir del valor natural. (XIII): No podrá haber variaciones mayores a 0.2 unidades de pH, tomando como base el valor natural estacional. C.N: Condiciones Naturales.

7.2. Índice de Calidad del Agua (ICA).

En el Anexo II y III se muestra el desglose de los resultados de cada punto en los muestreos.

En las figuras 35, 36, 37 y 38 se muestran los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) de los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

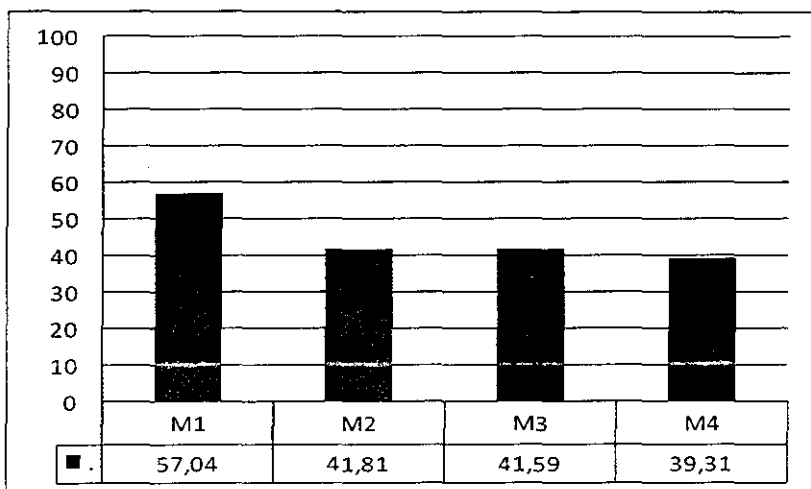


Figura 35.- Resultados del ICA en el punto 1.

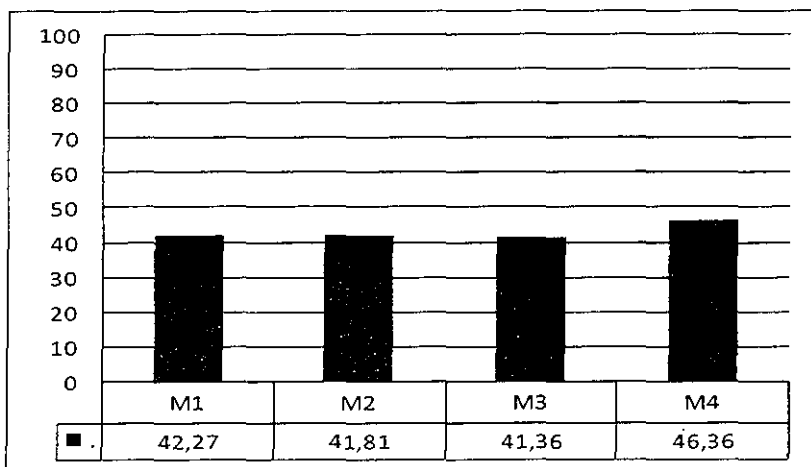


Figura 36.- Resultados del ICA en el punto 2.

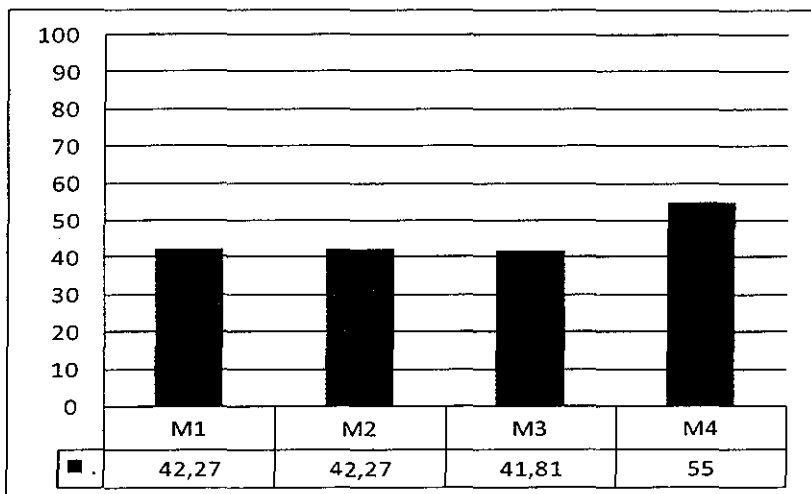


Figura 37.- Resultados del ICA en el punto 3.

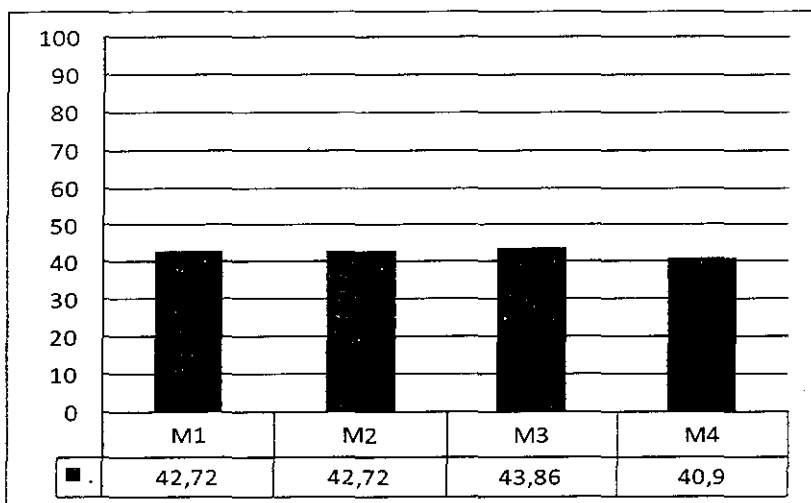


Figura 38.- Resultados del ICA en el punto 4.

La figura 39 muestra los valores promedio del ICA, siendo de 44.93, 42.95, 45.33 y 42.55 para los puntos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, correspondiendo a la clasificación de: Fuertemente contaminada, de acuerdo a los lineamientos descritos por León (1991), donde indica que su uso para consumo humano es dudoso y para uso agrícola necesita tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.

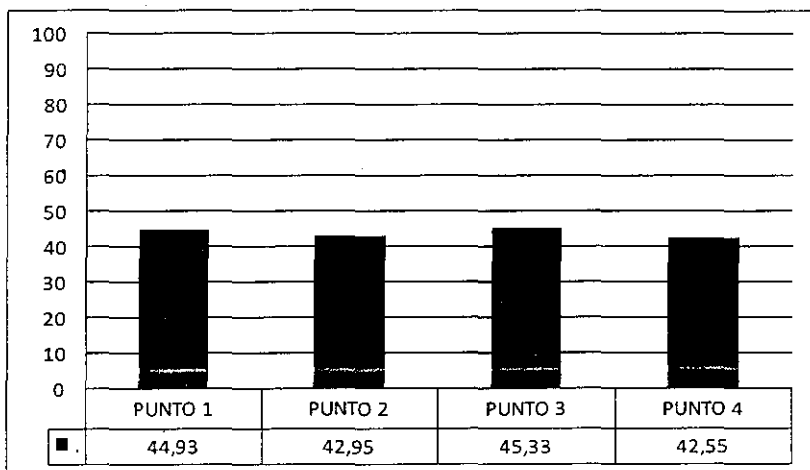


Figura 39.- Promedio del Índice de Calidad del Agua (ICA).

8. Discusión.

La contaminación por coliformes totales y fecales vinculada al vertimiento de aguas residuales domésticas sin o con pobre tratamiento ha sido reportada por Namihira *et al.*, (2002) quienes encontraron contaminación por dichas bacterias (promedio de 7,000 NMP/100 ml), en el Lago Huayamilpas ubicado en el Distrito Federal. México; así mismo, Sardiñas *et al.*, (2006) reportaron para la Presa El Cacao en Cotorro, Cuba valores de 2,200 a 50,606 NMP/100 ml y de 2,200 a 36,001 NMP/100 ml para coliformes totales y fecales respectivamente, en el presente estudio, realizado en la Laguna de Cajititlán, se encontraron valores inferiores a éstos, tanto de coliformes totales (0 a 200 NMP/100 ml) como fecales (0 a 140 NMP/100 ml), no excediendo los límites establecidos por los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, sin embargo, no permite su uso directo de acuerdo a la Modificación a la NOM-127 SSAI-1994.

La contaminación fecal del agua potable puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades y portadores de tipo microbiano que puedan existir en ese momento en la comunidad. Estos organismos pueden ser causantes de enfermedades cuyo índice de gravedad va desde ligera gastroenteritis hasta casos graves y, a veces fatales, de disentería, cólera o tifoidea (OPS, 1987).

La presencia de organismos coliformes fecales sugiere que el agua está contaminada con heces fecales humanas o de animales y que existe el riesgo de encontrar bacterias patógenas intestinales en ella, estos patógenos podrían representar un riesgo a la salud muy importante para personas con el sistema inmunológico comprometido (EPA, 2000)

El color del agua es un parámetro importante de analizar, ya que determina su aceptación para usos directos y limita su aplicación industrial, por lo que generalmente debe de ser mínimo el color para una mayor capacidad de utilización. El color del agua natural puede estar condicionado por la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), de humus y turbas, de plancton, de restos vegetales y de residuos industriales.

De la Mora (2001), reportó valores promedio de color en la laguna de Chapala de 167.52 Esc. Pt.-Co, mientras que los valores promedio encontrados en este trabajo fueron de 327.8 Esc. Pt.-C, los cuales son muy elevados; los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua establecen valores límite de color, siendo de 75 unidades para fuente de abastecimiento público, y la Modificación a la NOM-127-SSAI-1994, establece un límite de 20 unidades de color, por lo que los límites encontrados no permiten la utilización del agua directamente para este uso.

La turbiedad es un factor importante en los cuerpos de agua, ya que determina la extensión de superficie fótica aprovechable en actividades fotosintéticas, al establecer un gradiente de dispersión de la luz a través de la columna de agua, determinando la capacidad productiva del cuerpo o curso de agua (De La Mora, 2001).

La turbidez del agua puede estar influenciada por la presencia de partículas suspendidas en el agua, por los sedimentos, vertidos industriales y domésticos y por el plancton existente en los cuerpos de agua (Sardiñas *et al.*, 2006). En este estudio se encontraron en promedio, valores de 40.9 UTN, mayores a los reportados por De la

Mora (2005) (32.12 ± 9.1 UTN) en el agua del Lago de Chapala, y por Sardñas *et al.*, (2006), (< 5 a 11.55 UTN), en la Presa El Cacao en Cotorro, Cuba; por lo que no permite su utilización de forma directa, para consumo humano de acuerdo a la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994, ya que presenta valores 7 veces mayores.

La Comisión Nacional del Agua emplea el término Índice de Calidad del Agua (ICA) para determinar el grado de contaminación en los cuerpos de agua nacionales a partir de la determinación analítica de parámetros físicos, químicos y microbiológicos (López *et al.*, 2007).

De la Mora (2001) reportó para el Lago de Chapala en el periodo de 1996-1997, un Índice de la Calidad del Agua, que está en el intervalo de 43.25-45.95 entrando en el rango de excesiva contaminación y fuerte contaminación. De acuerdo a León (1991) está en el rango de inaceptable a dudoso para consumo humano y para riego se necesita tratamiento para la mayoría de los cultivos.

López *et al.*, (2007), reportaron que el Río Lerma y el Lago de Chapala presentaron valores que indican que durante el periodo de estudio (mayo-julio-noviembre, 1999), siempre estuvo en condiciones de contaminación, los valores del ICA señalan al mes de mayo (sequía) como el más crítico, encontrándose en la escala de contaminado a altamente contaminado.

Jiménez (2001), menciona que el origen de la contaminación del agua es muy variado, se pueden citar como causantes a los desechos urbanos e industriales, los drenados de la agricultura y de minas, la erosión, los derrames de sustancias tóxicas (accidentales o intencionales), los efluentes de plantas depuradoras, los subproductos de los procesos de depuración, la ruptura de drenajes y el lavado de la atmósfera, entre otros.

De acuerdo a los lineamientos descritos por León (1991), el Índice de Calidad del Agua (42.55 a 45.33) determinado en la Laguna de Cajititlán, corresponde a un agua fuertemente contaminada, indicándose que su uso para consumo humano es dudoso y para uso agrícola necesita tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos. A finales del año 2001, más del 70% de los cuerpos de agua del país presentaban algún indicio de contaminación. Las cuencas que destacaron por sus altos índices de contaminación son la del Lerma-Santiago, la del Balsas, las aguas del Valle de México y el sistema Cutzamala (<http://www.imacmexico.org>).

La Laguna de Cajititlán presentó en los meses de noviembre (muestreo 1) y mayo (muestreo 4) un mejor índice de calidad del agua con un promedio de 46.07 y de 45.39 respectivamente, a diferencia de los meses de enero (muestreo 2) y marzo (muestreo 3) que registraron ambos un ICA promedio de 42.15; la disminución del índice de calidad de agua podría deberse a las actividades realizadas por la gran afluencia de turismo que se registra, debido a las festividades religiosas que se llevan a cabo en Cajititlán de Los Reyes, las cuales duran todo el mes de enero prolongándose en ocasiones hasta el mes de marzo. Los datos anteriores indican que la contaminación evidente en la Laguna de Cajititlán puede estar asociada de manera importante a las descargas de aguas residuales sin o con pobre tratamiento, procedentes de las poblaciones ribereñas y de la cabecera municipal; lo que implica riesgo a la salud pública, deterioro de la vida acuática, disminución del turismo, y afectación económica, por lo que es necesario que se lleven a cabo acciones para sanear la laguna logrando que este importante cuerpo lacustre mejore su calidad del agua.

9. Conclusiones.

- * El presente trabajo se realizó con el fin de proporcionar una herramienta útil para la elaboración de recomendaciones y medidas de control para los efectos de la problemática que tiene la contaminación del agua en la Laguna de Cajititlán y de alguna manera participar en el control de estos problemas que afectan a la salud y el bienestar de la población.
- * Los parámetros de turbiedad, color, pH, coliformes totales y coliformes fecales excedieron los límites permisibles de acuerdo a la Modificación de la NOM-127-SSA1-1994.
- * Los resultados obtenidos en los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, temperatura, dureza total, cloruros, fluoruros, sulfatos, nitritos, nitratos se encontraron dentro de los límites permisibles en la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1994.
- * De acuerdo a los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (1989); el parámetro de fluoruros excede el límite permisible para los rubros de riego agrícola y protección a la vida acuática de agua dulce. La conductividad eléctrica rebasó el límite solo para riego agrícola.
- * Los puntos de muestreo 1 y 4 mostraron en promedio mayor contaminación con coliformes totales y fecales.
- * El Índice de la Calidad del Agua (ICA) tuvo una clasificación de: Fuertemente contaminada en todos los puntos de muestreo, de acuerdo a los lineamientos descritos por León (1991), donde indica que su uso para consumo humano es dudoso y para uso agrícola para uso agrícola se necesita tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos.
- * Los resultados realizados confirman una problemática de contaminación en el agua de la laguna evidente la cual puede ser originada por diferentes factores como son: el turismo, la desembocadura de aguas negras de las poblaciones aledañas y la no depuración natural de la laguna entre otras.
- * Por tal motivo es importante concienciar a la ciudadanía en general sobre la contaminación del lugar, ya que es un problema que afecta tanto a la salud pública como a la flora y fauna del lugar.

10. Recomendaciones.

- * Este trabajo permite reforzar la necesidad de impulsar proyectos que fortalezcan el conocimiento en materia de percepción social y educación para la salud pública y ambiental.
- * Realizar seguimientos estacionales de análisis fisicoquímicos y microbiológicos a la Laguna para un control ambiental; complementándose con estudios biológicos del cuerpo de agua, ya que estos son indicadores de la calidad del agua.
- * Proporcionar información por parte de las autoridades correspondientes a los habitantes de la ribera sobre la importancia ambiental, turística, económica y de salud pública que tiene la Laguna, para que éstos contribuyan a su saneamiento.
- * Poner en funcionamiento las plantas de tratamiento que se encuentran alrededor de la Laguna, darles mantenimiento y seguimiento por parte de las autoridades. O definitivamente construir nuevas plantas de tratamiento y que estas tengan un seguimiento constante de las autoridades correspondientes.
- * Controlar las descargas de aguas residuales de las fábricas, de la cabecera municipal y los pueblos aledaños a la Laguna.

11. Bibliografía.

1. Astronomía Educativa, Tierra, Sistema Solar y Universo. Astromía, (2005). <http://www.astromia.com/tierraluna/lagos.htm>
2. Athié, L. M. (1987). Calidad y Cantidad del Agua en México. Universo Veintiuno. Distrito Federal, México.
3. CE-CCA-001/89. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Diario Oficial de la Federación, 13 de Diciembre de 1989.
4. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Contaminación del Agua y efectos a la salud. Dr. Juan P. Yalaupari Mejía. (2007). <http://www.cofepris.gob.mx/bv/libros/Cap02.pdf>.
5. Cruz, S.M.E. (1993). Contribución al conocimiento de los oligoquetos de la zona profunda de los Lagos de Chapala, Cajititlán, y Zirahuen. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
6. De la Mora, O.C. (2001). Evaluación de la Calidad del Agua en el Lago de Chapala durante 1996-1997. Tesis Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. D.F. México.
7. Delgado, D.C; Esteller, A. M. V; López, V. F. (2006). Recursos hídricos. Conceptos Básicos y Estudios de caso en Iberoamérica. México Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.
8. U. S. Environmental Protection Agency. (EPA). (2000). <http://www.epa.gov/safewater/agua/estándares.html>
9. Fernández, E. E. (1981). Microbiología Sanitaria, Agua y Alimentos. Volumen I. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
10. García, V.J. (2001). Estudio de los contaminantes en el proceso de sedimentación del Lago de Chapala, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Valencia.
11. Guzmán, A. M; Merino, N. E; Flores, R. E; García, L. M; Mendoza, G. A. (1992). Diagnostico de la contaminación del agua en Jalisco. Colección: Cuaderno de difusión científica. Universidad de Guadalajara.
12. Hutchinson, GE. (1957). A Treatise On Limnology; Vol. 1. Part. I. John Wiley & Sons. New York.
13. Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación. (IMAC). http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23682_208&ID2=DO_TOPIC.
14. Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación. (IMAC). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México.

- Capítulo 2. http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=1158165015102_RECURSOS_22_43.pdf.
15. Iniciativa Mexicana de Aprendizaje para la Conservación. (IMAC). Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Capítulo 5. http://www.imacmexico.org/file_download.php?location=S_U&filename=1158184482105_CALIDAD_72_81.pdf.
 16. Jiménez, C.B.E. (2001). La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. Ed. Limusa, México.
 17. León, V, L, F. (1991). Índice de Calidad del Agua, ICA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 36 p.
 18. López, H.M., Ramos, E.M.G., Carranza, F.J. (2007). Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y Lago de Chapala, México. Hidrobiológica, 17 (1 Suplemento): 17-30.
 19. Margalef, R. (1986). Ecología. Ed. Omega, Barcelona. España. 951 pp.
 20. Mariscal, L.A., Bueno, C.A., Pérez, L.J.A., Espigares, G.M., García, M.M., Fernández-Cremet, N.M., Moreno, A.O., Lardelli, C.P. (1995). Estudio Sanitario de Agua. Editor Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja, Granada, España.
 21. Martínez de Bascarán, G. (1979). Establecimiento de una metodología para conocer la Calidad del Agua. Bol. Ing. Medio Ambiente. Núm., 9. Págs., 30-51.
 22. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (1992). APHA, AWWA, WEF.
 23. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSAI-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, 22 de Noviembre de 2000.
 24. Namihira, S.P.E., Barrera, E.G., Márquez, G.A.Z. (2002). Contaminación por bacterias fecales en el Lago Huayamilpas, México. D. F. Hidrobiológica. 12 (2): 129-136.
 25. NMX-AA-036-SCFI-2001. Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (Cancela a la NMX-AA-036-1980)
 26. NMX-AA-038-SCFI-2001. Determinación de turbiedad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (Cancela a la NMX-AA-038-1981)
 27. NMX-AA-42-1987 Calidad del agua determinación del Numero Mas Probable (NMP) de Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Termotolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva.

28. NMX-AA-045-SCFI-2001. Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. (Cancela a la NMX-AA-045-1981)
29. NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de dureza total en Aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-072-1981)
30. NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-073-1981)
31. NMX-AA-074-SCFI-1981. Análisis de agua. Determinación del ion sulfato. Determinación de sulfatos.
32. NMX-AA-077-SCFI-2001. Análisis de aguas - Determinación de fluoruros en aguas naturales, residuales y residuales Tratadas (Cancela a la NMX-AA-077-1982)
33. NMX-AA-079-SCFI-2001. Determinación de Nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas. Método de prueba. (Cancela a la NMX-AA-079-1986)
34. NMX-AA-099-SCFI-2006. Análisis de Agua - Determinación de Nitrógeno de Nitritos en Aguas Naturales y Residuales - Métodos de prueba (Cancela a la NMX-AA-099-1987)
35. NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados. Publicación en el Diario Oficial de la Federación, 12 de Agosto de 1994.
36. NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Diario Oficial de la Federación, 12 de Agosto de 1994.
37. NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. Diario Oficial de la Federación, 19 de Octubre de 1995.
38. Organización Mundial de la Salud (OMS). [http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/\(2004\)](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/(2004)).
39. Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Organización Mundial de la Salud (OMS). (1987). Guías para la calidad del agua potable. Vol. 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Washington, DC, EUA.
40. Rico, P.J.L. (2001). Fertilidad y balance hidrotérmico del piso valle cuenca de Cajititlán, Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.
41. Romero, R.J.A. (2005). Calidad del agua, 2ª ed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.

42. Sardiñas, P.O., Chiroles, R.S., Fernández, N.M., Hernández, R.Y., Pérez, C.A. (2006). Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). *Higiene y Sanidad Ambiental*. 6: 200-206.
43. Sawyer, C.N., McCarty, P. L., Parkin, G.F., tr. Arteaga, G.L. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental*. McGraw-Hill. Colombia.
44. Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable (SEMADES). Información Ambiental Específica. Contaminación del agua. Agua en Jalisco. http://semades.jalisco.gob.mx/06/agua_jalisco.htm
45. Seoáñez, C. M; Angulo, A. I (1998). *Ingeniería del Medio Ambiente. Aplicada al medio natural continental*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
46. Seoáñez, C. M; Angulo, A. I; Chacón, A. A; Ros, G. M; García-Monge, G. L; Garagorri Gómez de Enterría, E. (1997). *Ingeniería Medioambiental aplicada: Casos práctico. Resolución de 120 casos prácticos, problemas y proyectos reales para gestores, técnicos, docentes y alumnos*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
47. Wetzel, R.G. (1981). *Limnología*. Editorial Omega. Barcelona. 334 pp.

12. Anexos.

Anexo I.

Tabla 12.- Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 1.

MUESTREO 1.					
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes totales	NMP/100ml	0	20	40	40
Coliformes fecales	NMP/100ml	0	20	40	40
Turbiedad	UTN	28	28.8	26.3	23.7
Nitritos	mg/L NO ₂	0.007	0.011	0.003	0.007
Nitratos	mg/L NO ₃	1.7	1	1.3	2
Color	Esc. Pt-Co	135	314	264	140
Cloruros	mg/L C ⁻	63.81	60.27	63.81	60.27
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	1.2	1.14	1.1	1.34
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	162	164	166	160
Sulfatos	mg/L SO ₄	2	0	0	0
Fluoruros	mg/L F ⁻	1.01	0.84	0.86	0.91
pH	pH	9.04	8.98	9.1	9.27
Conductividad eléctrica	µS/cm	802	805	806	812
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	402	404	404	406
Temperatura	°C	22.1	21.9	22.3	22

P: Punto.

Tabla 13.- Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 2.

MUESTREO 2.					
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes totales	NMP/100ml	130	230	80	70
Coliformes fecales	NMP/100ml	20	130	40	70
Turbiedad	UTN	31.9	30.3	32.3	27.7
Nitritos	mg/L NO ₂	0.007	0.005	0.006	0.004
Nitratos	mg/L NO ₃	1.9	2	1.8	1.4
Color	Esc. Pt-Co	367	401	473	408
Cloruros	mg/L C ⁻	77.99	92.15	88.62	77.99
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	1.16	1.2	1.2	1.18
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	145	140	144	141
Sulfatos	mg/L SO ₄	1	0	0	0
Fluoruros	mg/L F ⁻	0.91	0.79	0.75	0.92
pH	pH	8.32	8.67	8.69	8.54
Conductividad eléctrica	µS/cm	861	844	841	846
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	423	418	420	417
Temperatura	°C	20	20.5	20.7	18.8

P: Punto.

Tabla 14.- Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 3.

MUESTREO 3.					
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes totales	NMP/100ml	140	40	80	110
Coliformes fecales	NMP/100ml	140	40	80	110
Turbiedad	UTN	53.6	50.9	47.3	50.2
Nitritos	mg/L NO ₂	0.005	0.01	0.011	0.008
Nitratos	mg/L NO ₃	1.3	0.6	1.2	0.1
Color	Esc. Pt-Co	517	547	470	128
Cloruros	mg/L C ⁻	88.62	88.62	88.62	85.02
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0.64	0.6	0.7	0.6
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	156	155	153	154
Sulfatos	mg/L SO ₄	0	0	3	0
Fluoruros	mg/L F ⁻	0.77	0.74	0.85	0.74
pH	pH	8.42	8.56	8.45	8.48
Conductividad eléctrica	µS/cm	902	898	905	904
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	453	450	453	452
Temperatura	°C	21.9	21.5	21.2	21.8

P- Punto.

Tabla 15.- Resultados de los parámetros que se analizaron en el muestreo 4.

MUESTREO 4.					
Parámetros	Unidades	P1	P2	P3	P4
Coliformes totales	NMP/100ml	170	80	0	220
Coliformes fecales	NMP/100ml	40	0	0	20
Turbiedad	UTN	52.2	51.2	62.2	57.9
Nitritos	mg/L NO ₂	0.01	0.007	0.005	0.009
Nitratos	mg/L NO ₃	2.5	1.7	0.1	0.3
Color	Esc. Pt-Co	323	245	290	223
Cloruros	mg/L C ⁻	120.53	120.53	120.53	127.62
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0.64	0.66	0.72	0.68
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L	187	184	183	191
Sulfatos	mg/L SO ₄	0	0	0	0
Fluoruros	mg/L F ⁻	0.85	1.69	0.76	0.82
pH	unidades de pH	9.4	9.4	9.4	9.2
Conductividad eléctrica	µS/cm	1098	1101	1098	1108
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	554	551	554	557
Temperatura	°C	23.6	23.8	23.6	21.8

P- Punto.

Anexo II.

Tabla 16.- Valores absolutos del ICA del muestreo I punto 1.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	0	100	3	300	57.04	0.75
Coliformes fecales	0	100	4	400		
Turbiedad	28	40	3	120		
Nitritos	0.007	90	2	180		
Nitratos	1.7	90	2	180		
Color	135	20	4	80		
Cloruros	63.81	80	1	80		
Dureza Total	1.2	100	1	100		
Sulfatos	2	100	2	200		
Fluoruros	1.01	70	3	210		
pH	9.04	40	1	40		
Conductividad eléctrica	802	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	402	90	2	180		
Temperatura	22.1	80	1	80		
SUMA TOTAL			33	2510		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 17.- Valores absolutos del ICA del muestreo I punto 2.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	20	10	3	30	42.27	0.75
Coliformes fecales	20	10	4	40		
Turbiedad	28.8	40	3	120		
Nitritos	0.011	80	2	160		
Nitratos	1	90	2	180		
Color	314	0	4	0		
Cloruros	60.27	80	1	80		
Dureza Total	1.14	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.84	80	3	240		
pH	8.98	80	1	80		
Conductividad eléctrica	805	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	404	90	2	180		
Temperatura	21.9	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1860		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 18.- Valores absolutos del ICA del muestreo I punto 3.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	40	10	3	30	42.27	0.75
Coliformes fecales	40	10	4	40		
Turbiedad	26.3	40	3	120		
Nitritos	0.003	100	2	200		
Nitratos	1.3	90	2	180		
Color	264	0	4	0		
Cloruros	63.81	80	1	80		
Dureza Total	1.1	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.86	80	3	240		
pH	9.1	50	1	50		
Conductividad eléctrica	806	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	404	90	2	180		
Temperatura	22.3	80	1	80		
SUMA TOTAL			33	1860		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 19.- Valores absolutos del ICA del muestreo I punto 4.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	40	10	3	30	42.72	0.75
Coliformes fecales	40	10	4	40		
Turbiedad	23.7	40	3	120		
Nitritos	0.007	90	2	180		
Nitratos	2	80	2	160		
Color	140	20	4	80		
Cloruros	60.27	80	1	80		
Dureza Total	1.34	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.91	70	3	210		
pH	9.27	50	1	50		
Conductividad eléctrica	812	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	406	90	2	180		
Temperatura	22	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1880		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 20.- Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 1.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	130	10	3	30	41.81	0.75
Coliformes fecales	20	10	4	40		
Turbiedad	31.9	30	3	90		
Nitritos	0.007	90	2	180		
Nitratos	1.9	90	2	180		
Color	367	0	4	0		
Cloruros	77.99	80	1	80		
Dureza Total	1.16	100	1	100		
Sulfatos	1	100	2	200		
Fluoruros	0.91	70	3	210		
pH	8.32	90	1	90		
Conductividad eléctrica	861	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	423	90	2	180		
Temperatura	20	100	1	100		
SUMA TOTAL			33	1840		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 21.- Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 2.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	230	10	3	30	41.81	0.75
Coliformes fecales	130	10	4	40		
Turbiedad	30.3	30	3	90		
Nitritos	0.005	90	2	180		
Nitratos	2	80	2	160		
Color	401	0	4	0		
Cloruros	92.15	80	1	80		
Dureza Total	1.2	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.79	80	3	240		
pH	8.67	80	1	80		
Conductividad eléctrica	844	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	418	90	2	180		
Temperatura	20.5	100	1	100		
SUMA TOTAL			33	1840		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 22.- Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 3.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	80	10	3	30	42.27	0.75
Coliformes fecales	40	10	4	40		
Turbiedad	32.3	30	3	90		
Nitritos	0.006	90	2	180		
Nitratos	1.8	90	2	180		
Color	473	0	4	0		
Cloruros	88.62	80	1	80		
Dureza Total	1.2	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.75	80	3	240		
pH	8.69	80	1	80		
Conductividad eléctrica	841	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	420	90	2	180		
Temperatura	20.7	100	1	100		
SUMA TOTAL			33	1860		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 23.- Valores absolutos del ICA del muestreo 2 punto 4.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	70	10	3	30	42.72	0.75
Coliformes fecales	70	10	4	40		
Turbiedad	27.7	40	3	120		
Nitritos	0.004	100	2	200		
Nitratos	1.4	90	2	180		
Color	408	0	4	0		
Cloruros	77.99	80	1	80		
Dureza Total	1.18	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.92	70	3	210		
pH	8.54	80	1	80		
Conductividad eléctrica	846	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	417	90	2	180		
Temperatura	18.8	100	1	100		
SUMA TOTAL			33	1880		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 24.- Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 1.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	140	10	3	30	41.59	0.75
Coliformes fecales	140	10	4	40		
Turbiedad	53.6	20	3	60		
Nitritos	0.005	90	2	180		
Nitratos	1.3	90	2	180		
Color	517	0	4	0		
Cloruros	88.62	80	1	80		
Dureza Total	0.64	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.77	80	3	240		
pH	8.42	90	1	90		
Conductividad eléctrica	902	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	453	90	2	180		
Temperatura	21.9	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1830		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 25.- Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 2.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	40	10	3	30	41.36	0.75
Coliformes fecales	40	10	4	40		
Turbiedad	50.9	20	3	60		
Nitritos	0.01	80	2	160		
Nitratos	0.6	100	2	200		
Color	547	0	4	0		
Cloruros	88.62	80	1	80		
Dureza Total	0.6	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.74	80	3	240		
pH	8.56	80	1	80		
Conductividad eléctrica	898	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	450	90	2	180		
Temperatura	21.5	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1820		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 26.- Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 3.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	80	10	3	30	41.81	0.75
Coliformes fecales	80	10	4	40		
Turbiedad	47.3	30	3	90		
Nitritos	0.011	80	2	160		
Nitratos	1.2	90	2	180		
Color	470	0	4	0		
Cloruros	88.62	80	1	80		
Dureza Total	0.7	100	1	100		
Sulfatos	3	100	2	200		
Fluoruros	0.85	80	3	240		
pH	8.45	90	1	90		
Conductividad eléctrica	905	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	453	90	2	180		
Temperatura	21.2	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1840		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0.25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 27.- Valores absolutos del ICA del muestreo 3 punto 4.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	110	10	3	30	43.86	0.75
Coliformes fecales	110	10	4	40		
Turbiedad	50.2	20	3	60		
Nitritos	0.008	90	2	180		
Nitratos	0.1	100	2	200		
Color	128	20	4	80		
Cloruros	85.02	80	1	80		
Dureza Total	0.6	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.74	80	3	240		
pH	8.48	90	1	90		
Conductividad eléctrica	904	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	452	90	2	180		
Temperatura	21.8	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1930		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0.25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 28.- Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 1.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	Ci*Pi	$\frac{\sum Ci*Pi}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	170	10	3	30	39.31	0.75
Coliformes fecales	40	10	4	40		
Turbiedad	52.2	20	3	60		
Nitritos	0.01	80	2	160		
Nitratos	2.5	80	2	160		
Color	323	0	4	0		
Cloruros	120.53	70	1	70		
Dureza Total	0.64	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.85	80	3	240		
pH	9.4	70	1	70		
Conductividad eléctrica	1098	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	554	80	2	160		
Temperatura	23.6	80	1	80		
SUMA TOTAL			33	1730		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 29.- Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 2.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	Ci*Pi	$\frac{\sum Ci*Pi}{\sum Pi*k}$	k
Coliformes totales	80	10	3	30	46.36	0.75
Coliformes fecales	0	100	4	400		
Turbiedad	51.2	20	3	60		
Nitritos	0.007	90	2	180		
Nitratos	1.7	90	2	180		
Color	245	0	4	0		
Cloruros	120.53	70	1	70		
Dureza Total	0.66	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	1.69	50	3	150		
pH	9.4	70	1	70		
Conductividad eléctrica	1101	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	551	80	2	160		
Temperatura	23.8	80	1	80		
SUMA TOTAL			33	2040		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 30.- Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 3.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi* k}$	k
Coliformes totales	0	100	3	300	55	0.75
Coliformes fecales	0	100	4	400		
Turbiedad	62.2	20	3	60		
Nitritos	0.005	90	2	180		
Nitratos	0.1	100	2	200		
Color	290	0	4	0		
Cloruros	120.53	70	1	70		
Dureza Total	0.72	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.76	80	3	240		
pH	9.4	70	1	70		
Conductividad eléctrica	1098	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	554	80	2	160		
Temperatura	23.6	80	1	80		
SUMA TOTAL			33	2420		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Tabla 31.- Valores absolutos del ICA del muestreo 4 punto 4.

PARÁMETRO	RESULTADO	Ci	Pi	CI*PI	$\frac{\sum CI*PI}{\sum Pi* k}$	k
Coliformes totales	220	10	3	30	40.9	0.75
Coliformes fecales	20	10	4	40		
Turbiedad	57.9	20	3	60		
Nitritos	0.009	90	2	180		
Nitratos	0.3	100	2	200		
Color	223	0	4	0		
Cloruros	127.62	70	1	70		
Dureza Total	0.68	100	1	100		
Sulfatos	0	100	2	200		
Fluoruros	0.82	80	3	240		
pH	9.2	70	1	70		
Conductividad eléctrica	1108	90	4	360		
Sólidos Disueltos Totales	557	80	2	160		
Temperatura	21.8	90	1	90		
SUMA TOTAL			33	1800		

Ci - Valor porcentual asignado a los parámetros.

Pi - Peso asignado a cada parámetro.

k - Constante que varía de 1 a 0,25 según la contaminación aparente del agua.

Anexo III.

Tabla 32.- Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA).

	MI	M2	M3	M4
PUNTO 1	57.04	41.81	41.59	39.31
PUNTO 2	42.27	41.81	41.36	46.36
PUNTO 3	42.27	42.27	41.81	55
PUNTO 4	42.72	42.72	43.86	40.9

M- Muestreo.

BIBLIOTECA UCOSU