

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INGENIERÍA



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERIA

“Diagnóstico de la variabilidad climática y calidad del agua en los cuerpos de agua del estado de Baja California, México”

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA

Jesse Evert Parra Morales

Director: Dr. Néstor Santillán Soto

Codirector: Dr. O. Rafael García Cueto

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS

Por haberme permitido llegar a esta instancia, darme salud y fortaleza para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A MI MADRE TRINIDAD

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A MI PADRE JOSÉ:

Por los ejemplos de responsabilidad y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante en cualquier situación y por su amor.

A MI TIO MARCO ANTONIO:

Por su ejemplo, ayuda y preocupación en todo momento de mi vida.

A MI TIO JOSÉ LUIS:

Por creer en mí y ser un ejemplo tanto laboral como personal.

DR. NÉSTOR SANTILLÁN SOTO:

Por haber confiado en mí persona, por su paciencia, el apoyo incondicional, por los consejos y por la dirección de este trabajo.

DR. O. RAFAEL GARCÍA CUETO:

Por su gran apoyo, motivación, consejos y ayuda para la culminación y elaboración de esta tesis, también por la confianza que me brindo en todo momento.

A MIS MAESTROS:

Dra. Concepción Carreón Diazconti, Dra. Socorro Romero Hernández, Dra. Silvia Ahumada Valdez y Dr. Jorge Ramírez Hernández, por su tiempo, sus oportunos comentarios y correcciones a este proyecto.

A MIS AMIGOS:

Ing. Zalia Patricia Haro Rincón, M.C. Elvia Contreras Navarro que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación académica, profesional y personal, y que hasta ahora, seguimos siendo amigos. A Ángel Raúl Cabrera Fimbres y Claudia Noemí Robles Flores por el apoyo incondicional y principalmente por ayudarme a sobreponerme en un momento crucial de mi vida y no dejarme caer.

RESUMEN

Dado que los cuerpos de agua son los indicadores que más tardíamente reflejan la variabilidad climática, es importante realizar un diagnóstico de su comportamiento, de sus afectaciones y sus consecuencias, con el propósito de preservar la calidad del agua de la región. Ya que es una tarea muy compleja, se espera que diversos fenómenos tengan un efecto sobre estos reservorios. Estos fenómenos se traducen en un incremento en las temperaturas promedio, modificación de pH, aumento en la toxicidad, deficiencia de oxígeno, entre otros.

Como resultado de la preocupación que se deriva de la afectación ante esta variabilidad climática, se llevó a cabo este proyecto de diagnóstico de la variabilidad climática y calidad del agua en los principales reservorios del estado de Baja California, a partir de las bases de datos proporcionadas por dependencias gubernamentales, las cuales se analizaron y procesaron para detectar dichos cambios en los diferentes parámetros antes mencionados y además, contribuir con el trabajo personal realizado que consistió de visitas a los principales cuerpos de agua del estado de Baja California, y un levantamiento sobre los efectos tributarios en los diferentes sitios de estudio.

Se encontró una variabilidad positiva en las temperaturas de los cuerpos de agua, y que esta tiene una correlación significativa con la variación de la temperatura ambiente; también muestra una variación en los diferentes parámetros fisicoquímicos, las cuales ocasionan afectaciones a la salud y los sistemas acuáticos.

Esta investigación será de gran utilidad y podrá contribuir a valorar la situación de los efectos de la variabilidad climática y calidad en los cuerpos de agua.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 CONTEXTO MUNDIAL.....	5
2.2 CONTEXTO NACIONAL.....	12
2.3 CONTEXTO REGIONAL.....	15
3. METODOLOGÍA.....	18
3.1 VISITAS DE CAMPO.....	19
3.2 ANÁLISIS Y DETECCIÓN DE IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA.....	19
3.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE INFORMACIÓN.....	20
3.2.2 SELECCIONAR LOS PRINCIPALES CUERPOS DE AGUA.....	21
3.2.3 HOMOGENIZACIÓN DE TODOS LOS REGISTROS A UN FORMATO DE FÁCIL MANEJO.....	21
3.2.4 DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE DATOS ATÍPICOS.....	22
3.2.5 CALCULO DE LAS CORRELACIONES Y ESTIMACIÓN DE VARIACIÓN DE LASTEMPERATURAS POR PERIODO, AÑO Y MES.....	24
3.2.6 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	24
4. RESULTADOS.....	26
4.1. PRESA EL CARRIZO.....	26
4.2. PRESA ABELARDO L. RODRÍGUEZ.....	39
4.3. PRESA EMILIANO LÓPEZ ZAMORA.....	52
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	66
5.1. PRESA EL CARRIZO.....	66
5.2. PRESA ABELARDO L. RODRÍGUEZ.....	67
5.3. PRESA EMILIANO LÓPEZ ZAMORA.....	68
5.4 INFERENCIA DE AFECTACIONES.....	68
6. CONCLUSIÓN.....	72
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
8. ANEXOS.....	78

INDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Ejemplos de vulnerabilidad actual de los recursos de agua dulce y de su gestión; al fondo, un mapa de estrés hídrico, basado en WaterGAP. (Alcamo et al., 2003) Véase en el texto su relación con el cambio climático (IPCC, 2007)	10
Figura 2. Ubicación de los cuerpos de agua en estudio	18
Figura 3. Grafica de control X-Rm	23
Figura 4. Foto panorámica presa El Carrizo	26
Figura 5. Tabla para grafica X-Rm presa El Carrizo	26
Figura 6. Grafica de control X-Rm presa El Carrizo.....	27
Figura 7. Análisis estadístico de diferencia de temperatura, presa El Carrizo	28
Figura 8. Gráfica de variabilidad climática periodo 1980-1990, presa El Carrizo	29
Figura 9. Gráfica de variabilidad climática periodo 1991-2008, presa El Carrizo	29
Figura 10. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo en el período de 1987-1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	30
Figura 11. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo en el período de 1991-2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	30
Figura 12. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado	31
Figura 13. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 1980 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	31
Figura 14. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	32
Figura 15. Gráfica de dispersión y tendencia lineal de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado	32
Figura 16. Gráfica de cambio promedio temporal de DBO ₅ tres diferentes períodos en Presa El Carrizo	34
Figura 17. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO ₅ , presa El carrizo	34
Figura 18. Gráfica de cambio promedio temporal de Oxígeno Disuelto (O.D.) variabilidad en Presa El Carrizo	35
Figura 19. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto (O.D.), Presa El Carrizo	35
Figura 20. Gráfica de cambio promedio temporal de pH en Presa El Carrizo.....	36
Figura 21. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de pH, Presa El Carrizo.....	36

Figura 22. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³) y la variación del pH en los años 1987 a 2010, Presa El Carrizo	37
Figura 23. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³), la variación del oxígeno disuelto (O.D.) y el DBO ₅ en los años 1987 a 2010, Presa El Carrizo	37
Figura 24. Foto panorámica de la presa Abelardo L. Rodríguez.....	39
Figura 25. Tabla para grafica X-Rm presa Abelardo L. Rodríguez	39
Figura 26. Grafica de control X-Rm presa Abelardo L. Rodríguez.....	40
Figura 27. Análisis de variabilidad climática en presa Abelardo L. Rodríguez	40
Figura 28. Grafica de variabilidad climática 1979-1990, Presa Abelardo L. Rodríguez	41
Figura 29. Grafica de variabilidad climática 1991-2008, Presa Abelardo L. Rodríguez	42
Figura 30. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1987 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	42
Figura 31. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	43
Figura 32. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 2001 a 2008. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	43
Figura 33. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS Temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1979 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado	44
Figura 34. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado	44
Figura 35. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado	45
Figura 36. Gráfica de cambio temporal promedio en DBO ₅ , presa Abelardo L. Rodríguez	47
Figura 37. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO ₅ , Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008)	47
Figura 38. Gráfica de cambio temporal promedio en Oxígeno Disuelto (O.D.), Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008).....	48
Figura 39. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto(O.D.), Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008)	48
Figura 40. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Abelardo L. Rodríguez de 1979 a 2008.....	49

Figura 41. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Abelardo L. Rodríguez de 1979 a 2008.....	49
Figura 42. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³) y la variación del pH en los años 1988 a 2010, Presa Abelardo L. Rodríguez	50
Figura 43. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³), la variación del oxígeno disuelto (mg/l) y DBO ₅ (mg/l) en los años 1988 a 2010, Presa Abelardo L. Rodríguez	50
Figura 44. Foto panorámica presa Emiliano López Zamora	52
Figura 45. Tabla para grafica X-Rm presa Emiliano L. Zamora	52
Figura 46. Grafica de control X-Rm presa Emiliano L. Zamora.....	53
Figura 47. Tabla de variabilidad climática presa Emiliano López Zamora	53
Figura 48. Grafica de variabilidad climática 1979-1990, presa Emiliano L. Zamora	54
Figura 49. Grafica de variabilidad climática 1991-2008, presa Emiliano L. Zamora	55
Figura 50. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el período de 1987 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	55
Figura 51. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el período de 1991 a 1999. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	56
Figura 52. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el período de 2001 a 2008. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	56
Figura 53. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	57
Figura 54. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	57
Figura 55. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación encontrado.....	58
Figura 56. Gráfica de cambio temporal promedio en DBO ₅ , presa Emiliano López Zamora	60
Figura 57. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO ₅ , presa Emiliano López Zamora (1979-2008).....	60
Figura 58. Gráfica de cambio temporal promedio en Oxígeno Disuelto (O.D.) en la Presa Emiliano López Zamora (1979-2008)	61
Figura 59. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto (O.D.) en la Presa Emiliano López Zamora (1979-2008).....	61
Figura 60. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Emiliano López Zamora	62

Figura 61. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Emiliano López Zamora	62
Figura 62. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³) y la variación del pH en los años 1978 a 2010 en la Presa Emiliano López Zamora	63
Figura 63. Gráfica en la que se muestra el Almacenamiento promedio anual de agua (Mm ³) y la variación del Oxígeno Disuelto (mg/l) y DBO ₅ (mg/l) en los años 1978 a 2010 en la Presa Emiliano López Zamora.....	63

INDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Escala de clasificación de calidad del agua. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO ₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST). CONAGUA, 2012)	8
Tabla 2. Etapas para el análisis y detección de impactos en el agua	19
Tabla 3. Identificación de los cuerpos de agua, datos proporcionados por el IMTA	20
Tabla 4. Parámetros de los cuerpos de agua proporcionados por el IMTA	20
Tabla 5. Tabla para formar grafica de control	22
Tabla 6. Tabla de test estadístico (prueba T) presa El Carrizo	28
Tabla 7. Comparativo de correlaciones, presa El Carrizo periodo 1987-2008.....	33
Tabla 8. Comparativo de correlaciones por periodos, presa el Carrizo	33
Tabla 9. Tabla de test estadístico (prueba T) presa Abelardo L. Rodríguez.....	41
Tabla 10. Comparativo de correlaciones presa Abelardo L. Rodríguez periodo 1987-2008.....	45
Tabla 11. Comparativo de correlaciones por periodos, presa Abelardo L. Rodríguez	46
Tabla 12. Tabla de test estadístico (prueba T) presa Emiliano L. Zamora.....	54
Tabla 13. Comparativo de correlaciones en presa Emiliano López Zamora periodo 1987-2008	58
Tabla 14. Comparativo de correlaciones por periodos, presa Emiliano López Zamora	59

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más importantes en este siglo XXI. Un indicador de este cambio ha sido el rápido incremento en las temperaturas promedio globales observadas y la presencia de eventos atmosféricos extremos. Todo indica que en los escenarios climáticos futuros el planeta estará bajo exigencias cada vez más crítico y las sociedades serán fuertemente impactadas dependiendo de su modelo de desarrollo socioeconómico, de las estrategias de mitigación y de la adaptabilidad al entorno futuro.

En el recurso hídrico, el cambio climático tendrá impactos innegables, los cuales pueden afectar el ciclo del agua, y por tanto su cantidad, calidad y los patrones de consumo. A su vez, la dinámica de estos patrones y el desarrollo económico seguramente incrementará las demandas en el suministro de agua. De manera recurrente la variabilidad climática ha afectado la disponibilidad de agua. Algunos países, entre ellos México, está experimentado serias carestías, y es muy probable que en el futuro este problema se acentúe por efectos del cambio climático (UNESCO-WWAP, 2009).

Por otra parte, la influencia del cambio climático en la calidad del agua es un tema que no se ha estudiado con la profundidad requerida, sin embargo, en términos generales se han detectado varios problemas: a) incremento en la frecuencia de entrada de agua turbia debido a un aumento en el número de días de fuerte lluvia; b) estancamiento de la circulación en los reservorios de agua debido al calentamiento global, sobre todo en el invierno; c) riesgo creciente de químicos tóxicos en los reservorios de agua no tratada debido al incremento de fauna dañina; d) incremento en la producción de trihalometano debido al aumento en la temperatura del agua; y e) riesgo creciente de microorganismos patógenos en los contenedores de agua residenciales debido a la elevación en la temperatura del agua.

Los cuerpos de agua son los indicadores que más tardíamente reflejan la variabilidad climática por su lento tiempo de respuesta, se sabe, sin embargo que el aumento de las temperaturas deteriora la calidad del agua, dando lugar a una menor concentración de oxígeno y alteraciones en el potencial hidrogeno (pH) y es un hecho que el cambio climático aunado a los cambios de caudal y volumen acentúen estos efectos. Otro indicador con el que se cuenta y que

corroborar este fenómeno son las recientes investigaciones que han dado evidencia científica del aumento en los promedios de temperaturas en los cuerpos de agua. México y en particular Baja California cuentan con reservorios de agua vitales, en los que se pueden ver reflejadas las tendencias y variabilidades tanto en sus temperaturas, como en sus propiedades físico-químicas. Cualquier cambio en las temperaturas de los cuerpos de agua por mínimo que sea afecta la calidad de los mismos. Así que para subsanar la carencia de estudios relacionados con la variabilidad climática y la calidad del agua se propuso este estudio con el que se espera identificar cualquier tendencia de variabilidad de la temperatura promedio en los cuerpos de agua de Baja California, que aunado al análisis de parámetros físico-químicos, se podrá generar un diagnóstico del estado actual de los principales reservorios de agua en el Estado. Producto de ese diagnóstico se determinarán posibles impactos en la salud y alteraciones en los ecosistemas, para finalmente proponer medidas de mitigación que aminoren el impacto del cambio climático en la calidad del agua.

En función de lo anterior, se establece la siguiente hipótesis de trabajo: “la temperatura en los principales reservorios de agua de Baja California, aunado a períodos de bajo almacenamiento, se ha incrementado, debido a la variabilidad climática”. Lo que, para darle respuesta, origina los siguientes objetivos de la presente tesis.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar la variabilidad climática en los cuerpos de agua de Baja California.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la tendencia temporal de la temperatura del aire, temperatura del agua, pH, DBO₅, O.D. y almacenamiento de agua en los principales reservorios de agua de Baja California.
- Proponer modelos de regresión de primer orden y establecer el vínculo estadístico de los parámetros enunciados anteriormente.
- Inferir el impacto en la salud y en los ecosistemas acuáticos.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CONTEXTO MUNDIAL

El proceso de cambio climático se perfila como el problema ambiental global más relevante de nuestro siglo, en función de sus impactos previsibles sobre los recursos hídricos, los ecosistemas, la biodiversidad, los procesos productivos, la infraestructura, la salud pública y, en general, sobre los diversos componentes que configuran el proceso de desarrollo.

Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar gravemente afectados por el cambio climático, con diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas. Los ecosistemas acuáticos no solo proporcionan alimento y agua para el consumo humano, si no que mantienen y mejoran la calidad del agua al filtrar, almacenar y convertir los contaminantes; reponen los nutrientes para las tierras de cultivo, son hábitat de apoyo y dan alimentos para la vida silvestre además de proveer oportunidades de recreación. El calentamiento global, los cambios en los patrones de precipitación, y los cambios en el uso de recursos por los seres humanos en respuesta a cambio climático también podrían alterar significativamente la calidad de los cuerpos de agua. Predecir la respuesta ecológica a los cambios en el clima es complejo y se ve actualmente obstaculizada por la escasez, calidad, control o distribución de datos a largo plazo sobre las tendencias de calidad del agua. (Bryson, 2008)

El cambio climático desafía la hipótesis tradicional de que la experiencia hidrológica del pasado es un antecedente adecuado para las condiciones futuras. Las consecuencias del cambio climático pueden alterar la fiabilidad de los actuales sistemas de gestión hídrica y de las infraestructuras relacionadas con el agua. Aunque las proyecciones cuantitativas de los cambios de la precipitación, del caudal de los ríos y de los niveles hídricos en las cuencas fluviales son inciertas, es muy probable que las características hidrológicas varíen en el futuro. En algunos países y regiones se están desarrollando procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgo que incorporan los cambios hidrológicos previstos, junto con sus correspondientes incertidumbres. (Hammond, 2007)

Se espera que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1.4 °C y 5.8 °C en el periodo 1990–2100, y que las áreas terrestres tengan un calentamiento mayor que la media mundial. Los aumentos medios mundiales esperados son entre 2 y 10 veces mayores que el valor central del calentamiento observado durante el siglo XX, y es muy probable que el nivel estimado de calentamiento no tenga precedente durante, al menos, los últimos 10 000 años. Durante los periodos 1990–2025 y 1990–2050, los aumentos esperados se encuentran comprendidos entre 0.4 °C y 1.1 °C y de entre 0.8 °C y 2.6 °C respectivamente. El cambio más destacado es el calentamiento en las regiones del norte de América, y del norte y Centro de Asia, que superan cada una el calentamiento medio mundial en más del 40 por ciento. En contraste, el calentamiento es menor que el cambio medio mundial en el sur y el sudeste de Asia durante el verano, y en el sur de Sudamérica durante el invierno. (IPCC, 2001)

El estudio de la temperatura del agua en ríos tiene una larga historia, y en Europa, por ejemplo, se remonta a las mediciones realizadas en el río Nilo por Coutelle durante la expedición napoleónica a Egipto entre 1799 y 1801. El interés por la formación de hielo en las principales vías navegables interiores (Smith, 1972) impulsó la creación de un control sistemático de las temperaturas del río en países como Austria a finales del siglo XIX (Webb, 1995), momento en que el comportamiento térmico de las corrientes de agua en Europa Central fue el tema principal de investigación científica (Forster, 1894). El progreso en la comprensión de la temperatura de los arroyos y ríos ha sido objeto de tres revisiones generales anteriores. (Smith, 1972) estudió las cartas llevadas a cabo desde finales del siglo XX para determinar la base física de la temperatura del agua en los ríos sin contaminación y para evaluar el papel de las diferentes actividades humanas en la generación de la contaminación térmica. (Ward, 1985) examinó los datos disponibles sobre las condiciones térmicas existentes en los ecosistemas lóticos del hemisferio sur, por lo que se tiene un resumen sobre los factores que controlan la temperatura de arroyos y ríos, la naturaleza del régimen térmico y el papel de las modificaciones humanas. (Webb, 2008)

El agua en los ríos, acuíferos y lagos contiene de manera natural muchos materiales disueltos, dependiendo de los elementos que la atmósfera contenga, condiciones geológicas y clima. Estos materiales definen las características químicas del agua. Sus características biológicas se definen por la flora y la fauna en el cuerpo de agua, y la temperatura, carga de sedimentos y color

son características físicas importantes. La *calidad* del agua está en función de las características físicas, químicas y biológicas y es un valor asociado a estándares de acuerdo al uso que se le asigne (EEA, 2007)

La calidad del agua puede ser deteriorada, y no cumplir los estándares previstos por la normatividad, como resultado de las actividades humanas al incorporar en ella materias extrañas, pudiendo ser microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Los principales contaminantes del agua son: aguas residuales, agentes infecciosos, nutrientes vegetales, productos químicos, petróleo, minerales inorgánicos, compuestos químicos, sedimentos formados por las partículas del suelo y arrastrados, sustancias radiactivas y el calor. La composición de las aguas se averigua a través de mediciones físicas, químicas y biológicas (microbiológicas), y comparando los valores obtenidos con los que determina la normativa vigente.

La evaluación de la calidad del agua se realiza utilizando tres indicadores, la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). A los tres anteriores se le puede añadir el potencial Hidrógeno (pH) que sirve para determinar la acidez de las aguas.

La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal. La primera determina la cantidad de materia orgánica biodegradable, y la segunda mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento en la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos. Un aumento en la DQO indica la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales. Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento en los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

En la tabla 1 se muestra los indicadores, criterio, escala y clasificación, para determinar la calidad del agua.

Tabla 1. Escala de clasificación de calidad del agua. Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendedos Totales (SST). (CONAGUA, 2012).

CRITERIO	CLASIFICACIÓN
DBO5 \leq 3 DQO \leq 10 SST \leq 25	EXCELENTE (No contaminada)
3 < DBO5 \leq 6 10 < DQO \leq 20 25 < SST \leq 75	BUENA CALIDAD (Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable)
6 < DBO5 \leq 30 20 < DQO \leq 40 75 < SST \leq 150	ACEPTABLE (Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente)
30 < DBO5 \leq 120 40 < DQO \leq 200 150 < SST \leq 400	CONTAMINADA (Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal)
DBO5 > 120 DQO > 200 SST > 400	FUERTEMENTE CONTAMINADA (Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales)

En los últimos años la Organización de las Naciones Unidas se ha preocupado por hacer evaluaciones sobre el fenómeno del cambio climático en diversos sectores (ecosistemas, recursos hídricos, salud humana, etc.) y los ha dado a conocer a la opinión pública internacional. Esto ha propiciado el interés de llevar a cabo más investigaciones que permitan cubrir aquellos aspectos del conocimiento todavía endeble. Por este motivo, se han hecho estudios para predecir los efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

Entre los principales resultados obtenidos, se ha reportado que incrementos en la temperatura deteriorarían la calidad del agua en la mayoría de los cuerpos de agua contaminados al incrementar las actividades biológicas que consumen oxígeno y disminuir la concentración de la saturación del oxígeno disuelto. (Moreno, 2010)

Otro de los impactos reportados por el cambio climático es su influencia potencial de la demanda de agua. La demanda municipal se relaciona en cierta medida con el clima, las tasas de uso varían de acuerdo a los climas. En particular se relaciona con un incremento en actividades personales de aseo. Por otro lado, la demanda de agua para enfriamiento por parte de la industria puede verse afectado por el cambio climático. La demanda agrícola, en particular el agua para irrigación, se considera bastante sensible ante el cambio climático. (EEA, 2007)

Existen varios indicadores de estrés en los recursos hídricos, incluyendo la cantidad de agua disponible por persona y la tasa de volumen obtenida con el volumen de agua potencialmente disponible. Cuando las extracciones son mayores al 20% del total de recursos renovables, el estrés de los recursos es con frecuencia un factor limitante del desarrollo, extracciones del 40% o más representa un estrés alto. Ante los escenarios de cambio climático se predice el tipo de estrés que habrá en cuanto a la disponibilidad de agua y a su calidad. (Arnel, 2001)

En las evaluaciones de escala mundial, se considera que una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1 000 m³/año (tomando como base el promedio histórico de la escorrentía) o cuando el cociente entre la extracción de agua y el promedio anual histórico de escorrentía es superior a 0.4. Un volumen de agua superior a 1 000 m³ por habitante y año es normalmente más de lo necesario para usos domésticos, industriales y agrícolas. Existen cuencas de ese tipo en el norte de África, región mediterránea, Oriente Medio y Próximo, sur de Asia, norte de China, Estados Unidos de América, México, nordeste de Brasil, y costa occidental de América del Sur (Figura 1). La población que vive en esas cuencas asciende a un total estimado de entre 1 400 y 2 100 millones de personas. (IPCC, 2008)

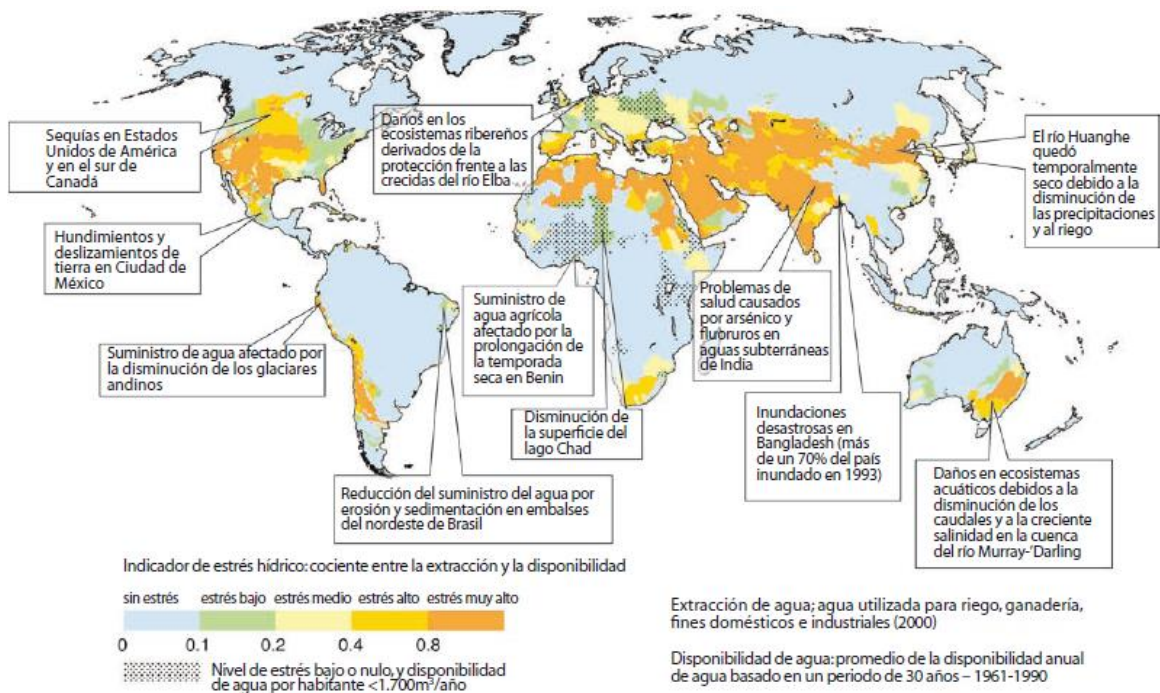


Figura 1: Ejemplos de vulnerabilidad actual de los recursos de agua dulce y de su gestión; al fondo, un mapa de estrés hídrico, basado en WaterGAP. (Alcamo et al., 2003) Véase en el texto su relación con el cambio climático (IPCC, 2007)

El uso de agua, en particular para regadío, aumenta generalmente con la temperatura y disminuye con la precipitación; no hay, sin embargo, evidencia de que el uso del agua haya estado históricamente relacionado con el clima en el pasado. Ello se debe, en parte, a la circunstancia de que responde principalmente a factores no climáticos y a la escasa calidad de los datos sobre el uso de agua en general, y de los datos cronológicos en particular. (IPCC, 2007)

La disponibilidad del agua proveniente de fuentes superficiales o pozos poco profundos depende de la variabilidad estacional e interanual del caudal fluvial, y la seguridad de los suministros de agua está determinada por los flujos menores de carácter estacional. En las cuencas en que predomina la nieve, temperaturas más elevadas originan caudales menores y, por consiguiente, un menor suministro de agua durante el verano. (Barnett, 2005) (IPCC, 2007)

En las áreas que padecen estrés hídrico, las personas y los ecosistemas son particularmente vulnerables a una disminución o a una mayor variabilidad de la precipitación por efecto del cambio climático.

En la mayoría de los países, excepto en algunas naciones industrializadas, el consumo de agua ha aumentado en las últimas décadas debido al crecimiento demográfico y económico, a la evolución del nivel de vida y a una mayor extensión de los sistemas de abastecimiento de agua, siendo el riego, con mucho, el destino más importante. El riego representa en torno a un 70% del agua extraída en todo el mundo, y más de un 90% de su consumo (es decir, del volumen de agua no reutilizable corriente abajo). (IPCC, 2007) El riego genera aproximadamente un 40% de la producción agrícola (Fischer et al., 2006). La superficie de riego mundial ha aumentado de manera aproximadamente lineal desde 1960 a un ritmo aproximado de un 2% al año, pasando de 140 millones de hectáreas entre 1961 y 1963, a 270 millones de hectáreas entre 1997 y 1999, que representan aproximadamente un 18% de la superficie cultivada total actual. (Bruinsma, 2003)

Aunque a nivel regional las tasas de cambio demográfico difieren mucho del promedio mundial, la tasa mundial está ya disminuyendo. El uso de agua a nivel mundial aumenta probablemente debido al crecimiento económico de los países desarrollados, aunque no hay datos fiables acerca de la rapidez de ese crecimiento. (IPCC, 2007)

En términos generales, la calidad del agua superficial y subterránea ha disminuido en los últimos decenios, debido principalmente al crecimiento de la actividad agrícola e industrial (UN, 2006). Para contrarrestar ese problema, muchos países (por ejemplo, de la Unión Europea, o Canadá) han establecido o aplicado normas en relación con el agua de desecho y han rehabilitado sus instalaciones de tratamiento de ese tipo de agua. (GEO-3, 2003) (IPCC, 2007)

En diversos países, se han llevado a cabo estudios para evaluar los efectos de la variabilidad climática sobre los cuerpos de agua; a continuación se citan algunos de estos estudios:

- Efectos de la variabilidad climática sobre la evaporación en el Lago Sparkling, Wisconsin, E.E.U.U. En este estudio se encuentra que las variaciones en la evaporación del lago tienen un impacto significativo en los balances de la energía y el agua de los lagos. La comprensión de estas variaciones y el papel del clima es importante para la gestión de los recursos hídricos, así como la predicción de futuros cambios en la hidrología del lago como consecuencia del cambio climático. Este estudio presenta un análisis exhaustivo de 10 años de las variaciones estacionales, intraestacional, e interanuales en la evaporación del lago

Sparkling. Las mediciones meteorológicas y de temperatura del lago se realizaron en una balsa y se complementaron con mediciones de la radiación neta desde un aeropuerto cercano. Los datos se analizaron en períodos de 14 días desde 1989 hasta 1998 (durante la temporada sin hielo). La tasa de evaporación media del lago Sparkling durante el período estudiado fue de 3,1 mm por día, con un coeficiente de variación de 25%. En los datos intraestacionales, los cambios en la evaporación se asocian principalmente con las variaciones meteorológicas sinópticas, con eventos de alta evaporación las cuales tiende a ocurrir durante las incursiones de aire frío y seco (debido, en parte, al desfase térmico entre la temperatura del aire y el lago). Las variaciones estacionales en la evaporación son en gran parte impulsado por la temperatura y la radiación neta, pero están fuera de fase con los cambios en la velocidad del viento. (Lenters *et al.*, 2005)

- Evaluación del impacto del cambio climático sobre el Lago Inland. En este estudio se muestra como resultado en el análisis de sensibilidad que los cambios en las precipitaciones se producen por grandes cambios de la temperatura en la escorrentía y la nubosidad, mientras que los cambios en el nivel del lago son igualmente sensibles a los cambios de temperatura y precipitación. Con la duplicación del CO₂ en la atmósfera, se encontró, en cuatro experimentos MCG (modelos de circulación global), condiciones más cálidas y húmedas en la región de Qinghai, que en la actualidad. La escorrentía total en la cuenca del lago y la evaporación, en la mayoría de los casos, aumentan a medida que las condiciones se vuelven más cálidas y húmedas. Los cambios en los niveles del lago seguirá siendo incierto debido a los efectos por el aumento de las precipitaciones las cuales se ven contrarrestadas por el aumento de la temperatura. [Boqiang Qin, 1998]

2.2 CONTEXTO NACIONAL

Los recursos hidráulicos de México, como sucede con el agua en cualquier parte del mundo, forman parte integral del ciclo hidrológico global. Las precipitaciones se originan a partir de la evaporación de la tierra y de los océanos. La humedad del suelo es utilizada por las plantas, que a su vez devuelven más humedad a la atmósfera. El agua que no se evapora o transpira o se filtra hacia los acuíferos, se escurre para formar las corrientes y los ríos de la nación.

La nieve que se almacena durante el invierno en las montañas proporciona agua para los ríos y deltas en la primavera y el verano. Las tormentas proporcionan humedad adicional; las sequías se presentan durante los largos períodos de baja precipitación, todo ello como parte de nuestro clima natural. (Canziani, 1998)

La modificación del balance de la radiación en el sistema tierra-atmosfera provocada por el incremento de concentraciones de gases de efecto invernadero, viene generando impactos en los sistemas acuáticos y terrestres a nivel mundial. La magnitud de riesgo frente al Cambio Climático no ha sido claramente identificada en función de la amenaza y vulnerabilidad. La modelación de la componente de vulnerabilidad tendría que dar cuenta del nivel de exposición, el grado sensibilidad de los sistemas naturales y finalmente la capacidad de adaptación. (Egas, 2006)

Los cambios en el clima ejercen una presión adicional y ya han comenzado a afectar a la biodiversidad. Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado desde tiempos preindustriales debido a actividades humanas, sobre todo la utilización de combustibles fósiles y los cambios en el uso y en la cubierta de los suelos. (SEMARNAT, 2010)

Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra a lo largo de todo el siglo XX: ha subido la temperatura de la superficie terrestre y marina, han cambiado los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones; se ha elevado el nivel del mar, y ha aumentado la frecuencia e intensidad de los fenómenos asociados con El Niño. Dichos cambios, sobre todo el incremento de las temperaturas en algunas zonas, han afectado la estación de la reproducción de animales y plantas y/a la migración de los animales, extensión de la estación de crecimiento, distribución de las especies, el tamaño de sus poblaciones, y a la frecuencia de las plagas y brotes de enfermedades. Algunos ecosistemas costeros o aquellos en altitud y latitud altas también se han visto afectados por los cambios en el clima regional. (SEMARNAT, 2009)

Durante mucho tiempo, en México se ha estado construyendo una vasta y compleja infraestructura para proporcionar agua potable para beber y para la industria, para descargar los residuos, para facilitar el transporte, para generar electricidad, para la irrigación de cultivos, y para reducir los peligros de inundaciones y sequías. Esta infraestructura ha aportado enormes beneficios,

aunque con altos costos tanto económicos como ambientales. Para el ciudadano común, las presas, plantas de tratamiento, y acueductos son en gran parte invisibles y se dan por hecho. Sin embargo, nos ayudan a aislarnos de los años secos y húmedos y moderan otros aspectos de nuestro clima naturalmente variable. Estos aspectos nos han permitido casi olvidarnos de nuestra complicada dependencia del clima, pero es algo que no podemos ignorar. (García, 2010)

Existen aspectos importantes que se tienen que tomar en cuenta a la hora de estudiar los cuerpos de agua, tales como los efectos tributarios, por ejemplo: drenajes, descargas de poblaciones, embalsamientos, obras de control transversal, obras de tipo longitudinal, etcétera; los cuales tienen un impacto significativo en el comportamiento y ciclo de los cuerpos de agua. En el caso de la construcción de embalses, la Comisión Mundial de Presas (WCD, por sus siglas en inglés) en el 2000, propone tres categorías para los impactos de esta obra a nivel de ecosistemas:

- Primer orden: incluyen consecuencias físicas, químicas y geomorfológicas producto del bloqueo del río y de alteraciones en la distribución espacio-temporal de la cubeta del embalse.
- Segundo orden: involucran cambios en la productividad primaria y en la estructura del canal, comprendiendo el tramo represado y principalmente el segmento delante de la barrera.
- Tercer orden: incluyen las modificaciones en las comunidades de invertebrados y peces producto de los impactos de primer y segundo orden. (Andrade, 2008)

La dinámica del flujo de agua se ve afectada principalmente por las obras de control transversal, aunque las de tipo longitudinal pueden alterarla también a pequeña escala aumentando la velocidad del flujo debido a una reducción en la erosión de materiales del lecho y los márgenes. En las obras transversales, las que más afectan la dinámica del flujo de agua son los embalses. En estos cuerpos de agua las fluctuaciones de nivel son mucho más intensas, frecuentes e irregulares que en los lagos y son inducidas por el tipo de operación hidráulica. Mientras los lagos suelen desaguar por la superficie, la descarga en embalses es de aguas intermedias o profundas. Los embalses tienen fluctuaciones grandes de nivel en períodos cortos y tasas de renovación más elevadas que en los lagos. Al igual que en los lagos, la forma y orientación de la cubeta respecto al régimen dominante de vientos es determinante en la circulación de las aguas en los embalses y de sus características de estratificación y mezcla. (Andrade, 2008)

En muchos casos y en muchos lugares, existe una indudable evidencia científica que indica que los cambios climáticos plantean severos retos para nuestros sistemas hidráulicos. La buena noticia es que cuando los cambios climáticos son menores o en donde otros factores son los que dominan, los impactos sobre los recursos hídricos en México pueden ser menores. En algunas regiones y por diferentes razones, los cambios climáticos pueden incluso disminuir los riesgos y las tensiones provocadas por las poblaciones en crecimiento, por la industrialización y por los cambios en el uso del suelo. La mala noticia es que existe una amplia evidencia que sugiere que algunos aspectos de nuestros recursos hídricos son muy sensibles tanto al clima como a la forma en que manejamos nuestros complejos sistemas hidráulicos. Los cambios en el manejo de estos sistemas requieren comprender cuáles cambios serían los más efectivos, y después apelar a la voluntad y dirección de las personas responsables de ello. Pasar por alto o mitigar otros tipos de impactos, aun cuando es posible, podría resultar muy costoso en dinero, salud ambiental e incluso en vidas humanas. (OMM, 2002)

La gestión de los recursos hídricos afecta claramente a muchos otros ámbitos de políticas; por ejemplo, energía, salud, seguridad alimentaria, o conservación de la naturaleza. Por consiguiente, en la adopción de medidas de adaptación y mitigación deben participar múltiples sectores que dependen del agua. Es probable que los países y regiones de ingresos bajos sigan siendo vulnerables a mediano plazo, ya que tienen menor capacidad que los países de ingresos elevados para adaptarse al cambio climático.

Por ello, las estrategias de adaptación deberían diseñarse en el contexto de políticas de desarrollo, medio ambiente y salud. (CICC, 2007)

2.3 CONTEXTO REGIONAL

Los estudios realizados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) muestran que el impacto más relevante podría suscitarse en las zonas de clima árido y semiárido, originando cambios importantes en las variables climatológicas, desecación en algunos casos de los cuerpos de agua (lagos, humedales) y modificación del clima de forma global o regional. (Bergkamp et al., 1999)

En el estado de Baja California, el clima es muy diverso, variando de mediterráneo a árido. El clima mediterráneo se localiza en la parte noroeste del estado, con veranos secos e inviernos frescos y lluviosos. Este tipo de clima se puede encontrar desde Tijuana hasta San Quintín y en los valles interiores. La corriente fría de California generalmente crea niebla cerca de las costas.

El cambio de altitud hacia las principales sierras de Baja California ocasiona veranos frescos e inviernos muy fríos. Las nevadas son comunes en la Sierra de Juárez (por ejemplo, en La Rumorosa y en la Laguna Hanson) y en la Sierra de San Pedro Mártir (y en los valles interiores entre estas sierras) desde Diciembre hasta Abril. Las lluvias son escasas hacia la parte oriental de las montañas, provocando climas áridos. El Desierto de Sonora se caracteriza por tener veranos muy cálidos e inviernos moderados. El Valle de Mexicali experimenta las temperaturas más altas del país. Más hacia el sur por la costa del Pacífico, el clima también se hace desértico, pero no es tan extremo y cálido como en la costa del Golfo de California. Los climas de transición (del mediterráneo al árido) se pueden encontrar desde San Quintín hasta Rosarito. Hacia el este y cerca del Golfo, la vegetación es muy escasa y las temperaturas son muy altas en el verano.

Dado que en Baja California predominan los climas árido y semiárido es muy probable que la afectación por el cambio climático tenga un mayor impacto que en algunos estados de la República Mexicana situados en latitudes más sureñas. (CMNUCC, 1992)

Es por lo anterior que esta tesis plantea en términos generales generar conocimiento científico ya que en base a este, se podrán conocer los impactos actuales en los cuerpos de agua más representativos por el cambio climático en el estado.

En México algunos de los estados que ya están enfocándose hacia este tipo de estudios son: Chiapas, Veracruz y el Distrito Federal. (SEMARNAT, 2009)

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a la hipótesis planteada y realizar los objetivos propuestos se planteo la metodología que a continuación se describe. Brevemente se puede decir que este estudio es longitudinal, descriptivo y empírico. El objetivo es elaborar un diagnóstico de la calidad del agua en los reservorios de agua y su relación con la variabilidad climática, para lo cual se tomaron en cuenta tanto la base de datos proporcionada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) como el trabajo personal realizado que consistió de visitas a los principales cuerpos de agua del estado de Baja California, y un levantamiento sobre los efectos tributarios en los diferentes sitios de estudio.

Los cuerpos de agua que se visitaron (fig. 2) y que se analizaron son los siguientes:

- 1.-Presa El Carrizo (latitud: 32.48°, longitud: -116.69°, elevación: 285 m)
- 2.-Presa Abelardo L. Rodríguez (latitud: 32.43°, longitud: -116.90°, elevación: 105 m)
- 3.-Presa Emilio López Zamora (latitud: 31.88°, longitud: -116.59°, elevación: 34 m)



Figura 2. Ubicación de los cuerpos de agua en estudio.

Dado que la base de datos del IMTA presentó algunas deficiencias en su continuidad, se complementó con la actualización de la base de datos de CONAGUA con la última versión

digitalizada, incluyendo datos generales de las distintas presas que no se tienen en la información proporcionada por el IMTA.

3.1 VISITAS DE CAMPO

Se realizaron visitas de campo en el periodo 2011-1 a los tres cuerpos de agua propuestos para este estudio, básicamente para su reconocimiento, acopio de información adicional y para obtener datos relacionados con aspectos tributarios y experiencias del personal a cargo, los cuales pueden ser parte de la influencia antropogénica en la variabilidad climática de cuerpos de agua. Para dichas visitas se utilizó como herramienta estadística un cuestionario (Anexo I) y se documentó de manera fotográfica (Anexo II).

3.2 ANÁLISIS Y DETECCIÓN DE IMPACTOS EN LA CALIDAD DEL AGUA

Para el análisis y detección de impactos en la calidad del agua, se propusieron las etapas que se pueden ver en la tabla 1:

Tabla 2. Etapas para el análisis y detección de impactos en la calidad del agua

ETAPA	PASO	PRODUCTO
1. Obtención de registros	Identificación de las principales fuentes de información	Base de datos
	Selección de los principales cuerpos de agua	
	Homogenización de todos los registros a un formato fácil de manejar.	
2. Control, análisis e interpretación	Detección y corrección de datos atípicos	Detección de impactos en la calidad del agua
	Correlación y estimación de variación de parámetros de calidad del agua por periodo, año y mes	
	Interpretación de los resultados	

3.2.1 Identificación de las principales fuentes de información.

El primer paso consistió en identificar a las instituciones, universidades, comisiones del agua estatales y otras organizaciones, que pudieran proporcionar información de calidad del agua y climatológica de los cuerpos de agua existentes en esta entidad federativa (tabla 2). Para racionalizar el tiempo y mejorar la investigación fue necesario identificar los datos necesarios para el estudio; los parámetros a utilizar fueron temperatura mínima del aire y temperatura del agua así como parámetros fisicoquímicos del agua como Oxígeno Disuelto (O.D.), Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO₅) y pH (tabla 3).

Tabla 3. Identificación de los cuerpos de agua, datos proporcionados por IMTA

Identificación	Gerencia	Nombre Estatal	Cuerpo de Agua	Año de Inicio
S07-008	BNO	LIMITE INTERNACIONAL	RIO NUEVO	1980
S07-011	BNO	DERIVADORA MORELOS	PRESA	1976
S07-027	BNO	RODOLFO SANCHEZ TABOADA	CANAL	1978
S01-001	BNO	PRESA EL CARRIZO	PRESA EL CARRIZO	1980
S07-025	BNO	SANCHEZ MEJORADA	CANAL	1979
S07-010	BNO	EMILIO LOPEZ ZAMORA	PRESA	1979
S01-002	BNO	PRESA ABELARDO L. RODRIGUEZ	PRESA ABELARDO RODRIGUEZ	1979

Tabla 4. Parámetros de los cuerpos de agua proporcionados por el IMTA

Parámetros de la base de datos Meteorológicos	Temperatura Observada	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Precipitación	Evaporación
Parámetros de la base de datos de calidad del agua	pH	O.D.	DBO5	Nitratos	Temperatura del agua

3.2.2 Seleccionar los principales cuerpos de agua.

Para la información que proporcionó la Comisión Nacional del Agua (CNA) se utilizó un formato digital numérico, con las siguientes características:

- Clave de estación: Número asignado para su rápida identificación.
- Gerencia: Región estatal donde se encuentra ubicada la estación.
- Nombre de la estación: Nombre dado a la estación.
- Cuerpo de agua: Identificación del tipo de cuerpo de agua como río, lago, presa, manantial, canal, etc.
- Año de inicio: Año en que inicia operación la estación.
- Longitud y latitud: Sistema de referencia para determinar la posición geográfica en la superficie.

Una vez identificada la información y ya seleccionados los cuerpos de agua a estudiar se seleccionaron las estaciones climatológicas más cercanas al cuerpo de agua y que tenga la mayoría de datos posible, principalmente aquellas que cuentan con 30 o más años de operación.

3.2.3 Homogenización de todos los registros a un formato de fácil manejo.

Para el mejor manejo de todos los datos se integró a una sola base de datos de formato digital numérico y tecnológicamente amigable. Para lo anterior, se recopiló toda la información a formato Excel de Microsoft, ya que es un software compatible y de fácil manejo, que además proporciona herramientas estadísticas necesarias para el análisis de datos.

Para el control, análisis e interpretación de los datos fue necesario realizar un control de calidad de datos, un análisis estadístico de los mismos, así como la interpretación de los resultados dados para obtener como producto final un análisis sobre la detección de impactos en la calidad de los cuerpos de agua, su variabilidad y tendencias de estos. En esta parte se propuso la siguiente secuencia metodológica:

1. Detección y corrección de datos atípicos.
2. Cálculo de las correlaciones y estimaciones de variación de las temperaturas por periodo, año y mes.
3. Interpretación de resultados

La descripción de cada etapa se presenta a continuación.

3.2.4 Detección y corrección de datos atípicos.

Para iniciar el análisis estadístico de la serie de datos el primer paso fue detectar y corregir los errores en los datos.

Detección:

- Abrir la base de datos y analizar cada registro de los mismos.
- Hacer uso de conocimientos básicos de calidad del agua, experiencia y sentido común para decidir si cada valor debe ser mantenido, modificado o codificado como valor perdido dependiendo del parámetro analizado.
- Conservar un valor cuando sea extremo pero razonable, dado otros valores de temperatura de la serie.

Corrección:

Para detectar valores extremos y/o dudosos se utilizó una herramienta estadística de control de calidad de los datos. Se utilizó un gráfico de control X-Rm. Este tipo de gráfico es utilizado para monitorear y detectar los cambios en las desviaciones estándar entre características de cualquier tipo.

Gráfica de control:

Abrir la base de datos, conservando las columnas de fechas y temperatura del agua. Se agregaron columnas con el nombre de Rangos móviles (Rm), Límite de Control Superior (LCSx), Línea Central (LCx), Límite de Control Inferior (LCIx), Límite de Control Superior de rango (LCSr), Línea Central del rango (LCr) y Límite de Control Inferior del rango (LCIr).

- Rango móviles (Rm): Es la diferencia entre el valor de las observaciones mayor y el menor, para Excel introducir la siguiente fórmula $=ABS(B2-B1)$ en cada celda.
- Límite de Control Superior (LCSx): Los límites superior e inferior ayudan a deducir si el gráfico se encuentra dentro o fuera de control, para calcularlo se introduce la siguiente fórmula $=PROM(x)+(2.6596*PROM(Rm))$.
- Línea central (LCx): Muestra el promedio de la variable que se está analizando, este puede ser el promedio de los datos históricos o puede ser el promedio deseado, para calcularlo se introduce la siguiente fórmula $=PROM(x)$.
- Límite de Control Inferior (LCIx): se calcula con la siguiente fórmula $=PROM(x)-(2.6596*PROM(Rm))$.

- Límite de Control Superior del rango (LCSr): se calcula con la siguiente formula $=3.267 \cdot \text{PROM}(\text{Rm})$.
 - Límite Central del rango (LCr): $=\text{Prom}(\text{Rm})$.
 - Límite de Control Inferior del rango (LCIr): se calcula con la siguiente formula $=0 \cdot \text{PROM}(\text{Rm})$
- Un ejemplo del formato en Excel queda de la siguiente manera (tabla 4).

Tabla 5. Tabla para formar gráfica de control

DATE	TEMP_AGL	Rm	LCSx	LCx	LCIx	LCSr	LCr	LCIr
07/02/1980	15		28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
05/03/1980	15	0	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
07/04/1980	15	0	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
08/05/1980	20	5	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
17/10/2005	19.70	4.1	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
21/02/2006	13.4	6.3	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
23/05/2006	23.3	9.9	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
22/08/2006	25.3	2	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
21/11/2006	21.0	4.3	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
09/10/2007	21.2	0.2	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
26/11/2007	17.0	4.2	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
20/05/2008	23.0	6	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
19/08/2008	26.0	3	28.17335	19.9297414	11.6861327	10.1262857	3.0995671	0
Promedio	19.9	3.1						

El siguiente paso fue el análisis del control de los datos por medio de la gráfica de control. Se selecciona en "insertar gráfica" la opción de gráfico XY dispersión agregando los datos de cada columna. Como resultado se obtiene una gráfica X-Rm (figura 3).

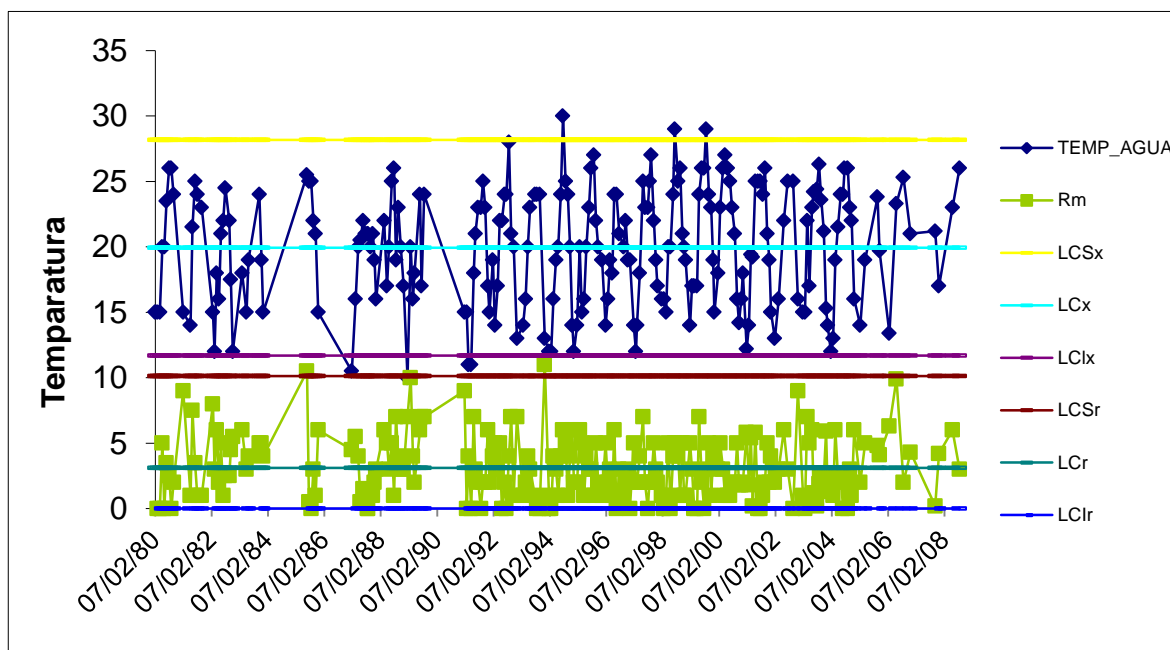


Figura 3. Gráfica de control X-Rm

3.2.5 Cálculo de las correlaciones y estimaciones de variación de las temperaturas por periodo, año y mes.

En este paso se analizó la existencia de correlaciones entre dos parámetros, la temperatura del agua y la temperatura del aire, así como con otros parámetros físico-químicos. Posteriormente se realizaron estimaciones de variación de temperatura del agua por diferentes temporadas como año y/o mes.

3.2.6 Interpretación de los resultados.

En esta sección se analizarán los resultados obtenidos de los diferentes cuerpos de agua en estudio, además de los coeficientes de determinación, se discutirán los cambios y tendencias de los diferentes parámetros físicoquímicos (DBO_5 , pH, O.D., Temperatura), e inferir en las posibles afectaciones que se puedan tener en la salud y en los sistemas acuáticos.

4. RESULTADOS

4.1 Presa “El Carrizo”

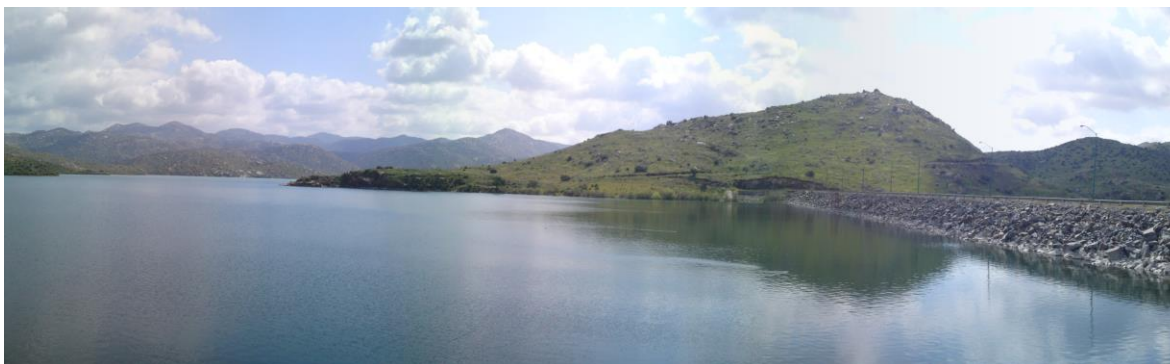


Figura 4. Foto panorámica presa El Carrizo.

Al aplicar la metodología se obtuvieron las tablas de filtrado, las gráficas de control, el análisis estadístico, los comparativos de las tendencias en diferentes periodos, las correlaciones de temperatura ambiental contra temperatura del agua y las variaciones de diferentes parámetros fisicoquímicos con respecto al tiempo; de la visita de campo se obtuvo evidencia fotográfica del impacto actual, así como el cuestionario aplicado al responsable en ese momento en cada uno de los cuerpos de agua en estudio, obteniendo los siguientes resultados.

Filtrado de datos

Para el filtrado de datos se formó una tabla con 233 filas y 9 columnas la cual se muestra a continuación (fig. 5):

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N	O	P	Q	R	S
1	DATE	TEMP_AGL	Rm	LCSx	LCx	LCix	LCSr	LCr	LCir							
2	07/02/1980	15		28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
3	05/03/1980	15	0	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
4	07/04/1980	15	0	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
5	08/05/1980	20	5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
6	03/06/1980	20	0	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
7	01/07/1980	23.5	3.5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
8	06/08/1980	26	2.5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
9	02/09/1980	26	0	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
10	02/10/1980	24	2	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
11	04/02/1981	15	9	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
12	07/05/1981	14	1	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
13	02/06/1981	21.5	7.5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
14	07/07/1981	25	3.5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
15	05/08/1981	24	1	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
16	29/09/1981	23	1	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
17	23/02/1982	15	8	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
18	17/03/1982	12	3	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
19	13/04/1982	18	6	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
20	11/05/1982	16	2	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
21	08/06/1982	21	5	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
22	06/07/1982	22	1	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
226	21/02/2006	13.4	6.3	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
232	20/05/2008	23.0	6	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
233	19/08/2008	26.0	3	28.17335	19.929741	11.686133	10.126286	3.0995671	0							
234	Promedio	19.9	3.1													
235																
236																
237																
238																

Figura 5. Tabla para gráfica X-Rm presa El Carrizo.

De la cual se realizó la siguiente gráfica de control (fig. 6):

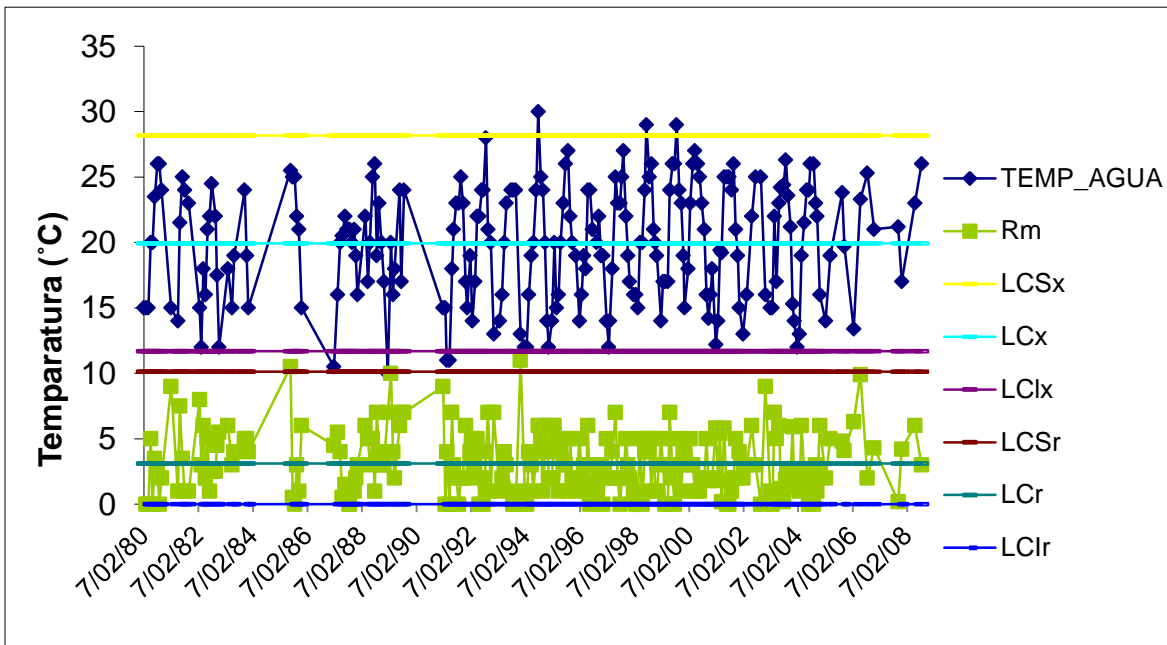


Figura 6. Gráfica de control X-Rm presa El Carrizo.

Una vez corregidos los datos fuera de los límites como la metodología lo marca se procedió al análisis estadístico y a calcular las tendencias en los diferentes periodos, obteniendo como resultado lo mostrado en la figura 7. Cabe hacer la aclaración que los periodos en que se dividió el estudio fueron arbitrarios, pero la idea central en esta división fue detectar alguna anomalía en un tiempo de creciente urbanización en lugares cercanos al sitio de los reservorios, aunado a que los periodos climatológicos bases, que se utilizan para comparar con escenarios climáticos futuros, tienen su límite superior en 1990.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedios Anuales	Diferencia prom.	
		15	15	15	20	20	23.5	26	26	24			1980	20.50	0.42
		15			14	21.5	25	24	23				1981	20.42	
		15	12	18	16	21	22	24.5	22	17.5	12		1982	18.00	
			18		19					24	19	15	1983	19.00	
						25.5	25	25	22	21	15		1985	22.25	
	10.5		16	20	20.5	22	21	21	20	21	19	16	1987	18.82	
			22	17	20	25	26	19	23	20	17		1988	21.00	
	10	20	16	18		24	17	24					1989	18.43	
Promedios Mensuales	10.25	16.25	16.5	17.6	18.25	22.71	22.79	23.36	22.67	21.25	16.4	15.5		19.80	
	15	15	11	11	18	21	23	23	25	23	17	15	1991	18.08	
	19	14	17	22	22	24	24	28	21	20		13	1992	20.36	
		14	16	20	23		24	24	24			13	1993	19.75	
	12	12	16	19	20	24	30	25	24	20	14	12	1994	19.00	
	14	20	15	16	20	23	26	27	22	20		19	1995	20.18	
	14	16	19	18	24	24	21		20	22	19	19	1996	19.64	
	14	12	14	18	25	23	23	25	27	22	19	17	1997	19.92	
	16	16	15	20	20	24	29	25	26	21	20	19	1998	20.92	
	14	17	17	17	24	26	26	29	24	23	19	15	1999	20.92	
	18	23	26	27	26	25	23	21	16	14.2	16	18	2000	21.10	
	12.2	14	19.4	19.2	25	25	25	24	26	21	19	15	2001	20.40	
	13		16		22		25		25		16		2002	19.50	
	15	15	22	17	23	24.2	24.4	26.3	23.6	21.2	15.3	14	2003	20.08	
	12	13	19	21.5	24	24	26	26	23	22	16		2004	20.59	
		14		19					23.8	19.7			2005	19.13	
		13.4			23.3			25.3			21		2006	20.75	
										21.2	17		2007	19.10	
					23			26					2008	24.50	
Promedios Mensuales	14.48	15.23	17.31	18.91	22.64	23.93	24.96	25.33	23.36	20.74	17.24	16		20.22	
Variabilidad	4.227	-1.02	0.814	1.307	4.394	1.219	2.171	1.971	0.693	-0.51	0.836	0.5			

Figura 7. Análisis estadístico de diferencia de temperatura, presa El Carrizo.

También se aplicó una prueba de significancia, la prueba t (tabla 6), a la diferencia de temperatura media en los dos periodos 1980-1990 (figura 8) y 1991-2008 (figura 9):

Tabla 6. Tabla de test estadístico presa El Carrizo (Prueba T)

Variable	Prueba T (grado de significancia $p < .05$)		
	Media	Desviación estándar	P
1980-1990	18.62	3.99	
1991-2008	20	3.96	0.013

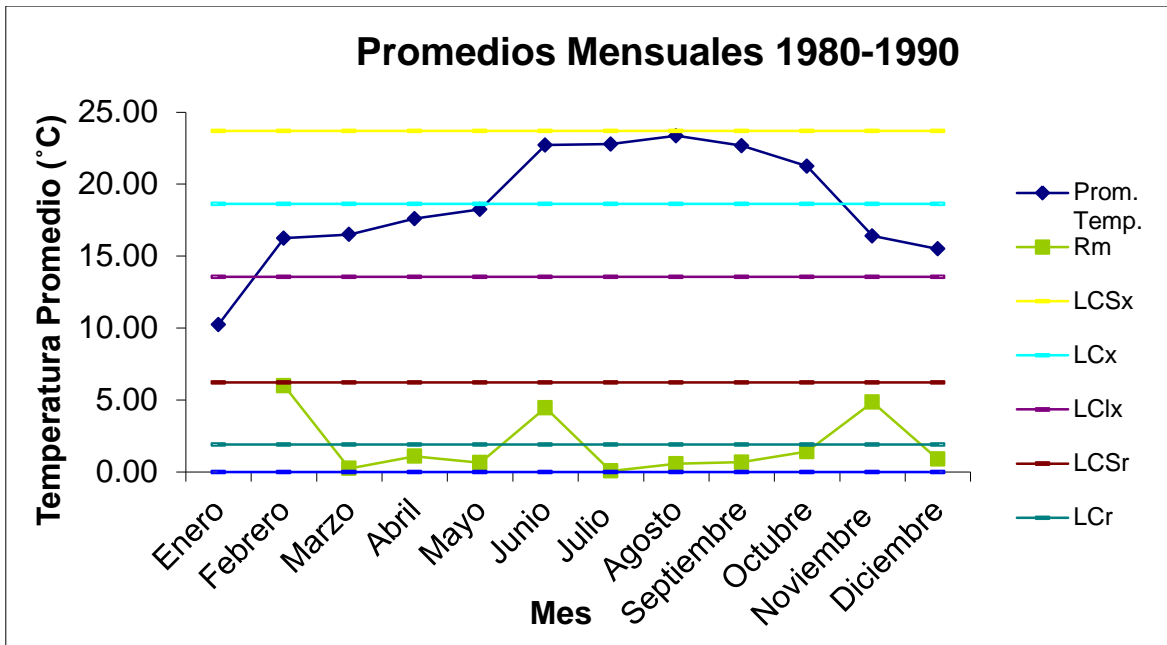


Figura 8. Gráfica de variabilidad climática periodo 1980-1990, presa El Carrizo.

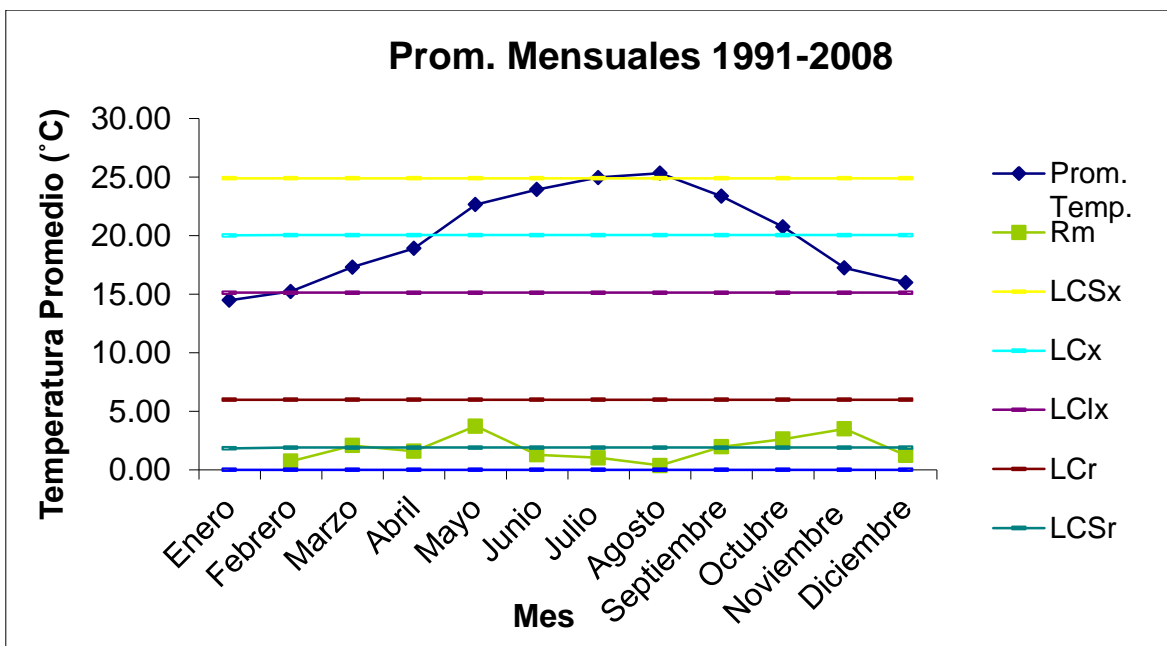


Figura 9. Gráfica de variabilidad climática periodo 1991-2008, presa El Carrizo.

Resultados gráficos y estadísticos de temperatura del cuerpo de agua con la temperatura del aire se pueden ver en las figuras 10 y 11.

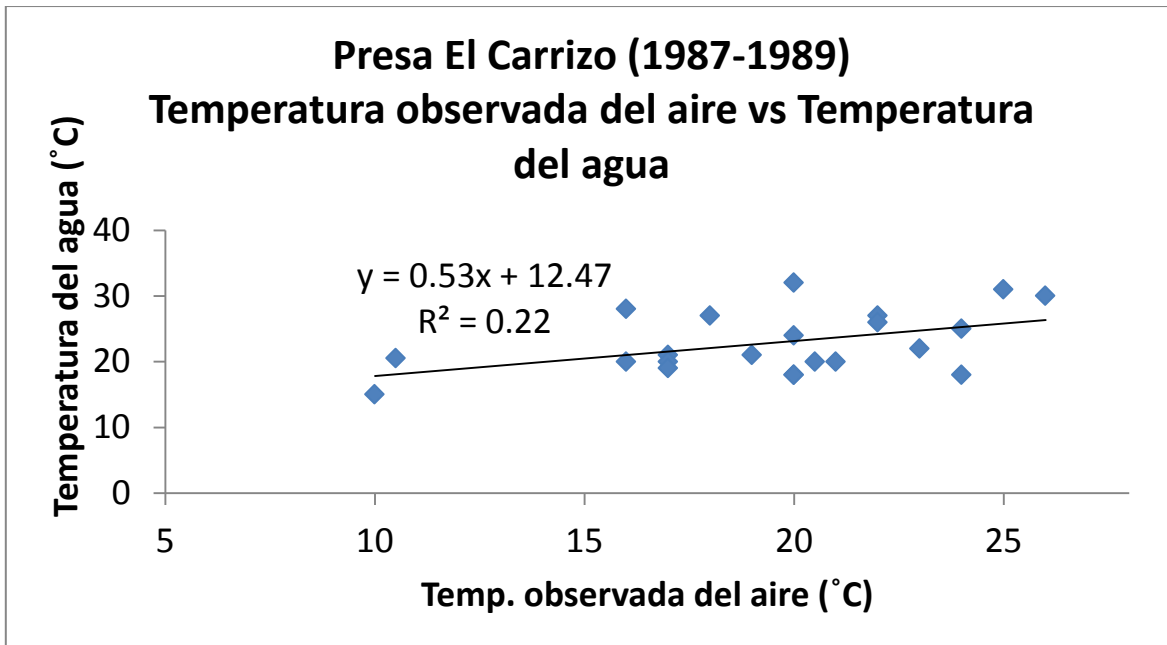


Figura 10. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo en el período de 1987-1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

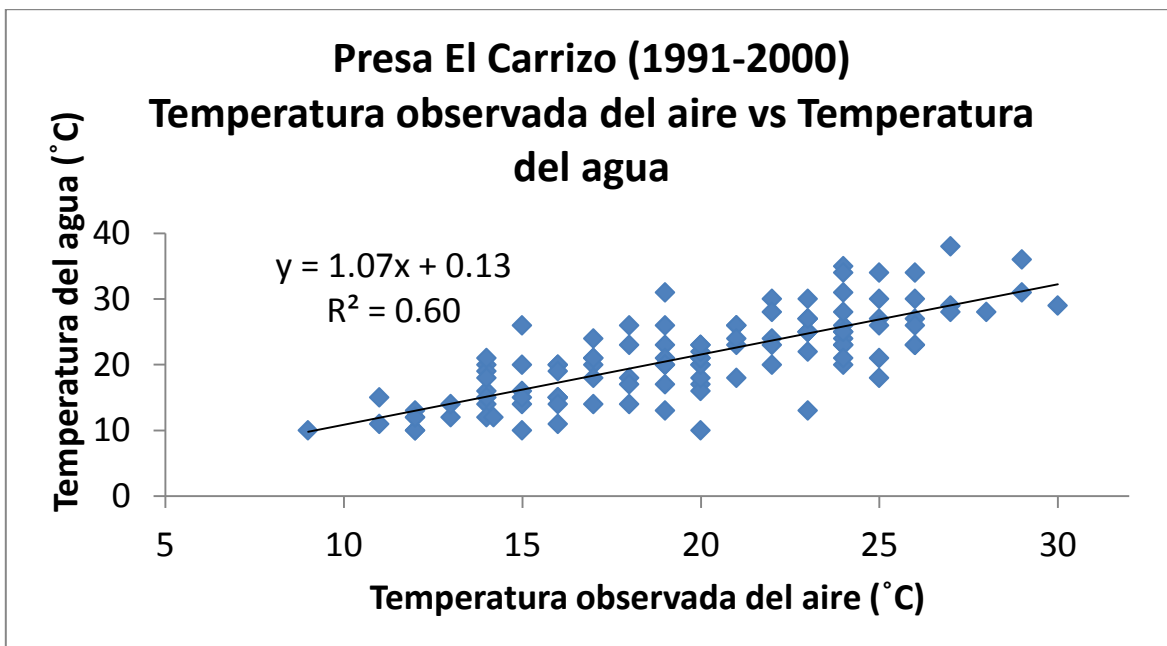


Figura 11. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo en el período de 1991-2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

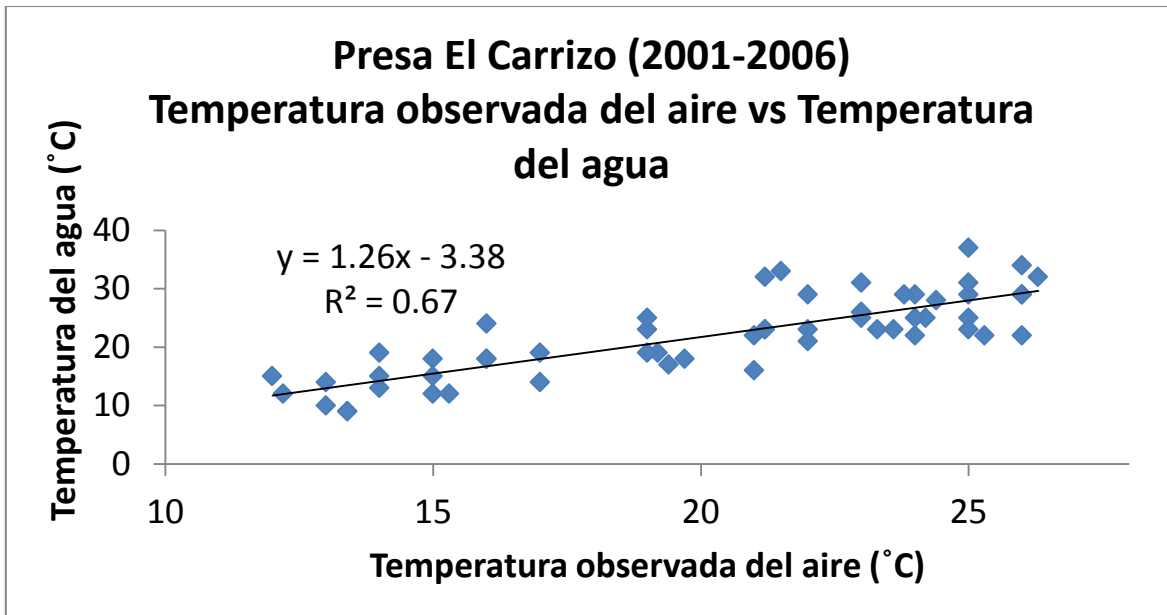


Figura 12. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa El Carrizo de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Los resultados, gráficos y estadísticos, de la relación de temperatura del cuerpo de agua con la temperatura mínima del aire se muestran a continuación.

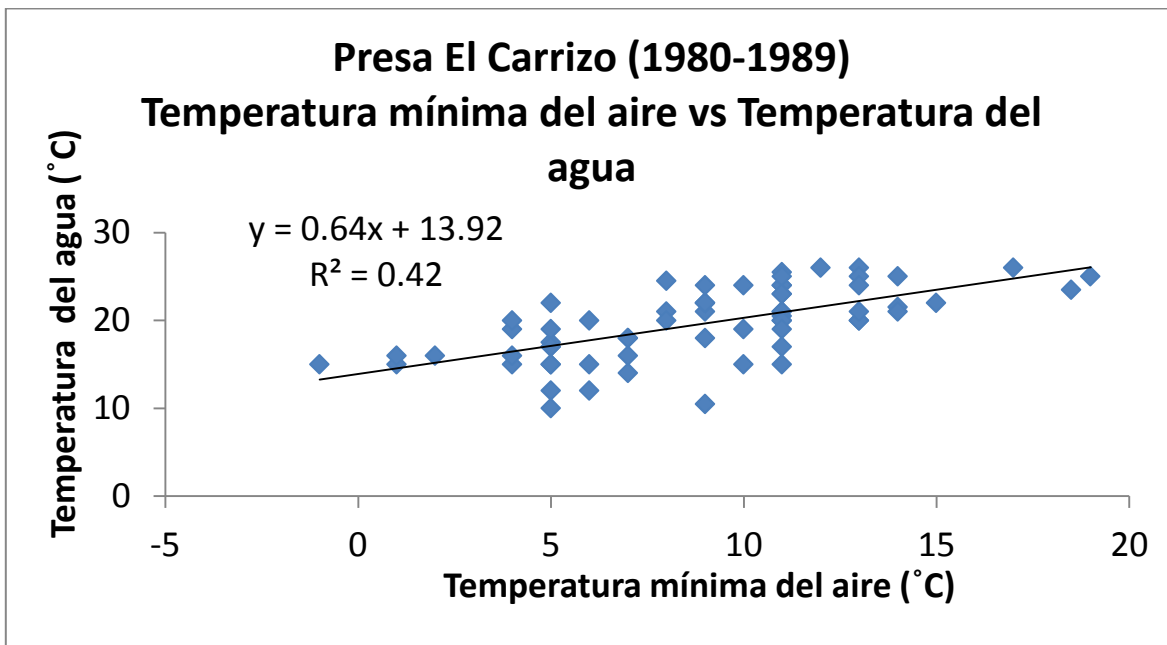


Figura 13. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 1980 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

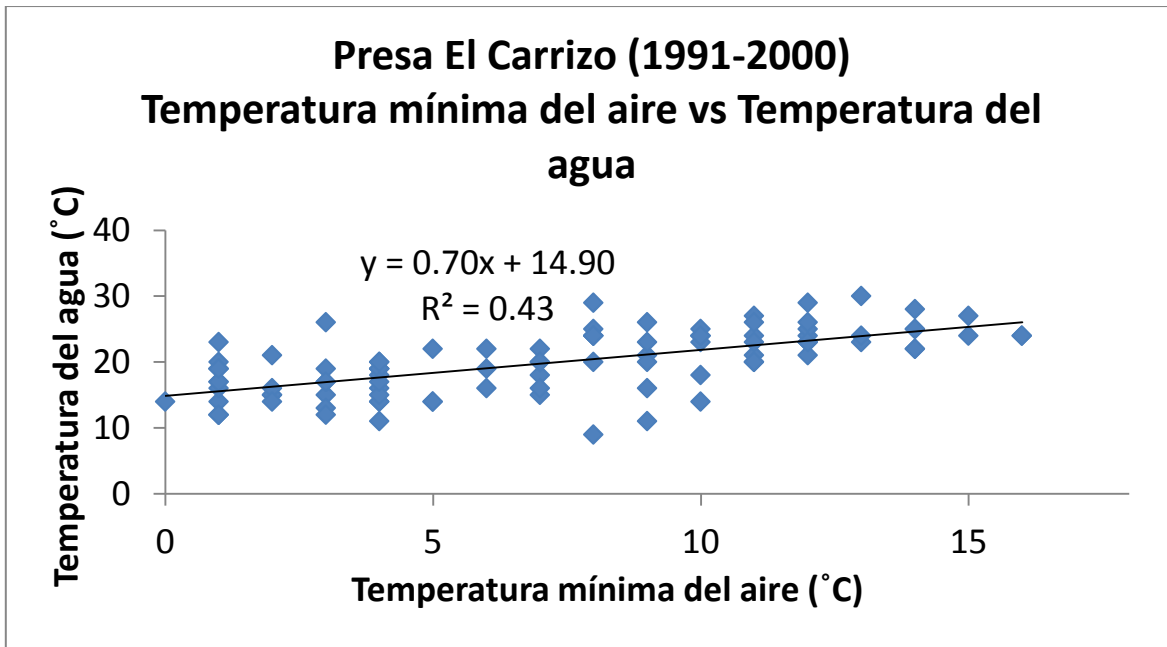


Figura 14. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

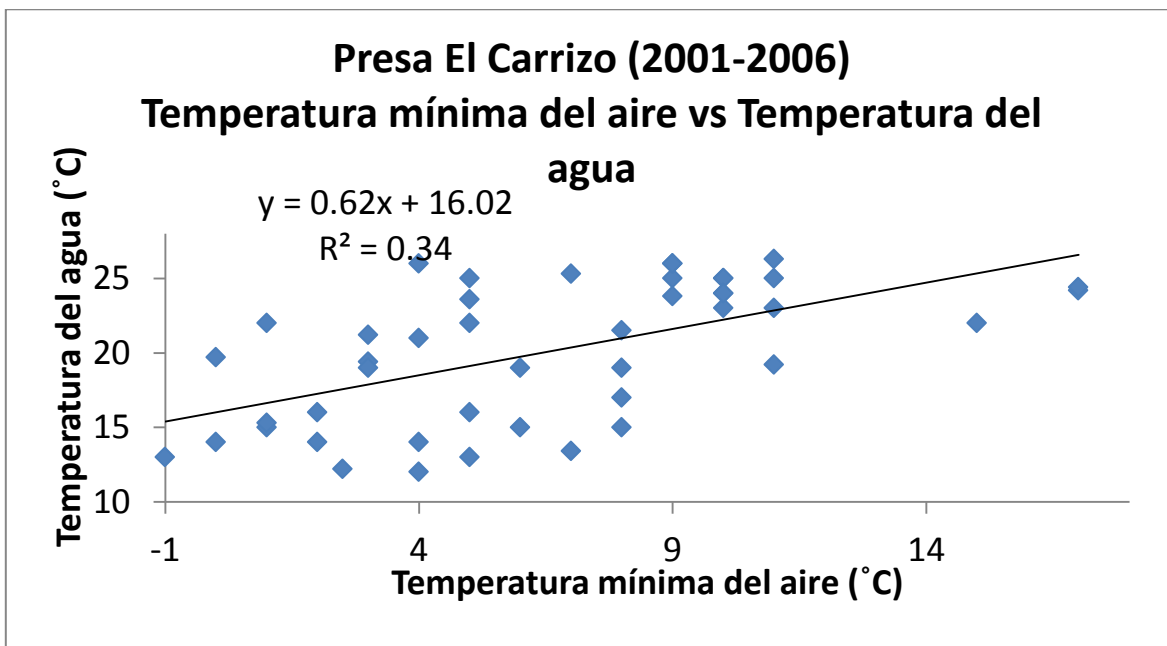


Figura 15. Gráfica de dispersión y tendencia lineal de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua, Presa El Carrizo de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Resumen y comparativos de correlaciones tanto de temperatura del aire observada a las 8:00 am y temperatura del agua, como de temperatura mínima del aire vs temperatura del agua en la Presa El Carrizo (tablas 7 y 8):

Tabla 7. Comparativo de correlaciones, presa El Carrizo periodo 1987-2008.

PRESA EL CARRIZO Periodo 1987-2008		
Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente		Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
0.77	R	0.78
0.60	R ²	0.60
0.60	R ² ajustada	0.59
0.00	p	0.00
2.91	Error estimado estándar	3.04

Tabla 8. Comparativo de correlaciones por periodos, presa el Carrizo.

PRESA EL CARRIZO		
Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente		Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
Periodo 1987-1989		
0.47	R	0.75
0.22	R ²	0.56
0.18	R ² ajustada	0.43
0.03	p	0.02
3.74	Error estimado estándar	2.32
Periodo 1991-2000		
0.78	R	0.83
0.60	R ²	0.68
0.60	R ² ajustada	0.67
0	p	0
2.99	Error estimado estándar	2.71
Periodo 2001-2008		
0.82	R	0.75
0.67	R ²	0.56
0.67	R ² ajustada	0.52
0	p	0
2.57	Error estimado estándar	3.52

Mientras que la variabilidad en parámetros fisicoquímicos para la presa El Carrizo resultó:

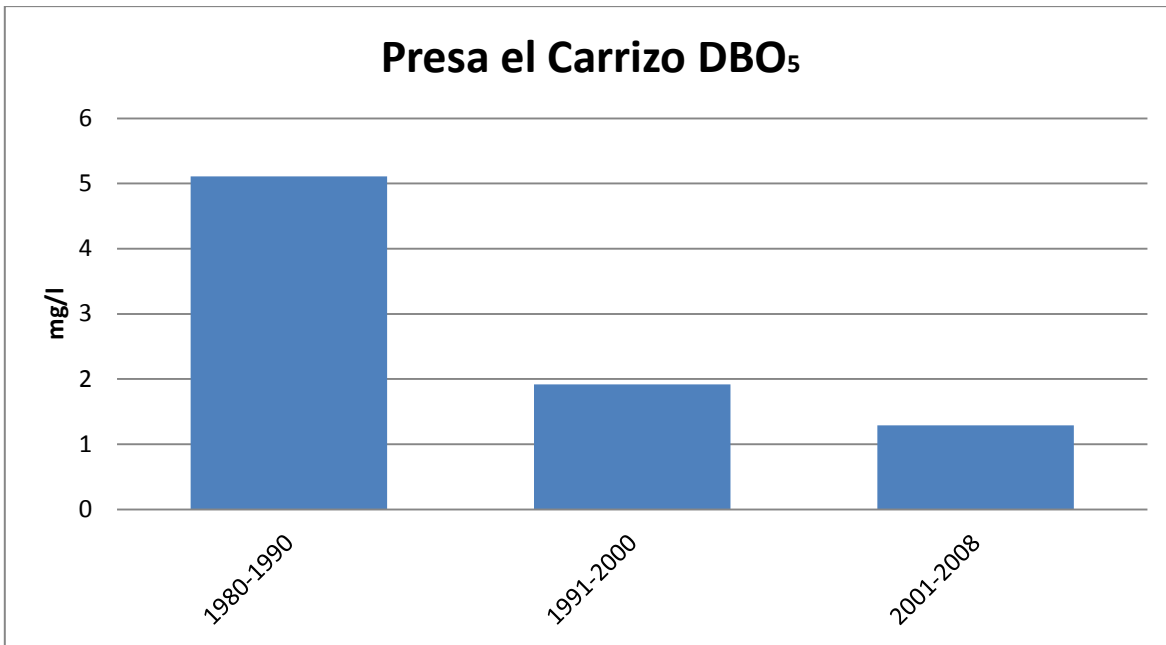


Figura 16. Gráfica de cambio promedio temporal de DBO₅ tres diferentes periodos en Presa El Carrizo.

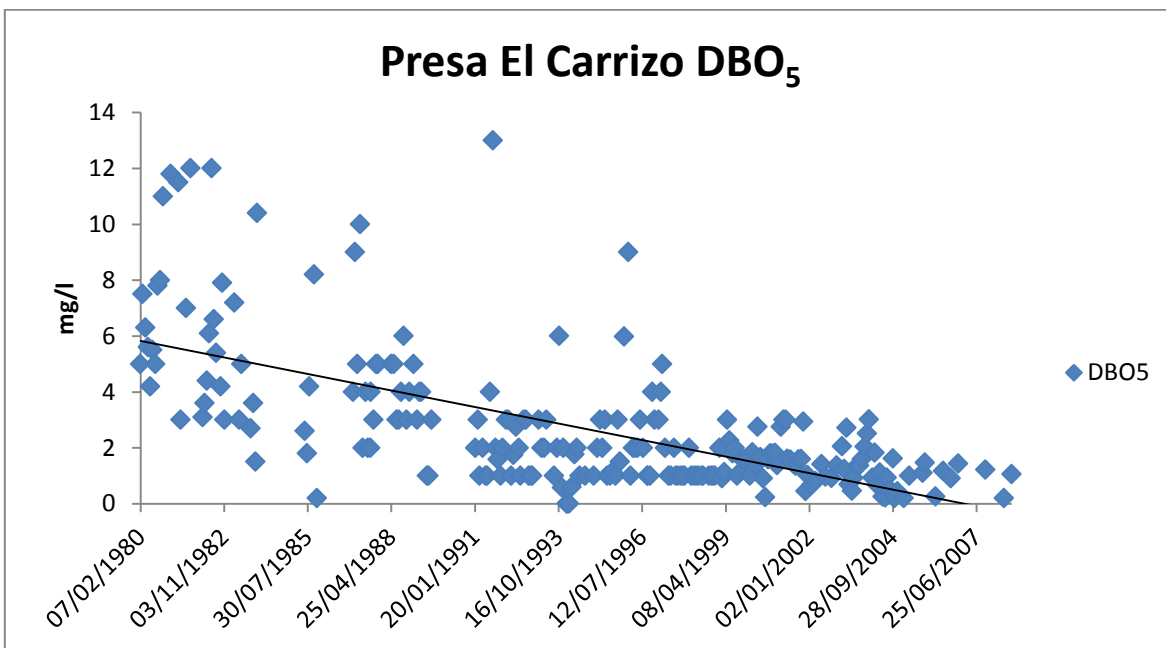


Figura 17. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO₅, presa El carrizo.

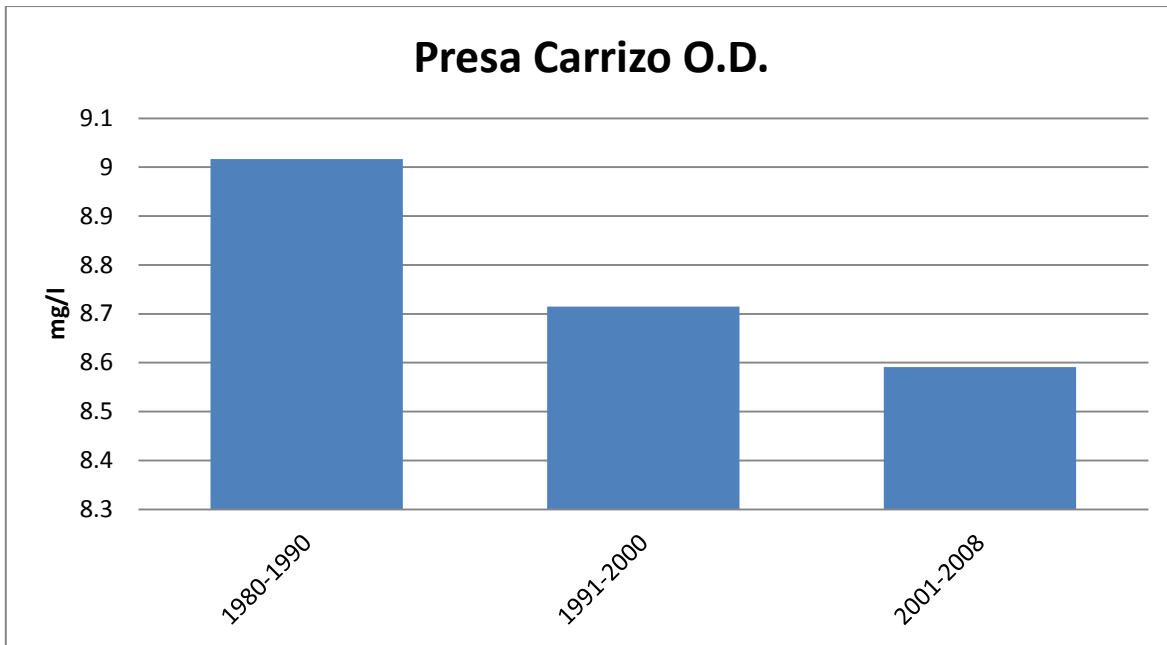


Figura 18. Gráfica de cambio promedio temporal de Oxígeno Disuelto (O.D.) variabilidad en Presa El Carrizo.

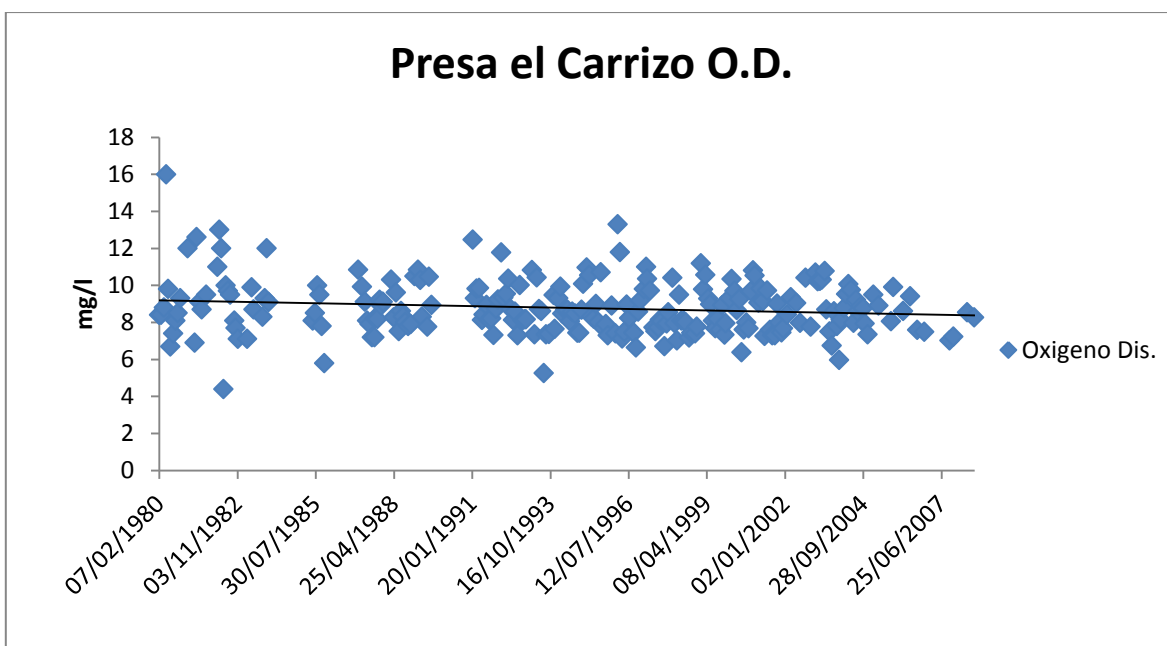


Figura 19. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto (O.D.), Presa El Carrizo.

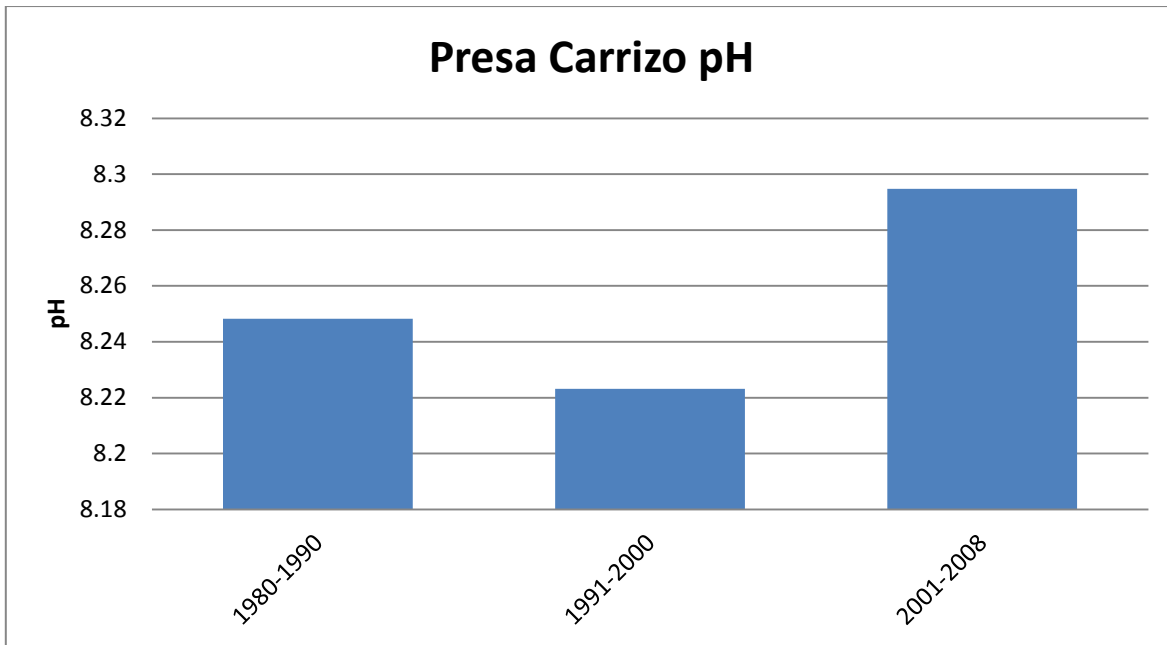


Figura 20. Gráfica de cambio promedio temporal de pH en Presa El Carrizo.

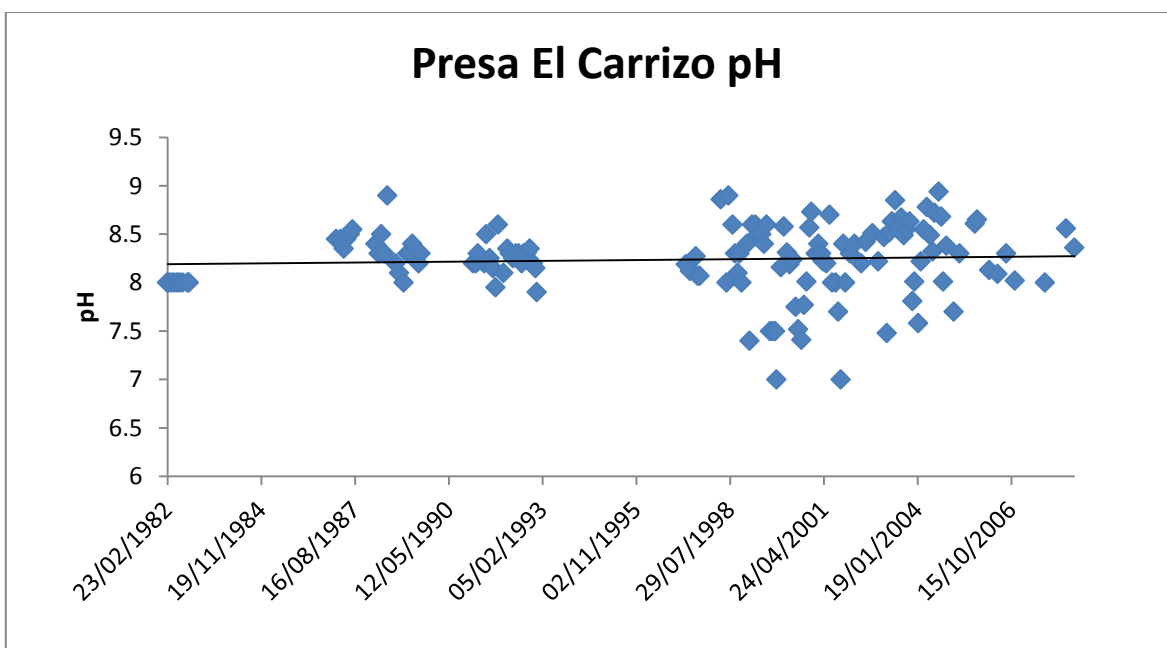


Figura 21. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de pH, Presa El Carrizo.

Como comparación de los niveles de agua con los diferentes parámetros fisicoquímicos se obtuvo lo siguiente:

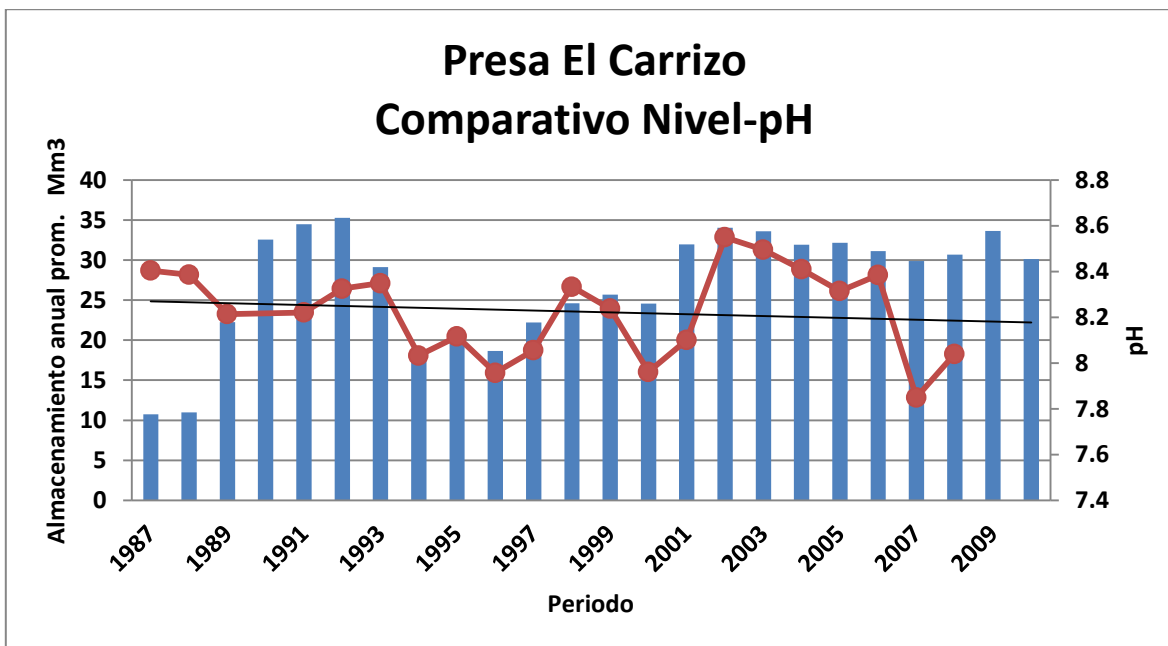


Figura 22. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³) y la variación del pH en los años 1987 a 2010, Presa El Carrizo.

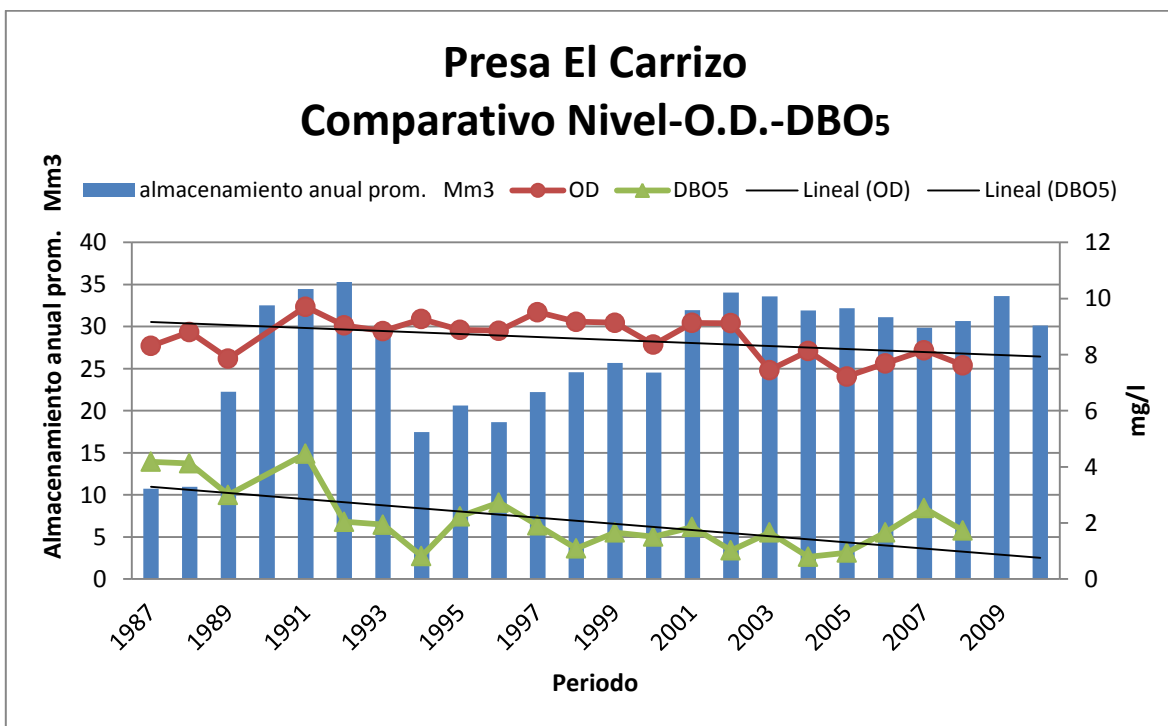


Figura 23. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³), la variación del oxígeno disuelto (O.D.) y el DBO₅ en los años 1987 a 2010, Presa El Carrizo.

Resultados de la Encuesta de campo, Presa El Carrizo:



UABC, Instituto de Ingeniería

FECHA: 24/Mar/11
ENCUESTA DE PRESA: El Carrizo



DATOS DEL ENCUESTADO

NOMBRE: Moisés Salvador Gilberto

PUESTO: Subcomandante de seguridad

CARGO: _____

TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL LUGAR: 15 años

DATOS GENERALES DEL LUGAR

1. ¿Cuáles son las principales formas de abastecimiento de la presa?
Únicamente el acueducto
2. ¿Se tienen descargas industriales dentro del cuerpo de agua? Si No
3. ¿Tendrá idea de qué tipo de descargas?

4. ¿Cómo se ha afectado los niveles de la presa con los años?
Varía por temporadas, sube en invierno y lo más bajo que se ha tenido fue por causa del terremoto en el 2010
5. ¿Se han realizado cambios importantes en las instalaciones, efluentes y afluentes?(Entradas y salidas)
Construcción de planta de bombeo para valle de las palmas
6. ¿Qué medidas de prevención utilizan para evitar pérdidas en los niveles?
Toma de datos, recorridos en todo el acueducto y cuerpo de agua, revisar entradas y salidas de agua
7. ¿Qué tipos de mediciones se le hace al cuerpo de agua?
Niveles y calidad del agua
8. ¿Con qué periodicidad se realizan?
Niveles 2 veces por día 6 a.m. y 1 p.m., calidad del agua 1 vez por mes
9. ¿En dónde y a qué profundidad se toman las mediciones?
En el corazón o el cubo de la presa, las mediciones de calidad de agua las hacen con cubetas
10. ¿De qué manera se guardan esas mediciones?
Se guardan en bitácoras y se capturan en Mexcall
11. ¿Ha percibido alguna afectación sobre el medio ambiente en los últimos años por causa de las instalaciones o modificaciones de la presa?

Visibilidad	<input type="checkbox"/>	Olores	<input type="checkbox"/>	Clima	<input type="checkbox"/>
Ruido	<input type="checkbox"/>	Desertificación	<input type="checkbox"/>	Otros:	<u>Ninguno</u>
12. ¿Se le da algún tratamiento al agua antes de descargarla?
No se le da ningún tratamiento
13. ¿Qué actividades importantes se realizan a los alrededores que pueden afectar el cuerpo de agua? (Industriales, mineral, agrícola)
Rancherías
14. ¿Cambios importantes que se hayan visto en el aspecto del agua? (Turbio, sólidos)
Ninguno



¿COMENTARIOS O SUGERENCIAS?

No

Sí ¿Cuáles? Se debe de incrementar cultura del agua

4.2 Presa “Abelardo L. Rodríguez”



Figura 24. Foto panorámica de la presa Abelardo L. Rodríguez.

Filtrado de datos

Para el filtrado de datos se formó una tabla con 251 filas y 9 columnas la cual se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N	O	P	Q	R	S
1	DATE	TEMP_AGUA	Rm	LCSx	LCx	LCix	LCSr	LCr	LCir							
2	08/02/1979	12.8		29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
3	06/03/1979	14.4	1.6	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
4	07/03/1979	16	1.6	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
5	03/04/1979	18.9	2.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
6	04/04/1979	19	0.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
7	11/05/1979	22	3	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
8	05/06/1979	21.1	0.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
9	08/06/1979	24	2.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
10	30/06/1979	18.9	5.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
11	17/07/1979	26.7	7.8	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
12	05/08/1979	17.8	8.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
13	08/08/1979	28.9	11.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
14	09/08/1979	33	4.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
15	05/09/1979	24.4	8.6	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
16	08/10/1979	23.3	1.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
17	07/11/1979	18.9	4.4	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
18	05/12/1979	15	3.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
19	07/02/1980	18.8	3.8	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
20	05/03/1980	13	5.8	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
21	07/04/1980	21	8	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
22	08/05/1980	20	1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
23	03/06/1980	25	5	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
248	09/10/2007	21.9	5.1	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
249	26/11/2007	19.0	2.9	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
250	20/05/2008	23.0	4	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
251	19/08/2008	27.0	4	29.954051	20.96268	11.971309	11.044822	3.3807229	0							
252	Promedio		21.0	3.4												
253																
254																

Figura 25. Tabla para gráfica X-Rm presa Abelardo L. Rodríguez

De la cual se realizo la siguiente gráfica de control (figura 26):

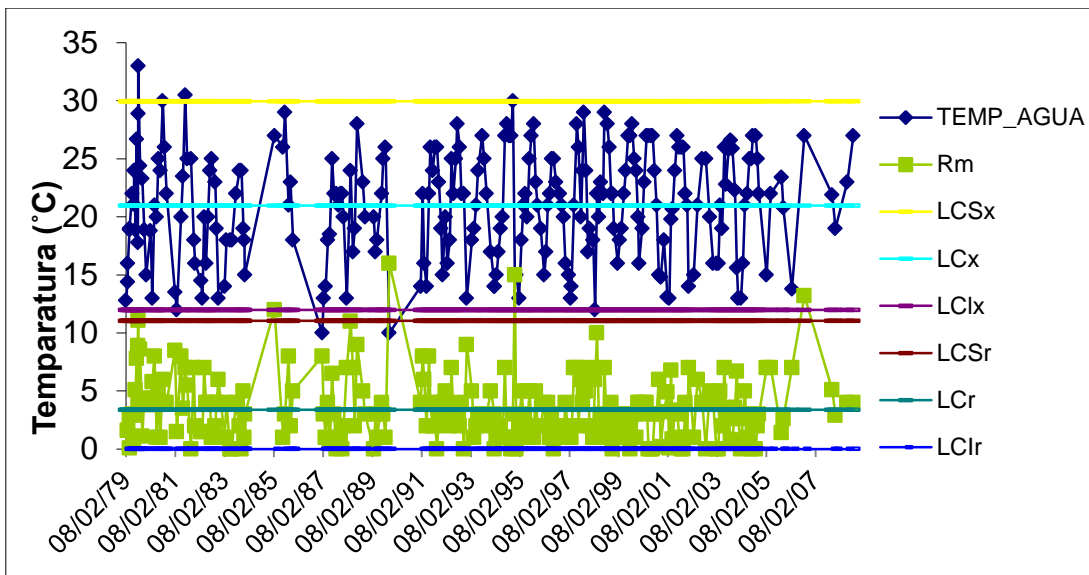


Figura 26. Grafica X-Rm presa el Abelardo L. Rodríguez.

Una vez corregidos los datos fuera de los límites como la metodología lo marca se procedió al análisis estadístico y a calcular las tendencias en los diferentes periodos, obteniendo como resultado lo siguiente:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiemb	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedios Anuales	Diferencia prom.	
		12.8	15.2	18.95	22	21.3	26.7	26.56	24.4	23.3	18.9	15	1979	20.46	1.03
		18.8	13	21	20	25	24	30	26	22			1980	22.20	
		13.5	12		20	23.5	30.5	25	25		17		1981	20.81	
		14.5	13	20	16	20	24	25	23	19	13		1982	18.75	
		14	18		18		22		24	24	18.5	15	1983	19.19	
		27				26	29		21	23	18		1985	24.00	
	10	13	14	18	18.5	25	22	22	21	22	22	20	1987	18.96	
	13		24	17	19	28			23	20			1988	20.57	
		20	17	18		22	25	26		10			1989	19.71	
Promedios Mensuales	11.5	16.7	15.78	18.83	19.07	23.85	25.4	25.76	23.43	20.41	17.9	16.67		20.52	
	14	22	16	14	22	26	24	26	26	23	19	15	1991	20.58	
	20	16	18	25	22	25	28	26	22	22		13	1992	21.55	
		18	19	21	24		27	25	22		17		1993	21.63	
	14	15	17	19	20	27	28	27	27	30	15	15	1994	21.17	
	13	18	21	22	20	25	27	28	23	21	19		1995	21.55	
	15	17	21	22	25	25	23		22	21	20	16	1996	20.64	
	15	13	14	21	28	26	20	24	29	24	17	19	1997	20.83	
	18	12	22	20	23	22	29	28	26	22	22	19	1998	21.92	
	16	18	19	22	24	27	27	28	25	24	20	16	1999	22.17	
	19	23	27	27	27	27	24	21	15	14.8	18		2000	22.07	
	13.1	13	19.8	20.67	24	27	26	26	26	22	21	14	2001	21.05	
		15		21			25	25		20		16	2002	20.33	
		16	21	19	26	22.8	25.8	26.6	25.9	22.3	15.6	13	2003	20.83	
		13	16	21	24	25	25	27		25	22		2004	22.50	
			15	24	23				23.4	20.8			2005	21.24	
		13.8						27					2006	20.40	
										21.9	19		2007	20.45	
								27					2008	27.00	
Promedios Mensuales	15.51	16.3	19.68	21.44	23.79	25.4	25.77	26.11	24.09	22.05	18.56	16.08		21.55	
Variabilidad	4.008	-0.4	3.902	2.62	4.714	1.55	0.371	0.347	0.668	1.641	0.66	-0.58			

Figura 27. Análisis de variabilidad climática en presa Abelardo L. Rodríguez

También, igual que para la Presa El Carrizo, se le aplicó una prueba de significancia a la diferencia de temperatura media en los periodos de 1980-1990 y 1991-2008 (tabla 9).

Tabla 9. Tabla de test estadístico presa Abelardo L. Rodríguez (Prueba T).

Variable	Prueba T (grado de significancia $p < .05$)		
	Media	Desviación estándar	P
1980-1990	19.6	4.32	
1991-2008	21.23	3.93	0.009

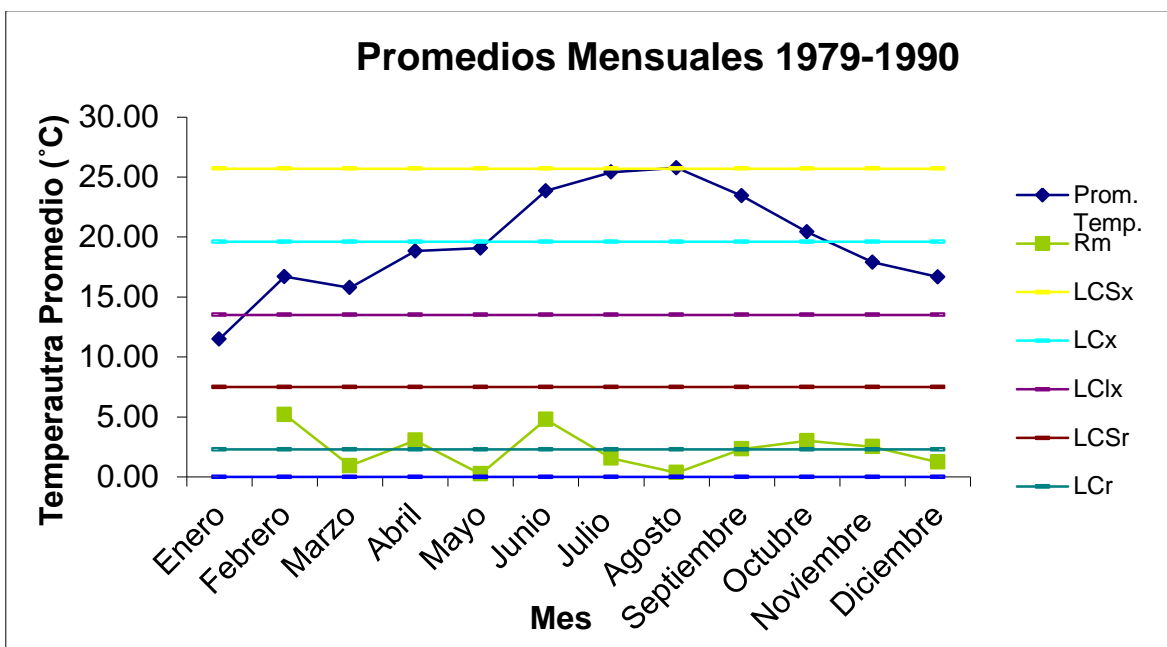


Figura 28. Gráfica de variabilidad climática 1979-1990, Presa Abelardo L. Rodríguez.

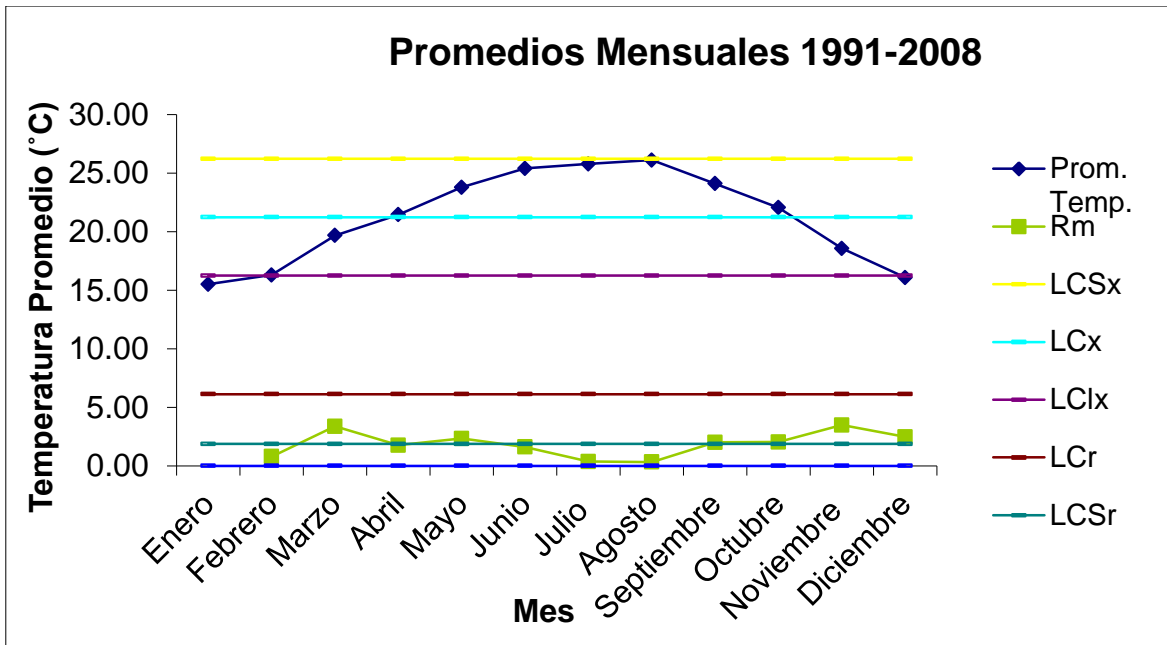


Figura 29. Gráfica de variabilidad climática 1991-2008, presa Abelardo L. Rodríguez.

Los resultados gráficos y estadísticos de temperatura del cuerpo de agua y la temperatura del aire se presentan a continuación.

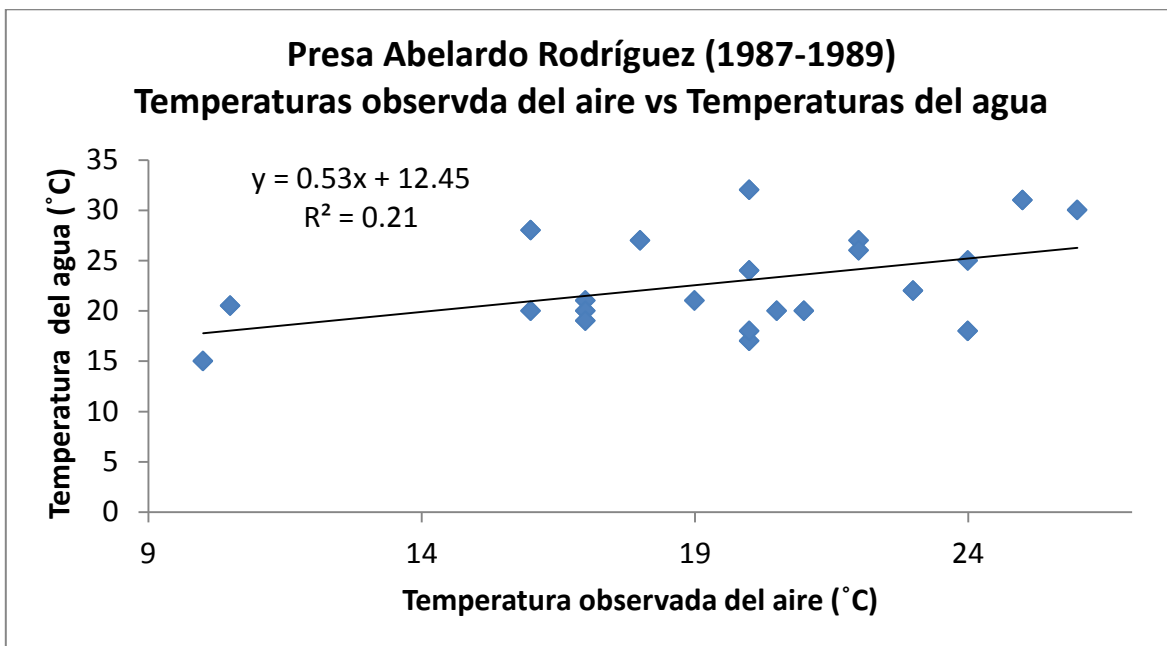


Figura 30. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1987 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

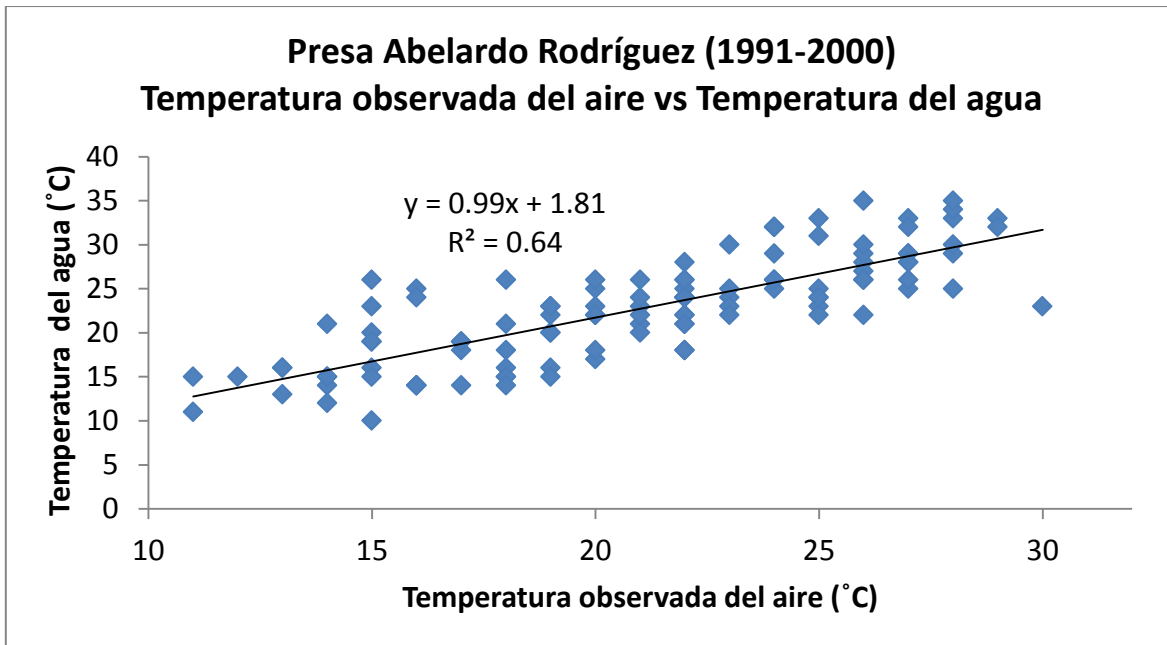


Figura 31. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

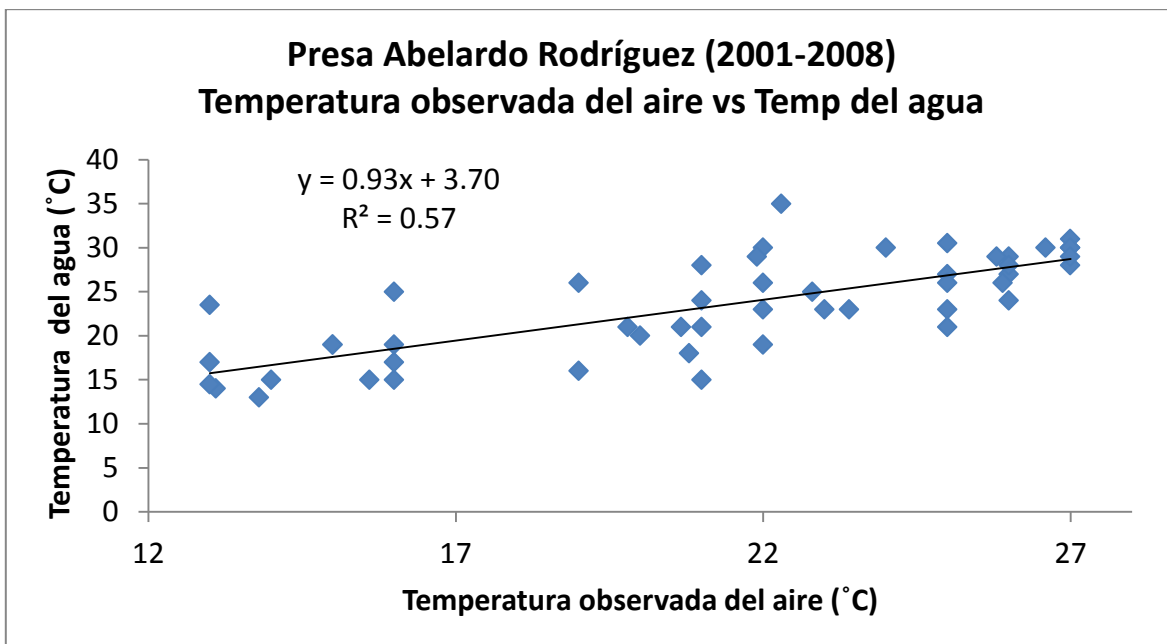


Figura 32. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el período de 2001 a 2008. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Los resultados gráficos y estadísticos de temperatura del cuerpo de agua con la temperatura mínima del aire se presentan a continuación.

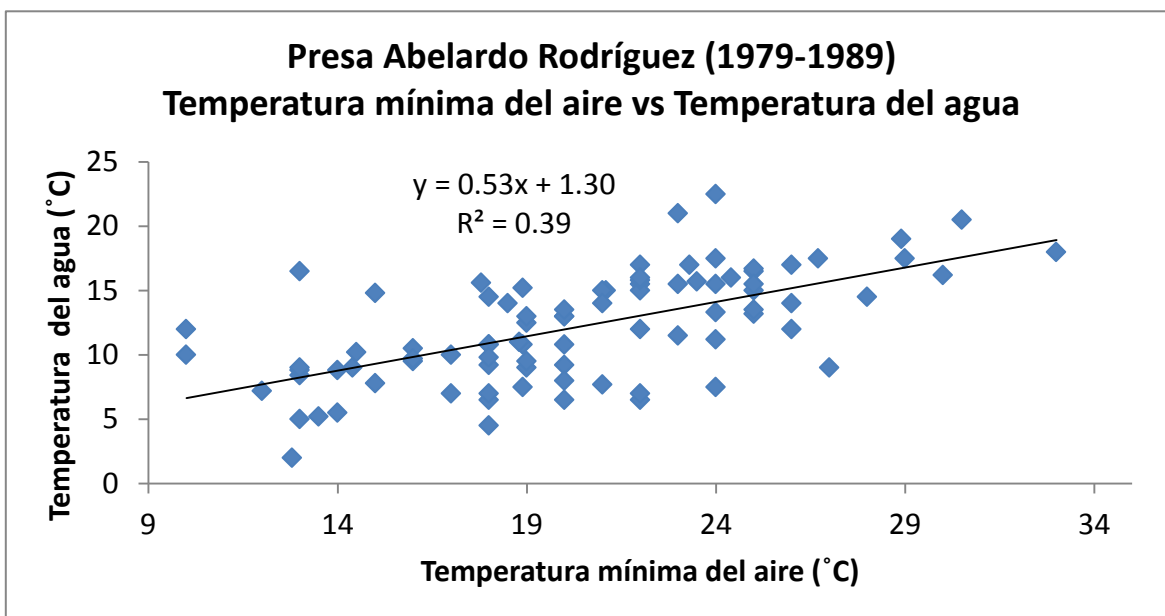


Figura 33. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la Presa Abelardo L. Rodríguez en el periodo de 1979 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

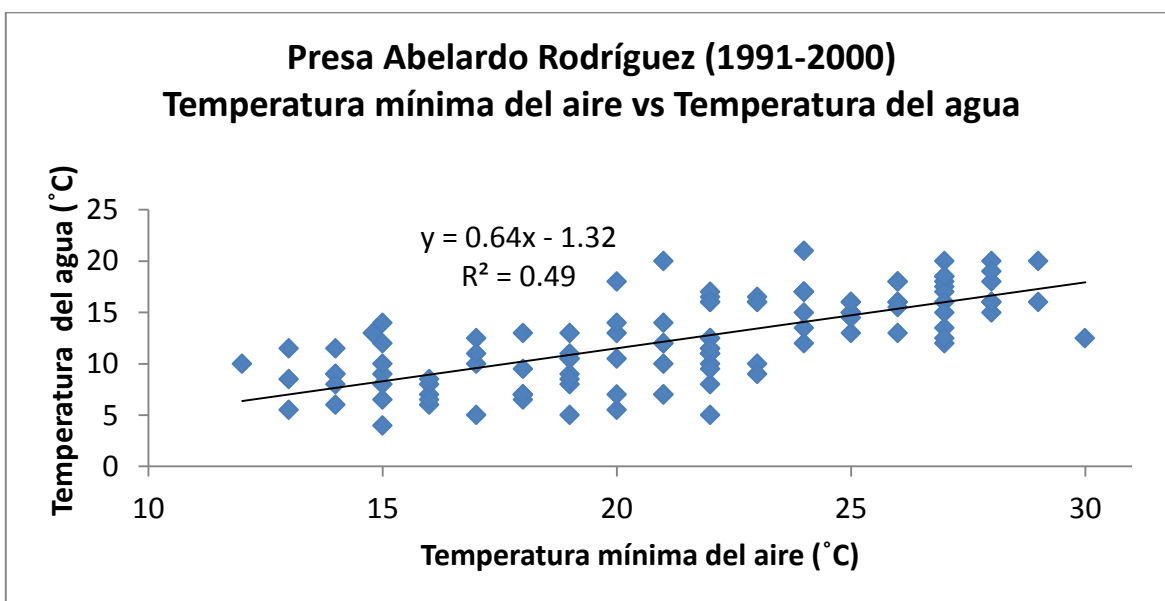


Figura 34. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Abelardo L. Rodríguez en el periodo de 1991 a 2000. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

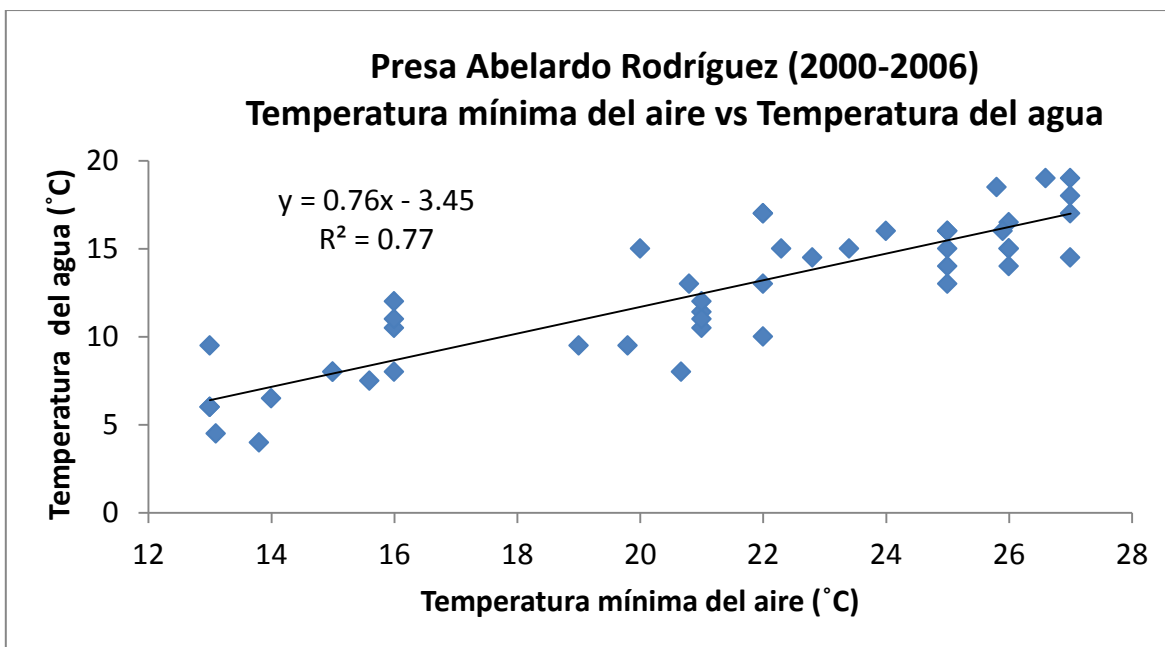


Figura 35. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Abelardo L. Rodríguez en el periodo de 2001 a 2006. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Resumen y comparativos de correlaciones de temperatura ambiente VS temperatura del agua y Temperatura mínima del aire VS temperatura del agua presa Abelardo L. Rodríguez:

Tabla 10. Comparativo de correlaciones presa Abelardo L. Rodríguez periodo 1987-2008.

PRESA ABELARDO L. RODRIGUEZ
Periodo 1987-2008

Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente		Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
0.73	R	0.78
0.53	R ²	0.60
0.53	R ² ajustada	0.59
0	p	0
3.15	Error estimado estándar	2.96

Tabla 11. Comparativo de correlaciones por periodos, presa Abelardo L. Rodríguez.

Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente	PRESA ABELARDO L. RODRIGUEZ	Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
Periodo 1987-1989		
0.46	R	0.6945
0.21	R ²	0.4823
0.19	R ² ajustada	0.323
0.00	p	0.057
3.67	Error estimado estándar	4.51
Periodo 1991-2000		
0.80	R	0.83
0.60	R ²	0.69
0.64	R ² ajustada	0.67
0	p	0
2.84	Error estimado estándar	2.55
Periodo 2001-2008		
0.76	R	0.78
0.57	R ²	0.61
0.56	R ² ajustada	0.57
0	p	0
3.02	Error estimado estándar	3.05

Mientras que la variabilidad en parámetros fisicoquímicos para la presa Abelardo L. Rodríguez resultó lo siguiente:

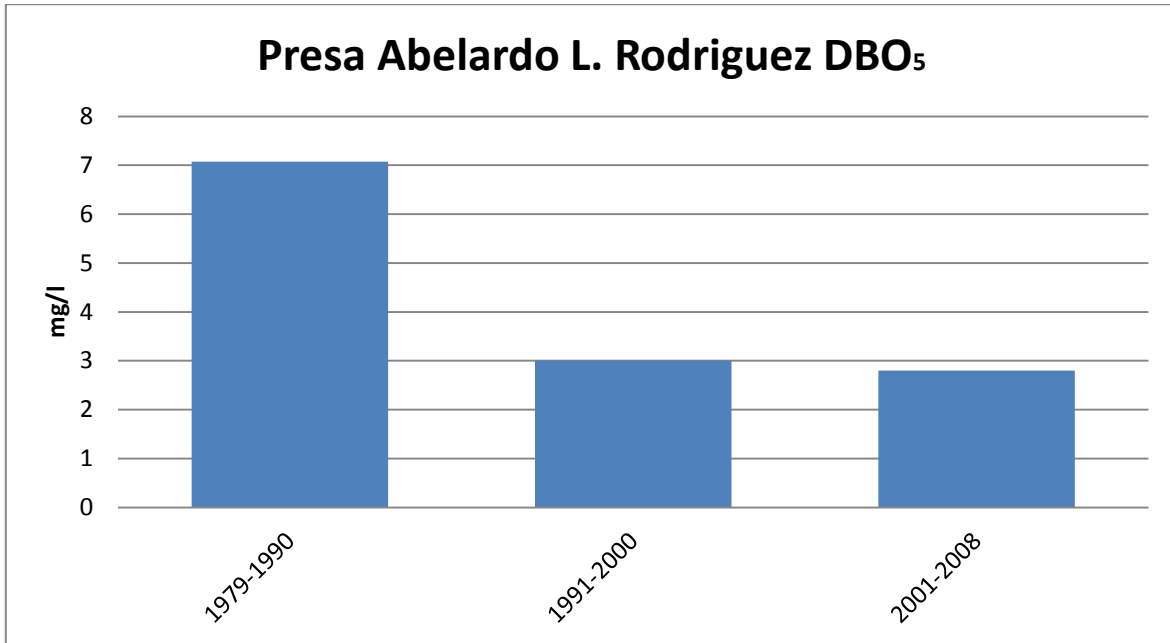


Figura 36. Gráfica de cambio temporal promedio en DBO₅, presa Abelardo L. Rodríguez.

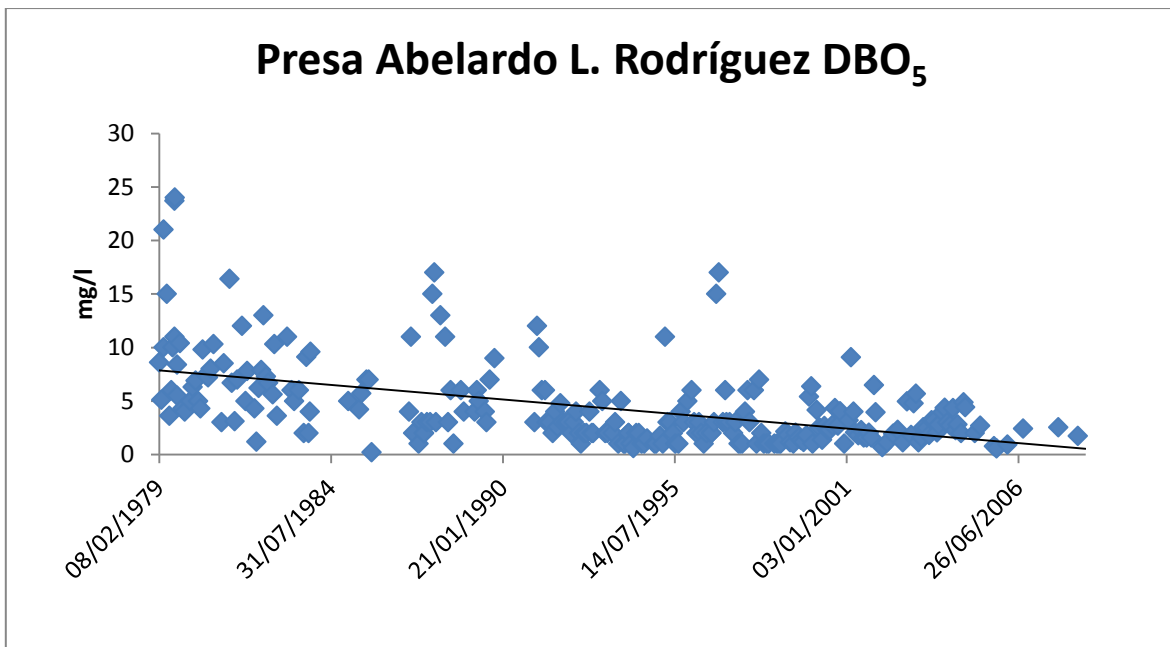


Figura 37. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO₅, Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008).

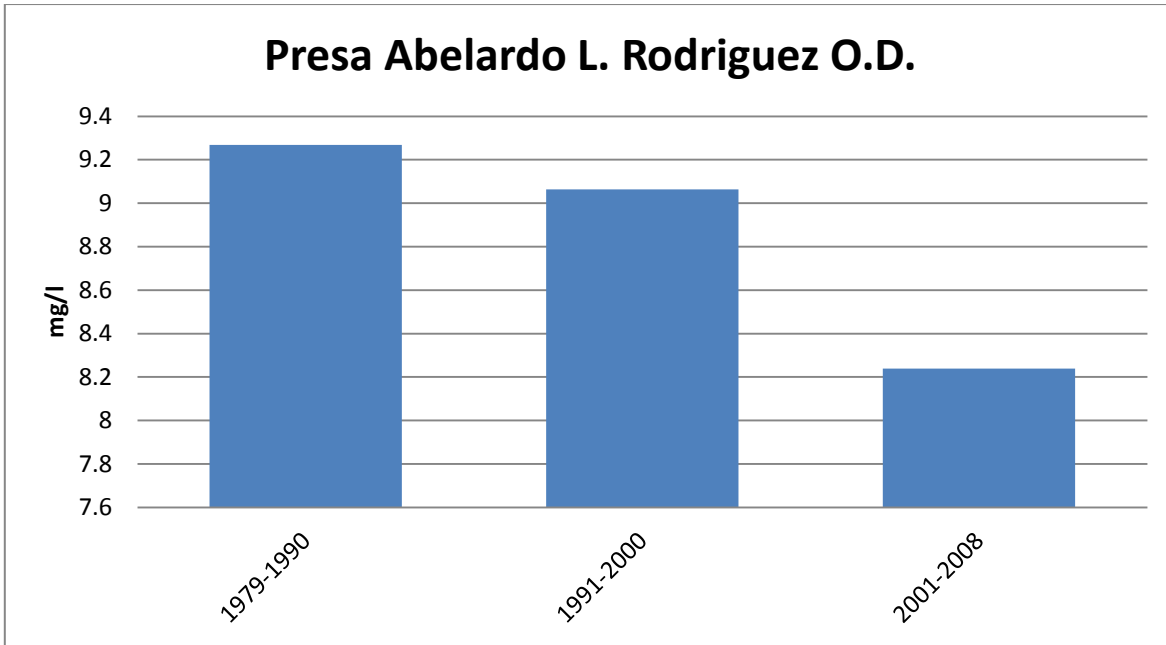


Figura 38. Gráfica de cambio temporal promedio en Oxígeno Disuelto (O.D.), Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008).

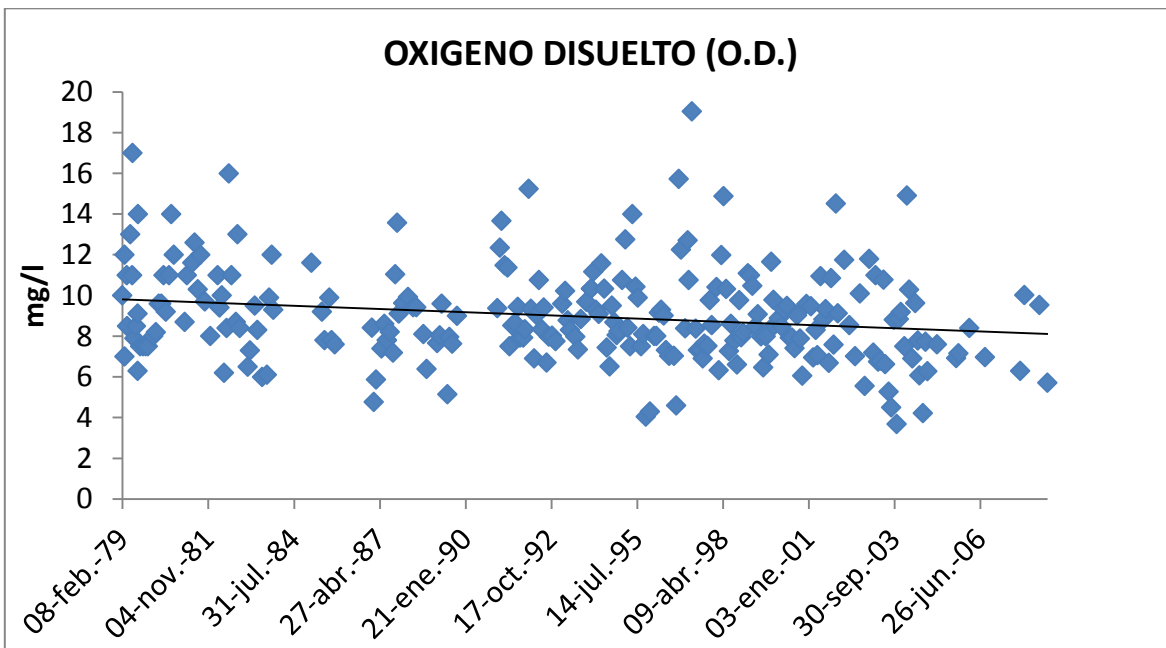


Figura 39. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto (O.D.), Presa Abelardo L. Rodríguez (1979-2008).

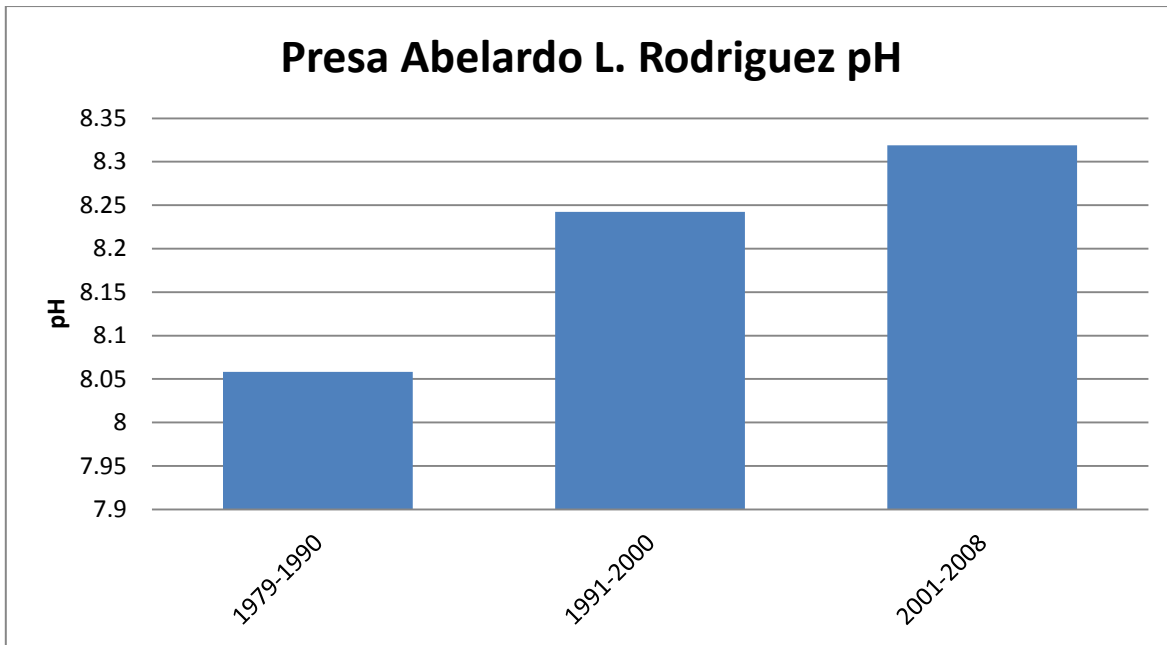


Figura 40. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Abelardo L. Rodríguez de 1979 a 2008.

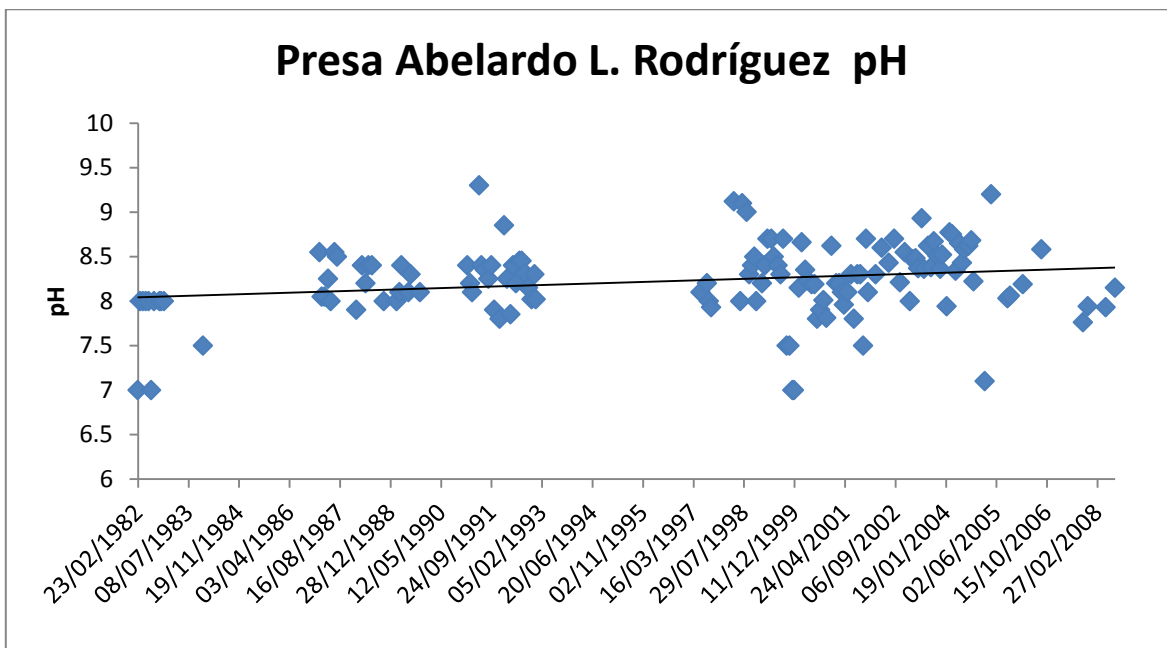


Figura 41. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de pH, Presa Abelardo L. Rodríguez (1982-2008).

Como comparación de los niveles de agua con los diferentes parámetros fisicoquímicos se obtuvo lo siguiente:

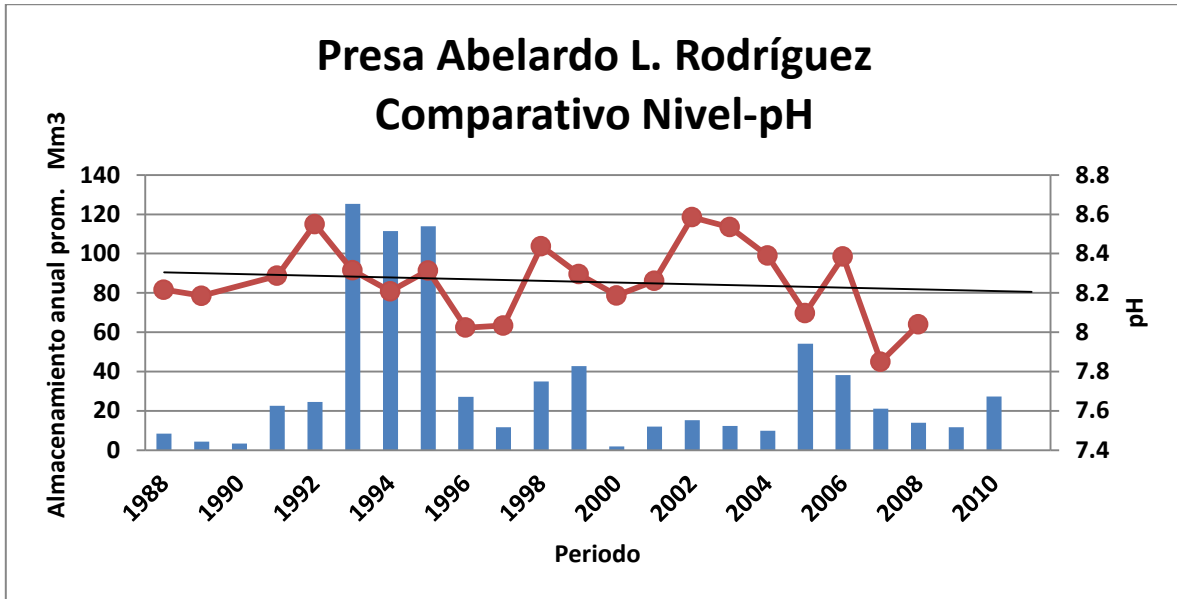


Figura 42. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³) y la variación del pH en los años 1988 a 2010, presa Abelardo L. Rodríguez.

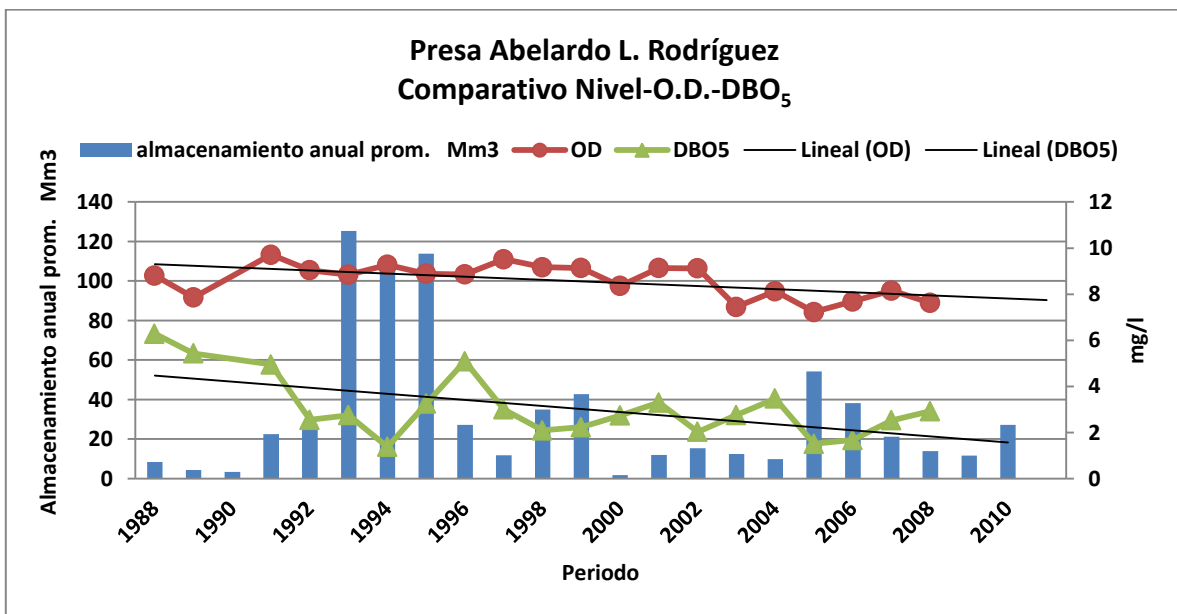


Figura 43. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³), la variación del oxígeno disuelto (mg/l) y DBO₅ (mg/l) en los años 1988 a 2010, presa Abelardo L. Rodríguez.

Resultados de la encuesta de campo en la presa Abelardo L. Rodríguez:



UABC, Instituto de Ingeniería

FECHA: 24/Mar/11
ENCUESTA DE PRESA: Abelardo L. Rodríguez



DATOS DEL ENCUESTADO

NOMBRE: Raúl Ismael González
PUESTO: Coordinador Técnico CARGO: Mantenimiento de presa
TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL LUGAR: 30 años y 5 en la presa

DATOS GENERALES DEL LUGAR

1. ¿Cuáles son las principales formas de abastecimiento de la presa?
Río Colorado por acueducto a presa Carrizo, llega a Florido, otra por captación de lluvia.
2. ¿Se tienen descargas industriales dentro del cuerpo de agua? Si No
3. ¿Tendrá idea de qué tipo de descargas?

4. ¿Cómo se ha afectado los niveles de la presa con los años?
Mayor consumo de agua, los niveles han bajado con mayor rapidez.
5. ¿Se han realizado cambios importantes en las instalaciones, afluentes y afluentes?(Entradas y salidas)
No ningún cambio
6. ¿Qué medidas de prevención utilizan para evitar pérdidas en los niveles?
Se utilizan sellos de madera alrededor de las compuertas, se le da mantenimiento cada dos años, se dan recorridos para detectar fisuras
7. ¿Qué tipos de mediciones se le hace al cuerpo de agua?
Instrumentación, escalas físicas y electrónicos (niveles)
8. ¿Con qué periodicidad se realizan?
Diario, cuando llueve constante cada hora
9. ¿En dónde y a qué profundidad se toman las mediciones?
En diferentes niveles (desde los 81 msnm hasta los 125 msnm)
10. ¿De qué manera se guardan esas mediciones?
Electrónico y manualmente en bitácoras
11. ¿Ha percibido alguna afectación sobre el medio ambiente en los últimos años por causa de las instalaciones o modificaciones de la presa?
Visibilidad Olores Clima
Ruido Desertificación Otros: _____
12. ¿Se le da algún tratamiento al agua antes de descargarla?
No se le da ningún tratamiento
13. ¿Qué actividades importantes se realizan a los alrededores que pueden afectar el cuerpo de agua? (Industriales, mineral, agrícola)
Rancherías
14. ¿Cambios importantes que se hayan visto en el aspecto del agua? (Turbio, sólidos)
Ninguno



¿COMENTARIOS O SUGERENCIAS?

- No
- Si ¿Cuáles? Bajar esta información a alumnos y maestros, conciencia para ahorro del agua y su uso

4.3 Presa “Emiliano López Zamora”

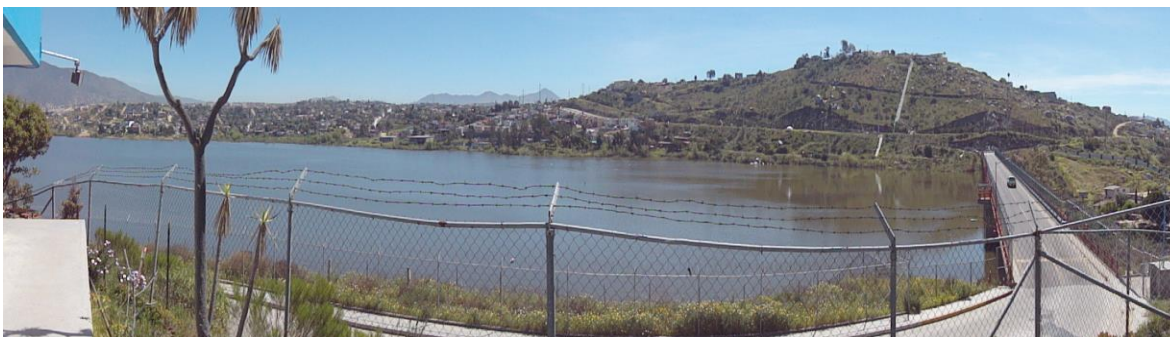


Figura 44. Foto panorámica presa Emiliano López Zamora.

Filtrado de datos

Para el filtrado de datos se formó una tabla con 254 filas y 9 columnas la cual se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	N	O	P	Q	R	S
	DATE	TEMP_AGL	Rm	LCsX	LCx	LCix	LCSr	LCr	LClr							
2	08/02/1979	12.8		28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
3	06/03/1979	19.7	6.9	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
4	03/04/1979	20	0.3	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
5	04/04/1979	19	1	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
6	08/05/1979	20	1	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
7	11/05/1979	22	2	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
8	08/06/1979	27	5	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
9	30/06/1979	26.7	0.3	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
10	17/07/1979	25.6	1.1	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
11	09/08/1979	26	0.4	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
12	05/09/1979	25.5	0.5	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
13	07/09/1979	23.9	1.6	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
14	08/10/1979	22.2	1.7	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
15	07/11/1979	21.1	1.1	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
16	04/12/1979	18.3	2.8	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
17	05/12/1979	14.5	3.8	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
18	07/02/1980	15	0.5	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
19	05/03/1980	20	5	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
20	07/04/1980	20	0	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
248	08/02/2005	14.0	8	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
249	12/04/2005	20.0	6	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
250	21/02/2006	15.2	4.8	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
251	22/08/2006	26.8	11.6	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
252	26/11/2007	18.0	8.8	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
253	02/09/2008	28.0	10	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
254	21/10/2008	22.0	6	28.839733	20.52996	12.220188	10.20756	3.1244444	0							
255	Promedio		20.5		3.1											

Figura 45. Tabla para gráfica X-Rm presa Emiliano López Zamora

De la cual se realizó la siguiente gráfica de control:

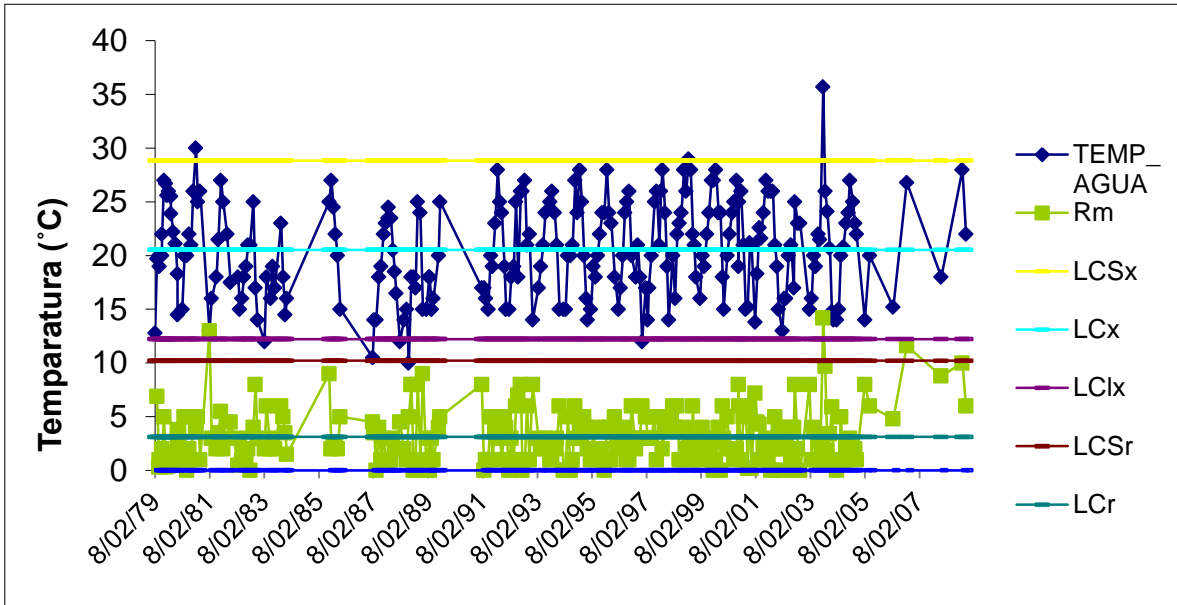


Figura 46. Gráfica X-Rm presa Emiliano López Zamora

Una vez corregidos los datos fuera de los límites como la metodología lo señala, se procedió al análisis estadístico y a calcular las tendencias en los diferentes periodos, obteniendo como resultado lo siguiente:

Enero												Febrero												Marzo												Abril												Mayo												Junio												Julio												Agosto												Septiem												Octubre												Noviembr												Diciembre												Promedios Anuales		Diferencia prom.													
												12.8												19.7												19.5												21												26.85												25.6												26												24.7												22.2												21.1												16.4												1979		21.44	1.48												
												15												20												20												22												21												26												30												25												26																								1980		22.78																									
												13												16												18												21.5												27												25												22												17.5												1981		20.00																																																	
												18												15												16												18												19												21												21												25												17												14												1982		18.40																									
												12												18																								17.5												17																								23												18												14.5												16												1983		17.00																									
																																																25												27												24.5												22												20												15												1985		22.25																																					
												10.5												14												14												18												19												22												23												24												23.5												20.5												18.5												16.5												1987		18.63	
												12												18												14												15												10												18												18												17												25												24												15												1988		16.91													
												15												18												15												16																								20												25																																																1989		18.17																									
Promedios Mensuales												12.5												15.1												16.46												17.42												17.93												21.15												24.08												23.93												23.78												21.1												16.51												16.3														19.51	
												17												17												16												15												20												19												23												28												25												24												19												15												1991		19.83	
												15												17												19												25												18												26												26												27												21												22												14												1992		20.91													
																								17												19												21												24																								25												26												24												21												15												1993		21.33													
												15												15												20												20												21												27												24												28												25												20												16												14												1994		20.42	
												15												19												18												20												22												24												24												28												24												23												18												1995		21.36													
												15												17												20												24												25												26												20																								18												21												18												12												1996		19.64	
												17												14												17												20												25												26												21												26												28												24												19												14												1997		20.92	
												20												16												22												23												24												28												26												29												28												22												21												18												1998		23.08	
												16												20												19												22												24												27												27												28												24												24												18												15												1999		22.00	
												20												22												24												25												27												22												26												21												15												15.2												21.18												21												2000		21.62	
												13.8												18.3												22.6												21.6												24												27												26												26												26												21												19												15												2001		21.69	
												13												16												16												20												21																								17												23												23																																				2002		18.63													
												15												16												20												19												22												21.5												25												26												24.1												20.7												14.8												14												2003		19.84	
												14												15												20												20.8												23												24												35.7												25												23												22																								2004		22.25													
																								14												20																																				27																																																												2005		20.33																									
																								15.2																																																												26.8																																																												2006		21.00													
																																																																																																																																																2007		18.00													
																																																																																																																																																2008		25.00													
Promedios Mensuales												15.83												16.78												19.47												21.09												22.86												24.79												24.85												26.27												23.74												21.56												18.09												15.45														20.99	
Variabilidad												3.331												1.681												3.009												3.677												4.929												3.642												0.772												2.343												-0.03												0.464												1.575												-0.85															

Figura 47. Tabla de variabilidad climática presa Emiliano López Zamora.

También se le aplicó una prueba de significancia, la prueba *t* de student, a la diferencia de temperatura media en los dos periodos de 1980-1990 y 1991-2008 (tabla12).

Tabla 12. Tabla de test estadístico presa Emiliano López Zamora (Prueba T)

Variable	Prueba T (grado de significancia $p < .05$)		
	Media	Desviación estándar	P
1980-1990	18.85	3.84	
1991-2008	20.89	3.74	0.001

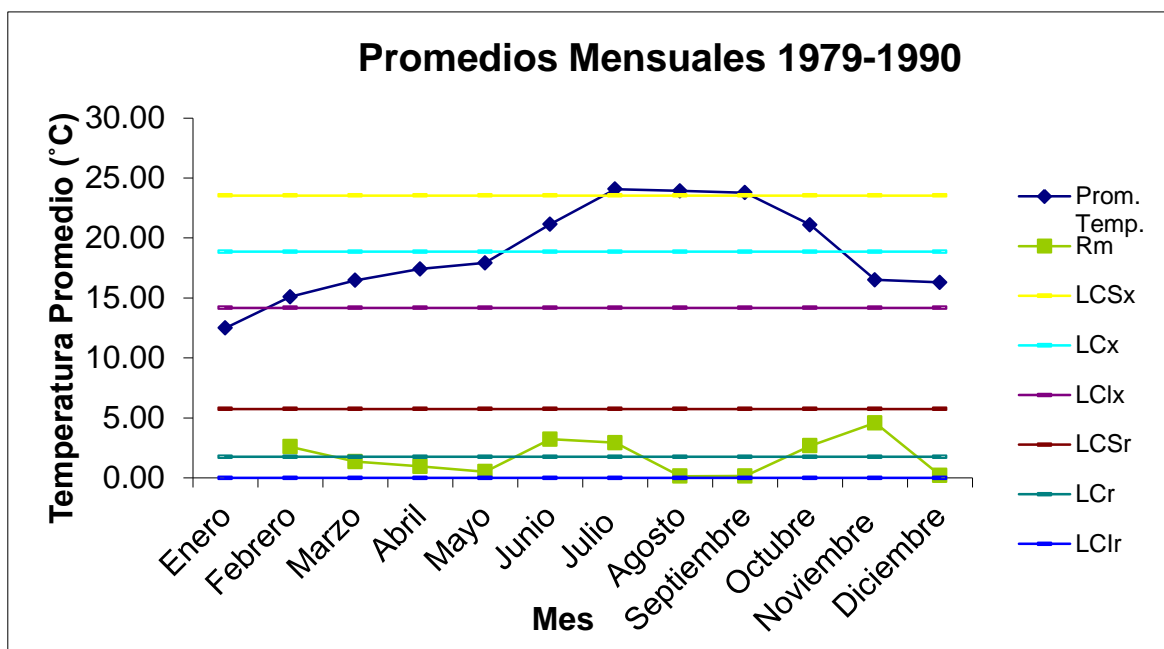


Figura 48. Gráfica de variabilidad climática 1979-1990, presa Emiliano López Zamora.

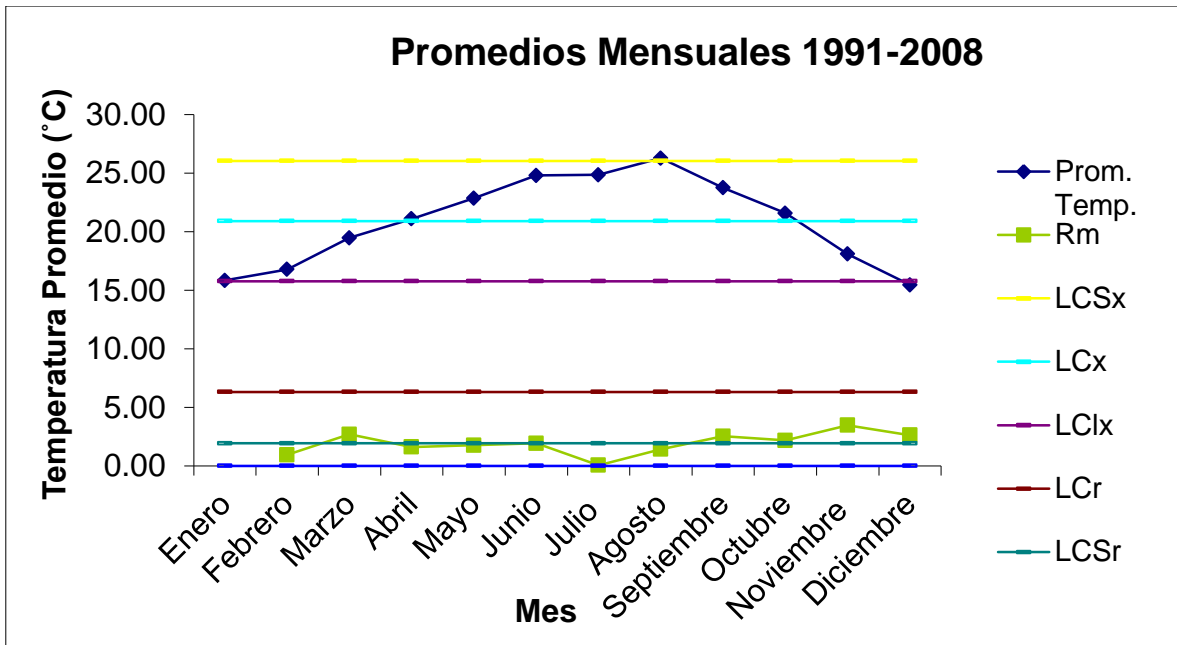


Figura 49. Gráfica de variabilidad climática 1991-2008, presa Emiliano López Zamora.

Los resultados, gráficos y estadísticos, de temperatura del cuerpo de agua y la temperatura del aire presentaron los resultados siguientes que se detallan a continuación.

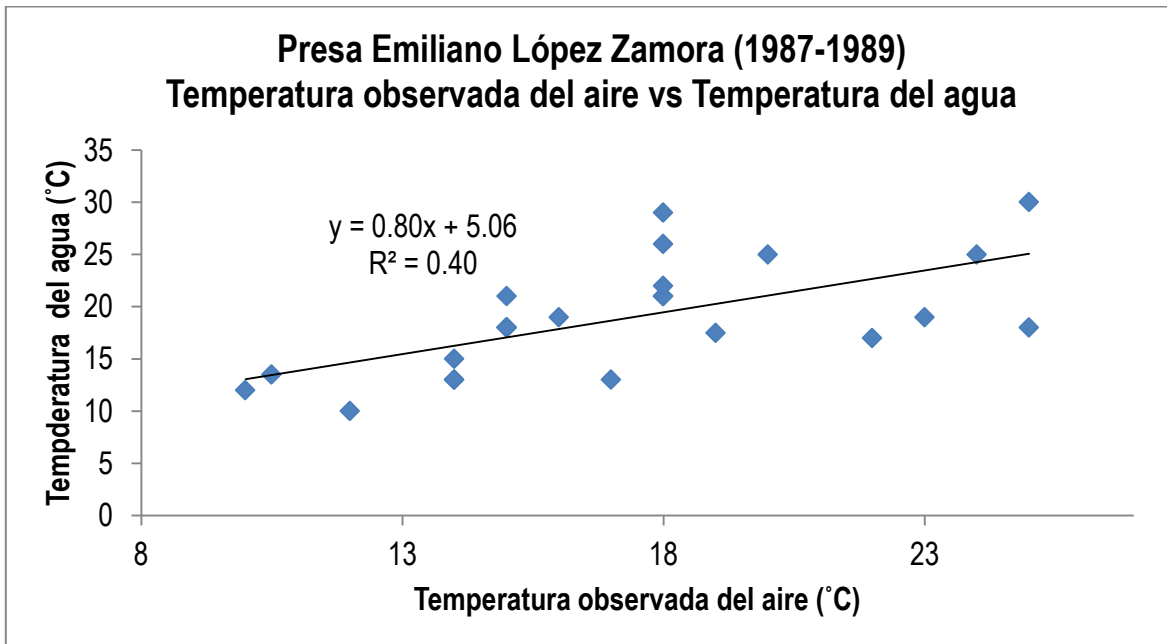


Figura 50. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el periodo de 1987 a 1989. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

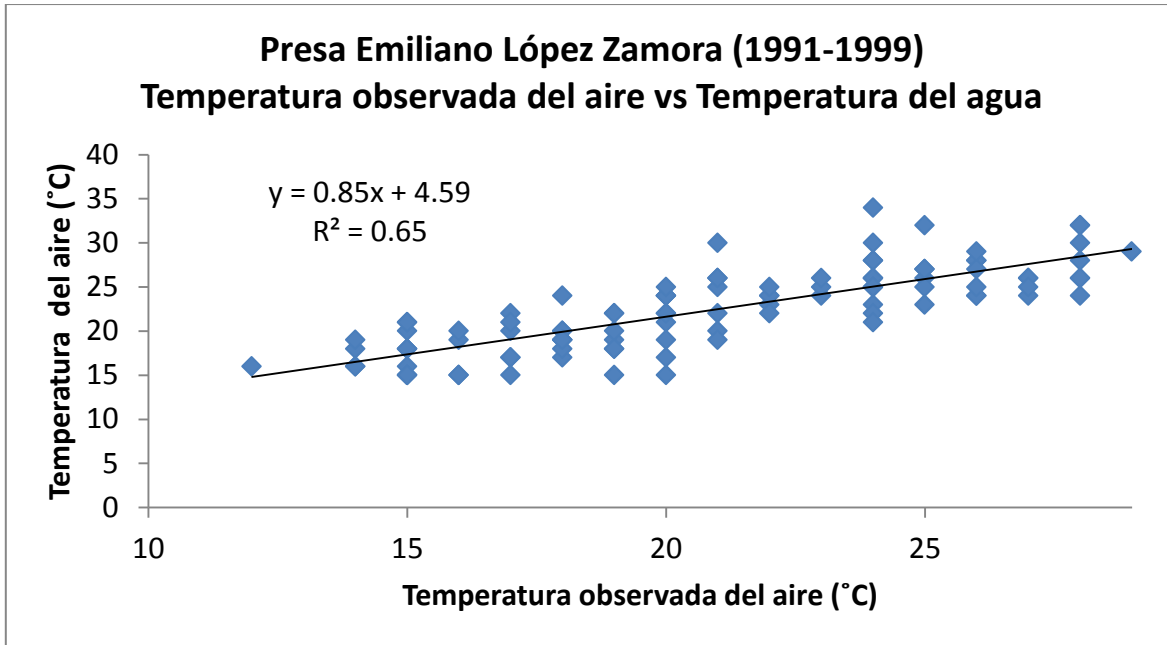


Figura 51. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el período de 1991 a 1999. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

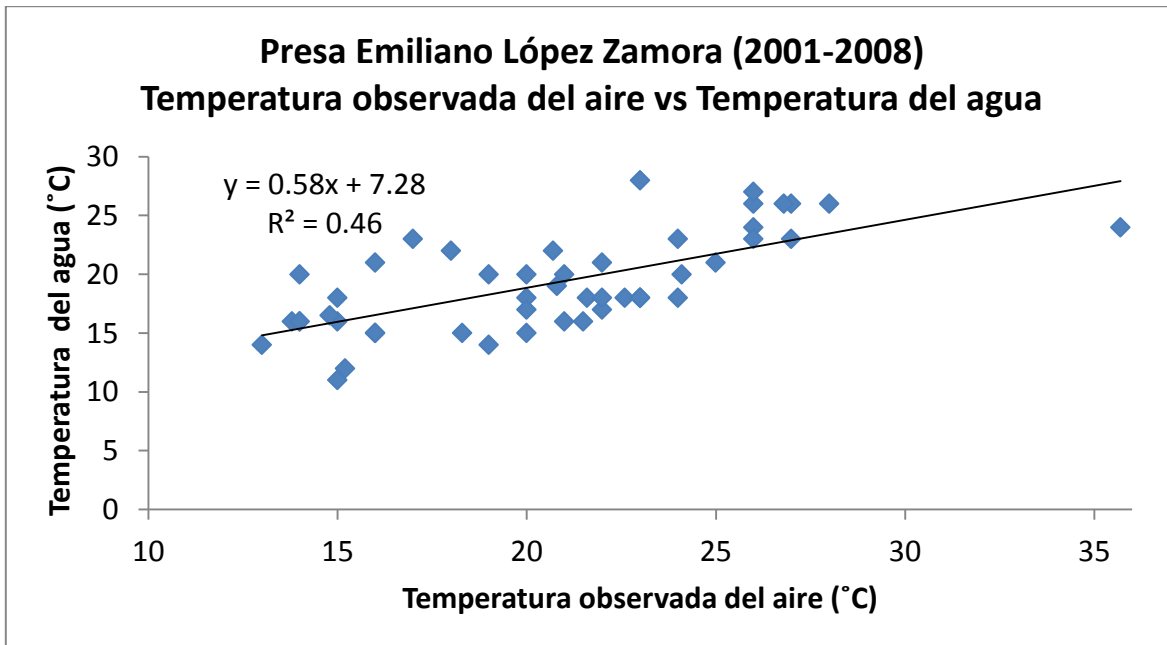


Figura 52. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura del aire VS temperatura del agua en la Presa Emiliano López Zamora en el período de 2001 a 2008. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Los resultados en la correlación de temperatura del cuerpo de agua con la temperatura mínima del ambiente dieron lo siguiente:

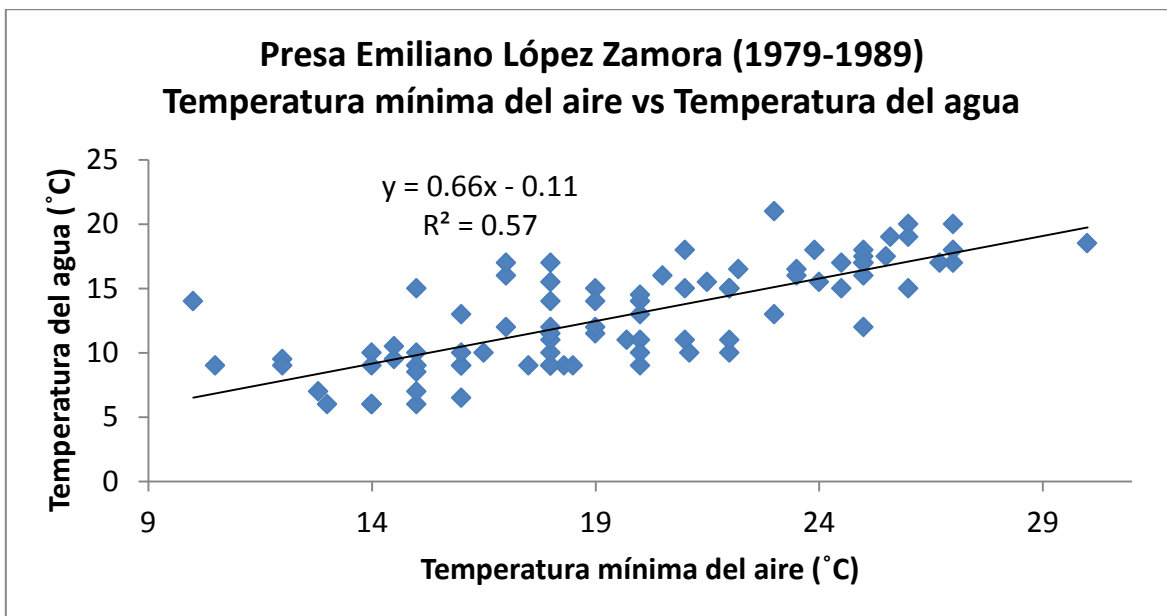


Figura 53. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

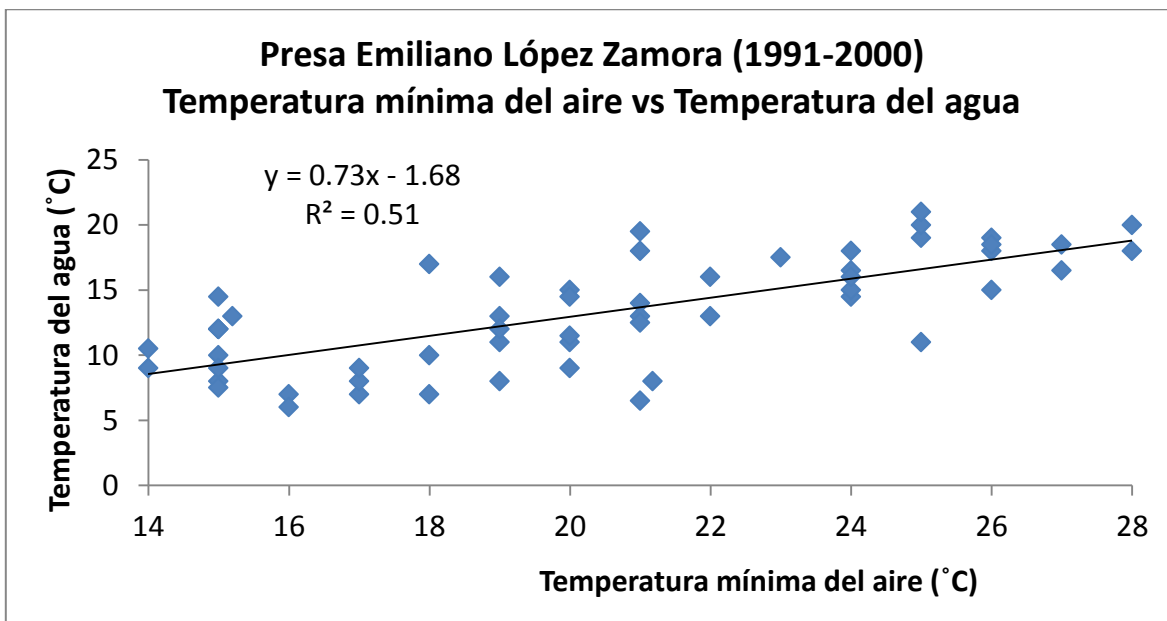


Figura 54. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua en la presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

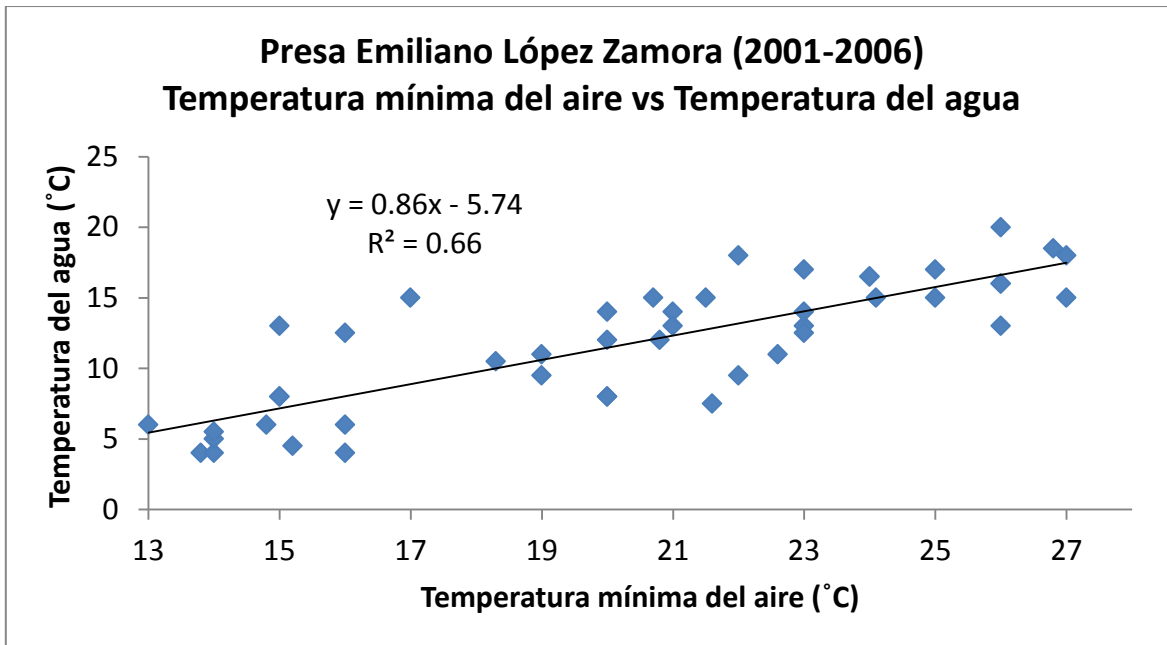


Figura 55. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de temperatura mínima del aire VS temperatura del agua presa Emiliano López Zamora. Se muestra también la ecuación de regresión lineal y el coeficiente de determinación calculado.

Resumen y comparativos de correlaciones tanto de temperatura ambiente VS temperatura del agua como de Temperatura mínima del aire VS temperatura del agua realizada en la presa Emiliano López Zamora:

Tabla 13. Comparativo de correlaciones en presa Emiliano López Zamora periodo 1987-2008.

PRESA EMILIANO LOPEZ ZAMORA Periodo 1987-2008		
Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente		Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
0.72	R	0.77
0.52	R ²	0.59
0.52	R ² ajustada	0.58
0	p	0
3.13	Error estimado estándar	2.92

Tabla 14. Comparativo de correlaciones por periodos, presa Emiliano López Zamora.

Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente	PRESA EMILIANO LOPEZ ZAMORA	Correlación temperatura del agua contra temperatura ambiente, DBO ₅ , O.D., pH.
Periodo 1987-1989		
0.64	R	0.77
0.40	R ²	0.59
0.38	R ² ajustada	0.45
0.0008	p	0.021
3.34	Error estimado estándar	3.18
Periodo 1991-2000		
0.79	R	0.84
0.63	R ²	0.70
0.63	R ² ajustada	0.69
0	p	0
2.59	Error estimado estándar	2.36
Periodo 2001-2008		
0.68	R	0.72
0.44	R ²	0.52
0.45	R ² ajustada	0.48
0	p	0
3.53	Error estimado estándar	3.47

También se presenta la variabilidad en parámetros fisicoquímicos para la presa Abelardo L. Rodríguez:

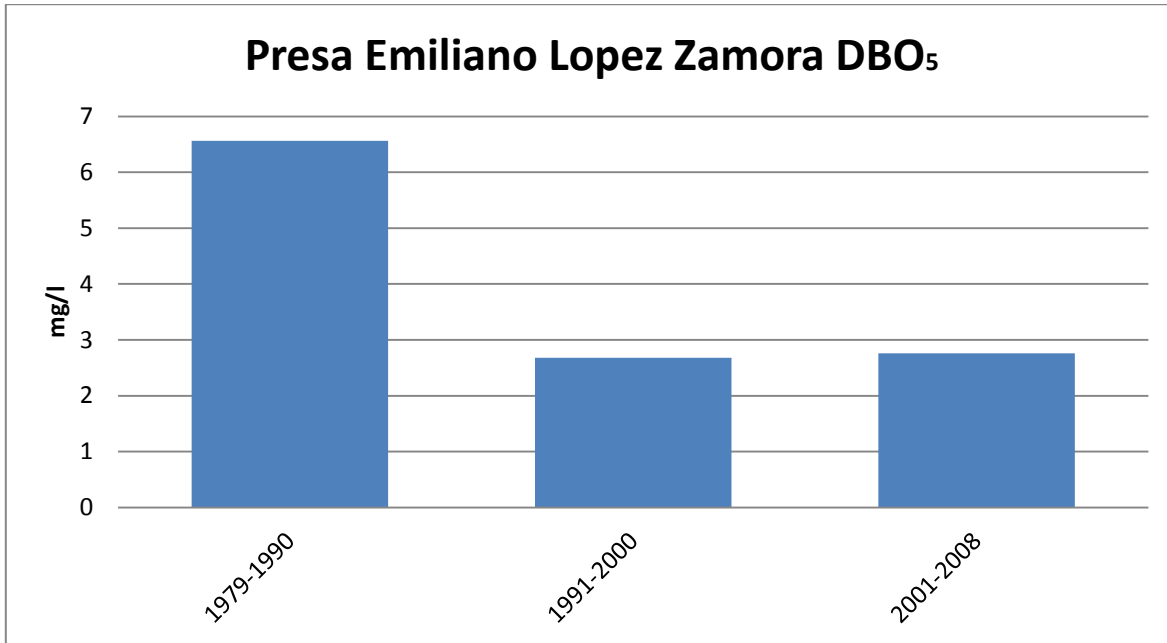


Figura 56. Gráfica de cambio temporal promedio en DBO₅, presa Emiliano López Zamora.

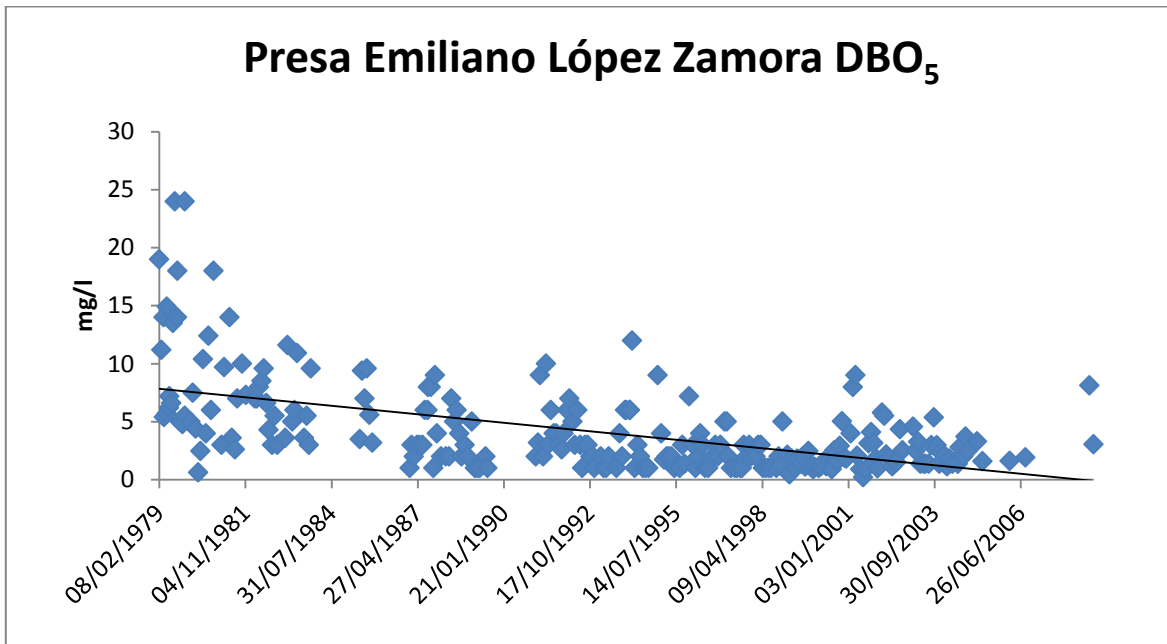


Figura 57. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de DBO₅, presa Emiliano López Zamora (1979-2008).

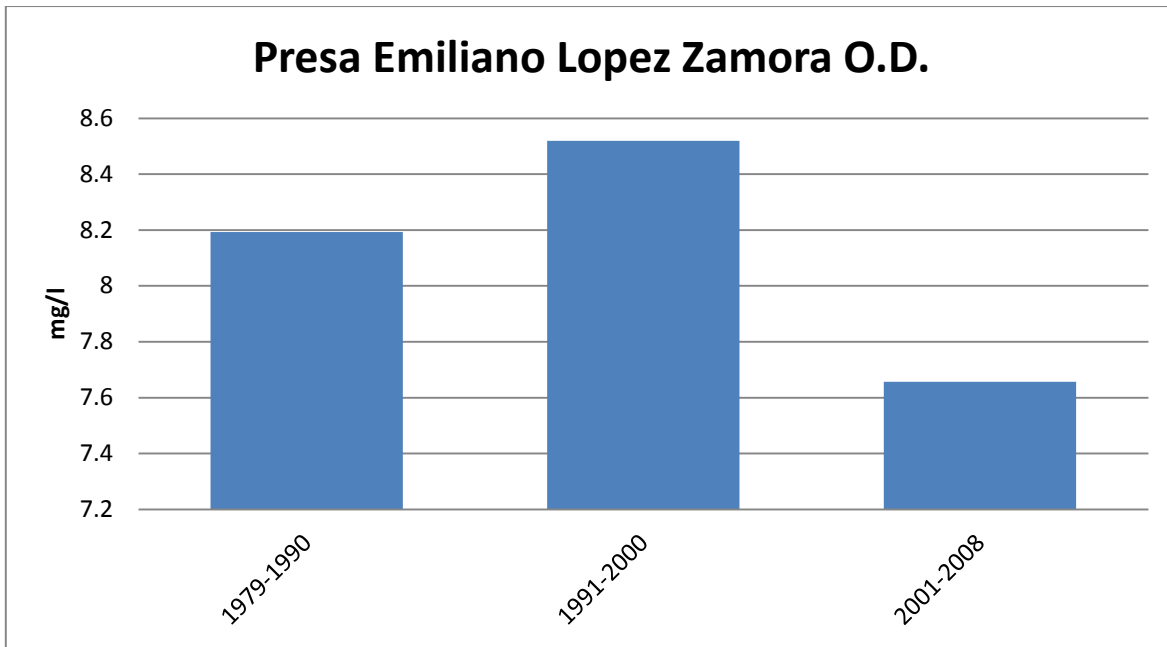


Figura 58. Gráfica de cambio temporal promedio en Oxígeno Disuelto (O.D.) en la Presa Emiliano López Zamora (1979-2008)

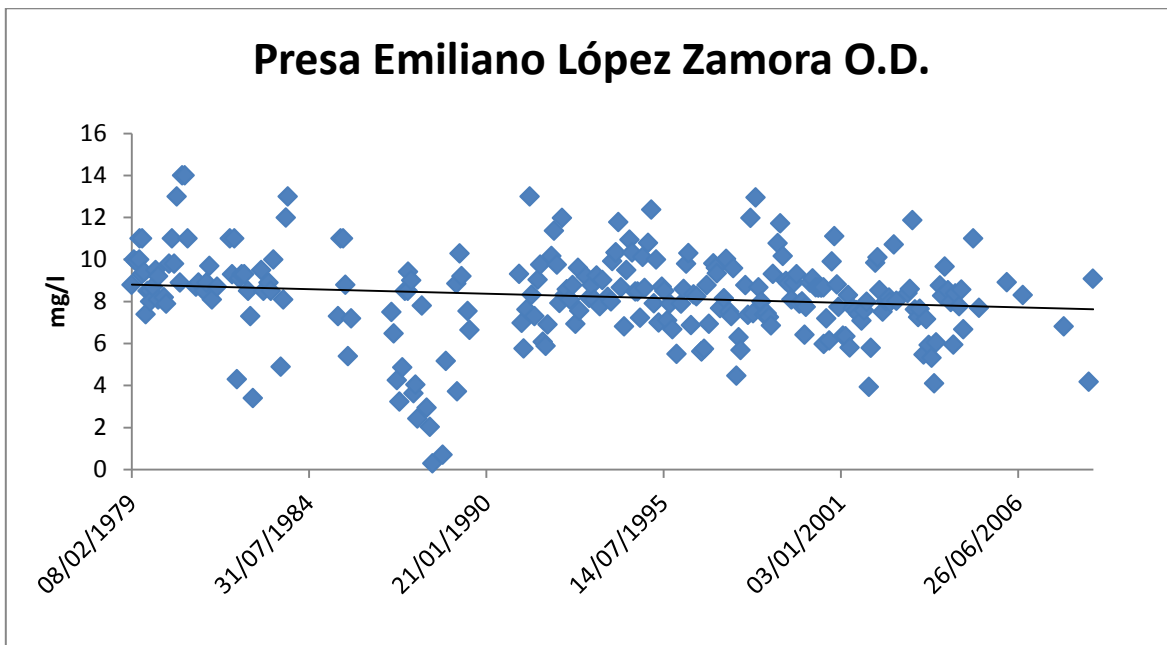


Figura 59. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de Oxígeno Disuelto (O.D.) en la Presa Emiliano López Zamora (1979-2008).

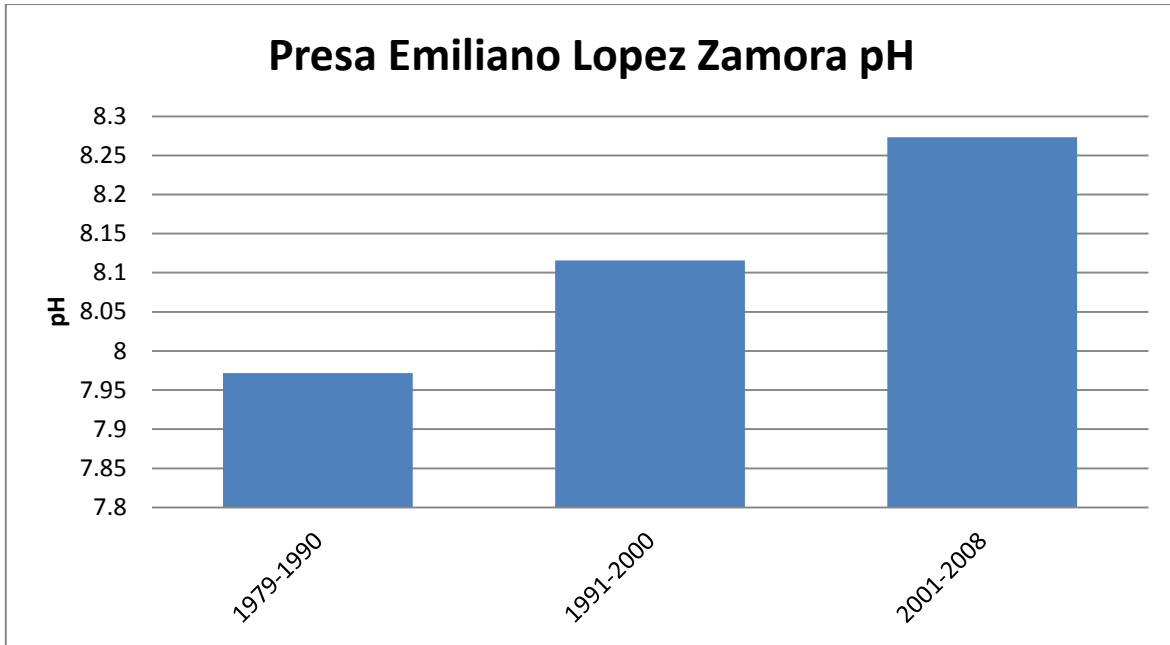


Figura 60. Gráfica de cambio temporal promedio en pH, presa Emiliano López Zamora.

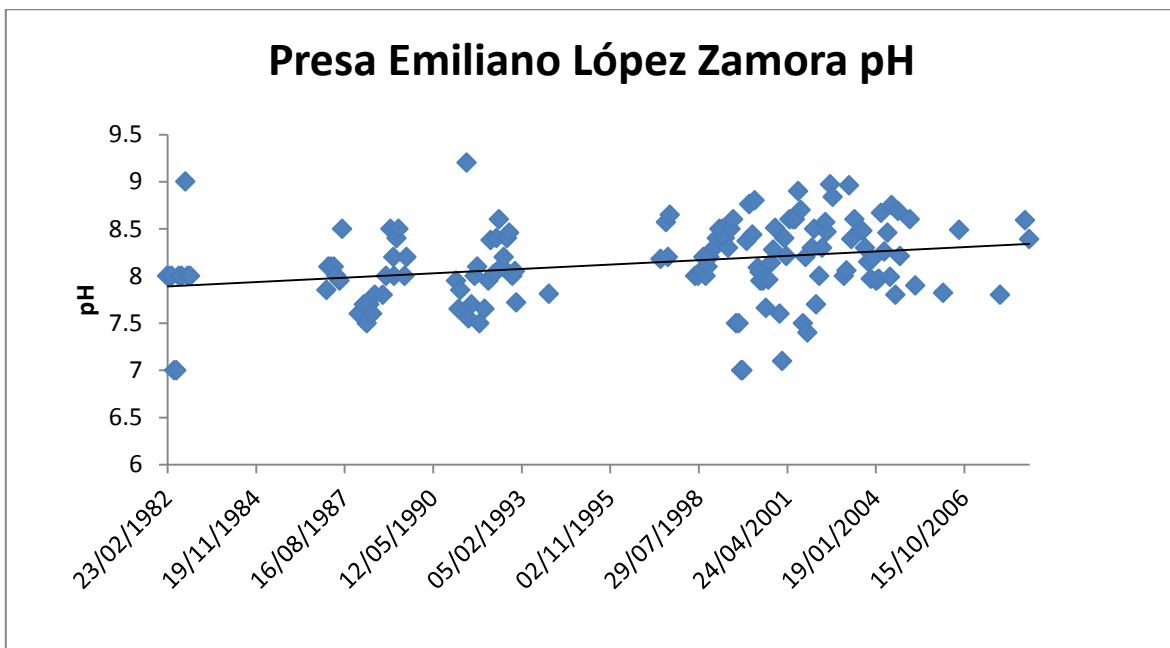


Figura 61. Gráfica de dispersión y línea de tendencia de pH, Presa Emiliano López Zamora (1979-2008).

Como comparación de los niveles de agua con los diferentes parámetros fisicoquímicos se obtuvo lo siguiente:

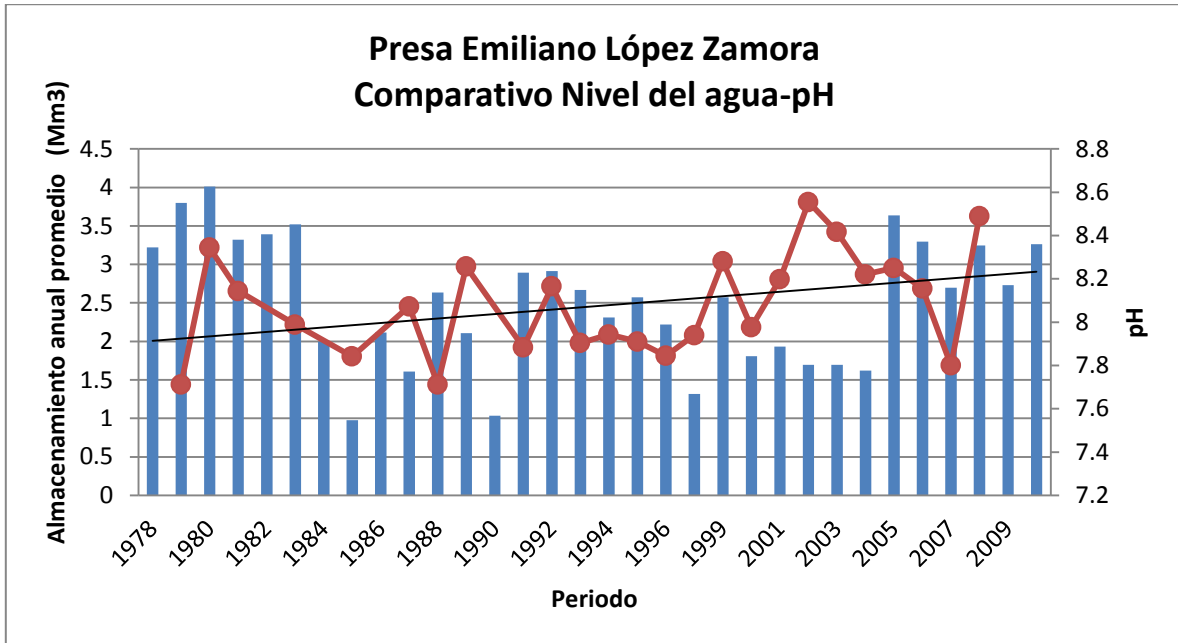


Figura 62. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³) y la variación del pH en los años 1978 a 2010 en la Presa Emiliano López Zamora.

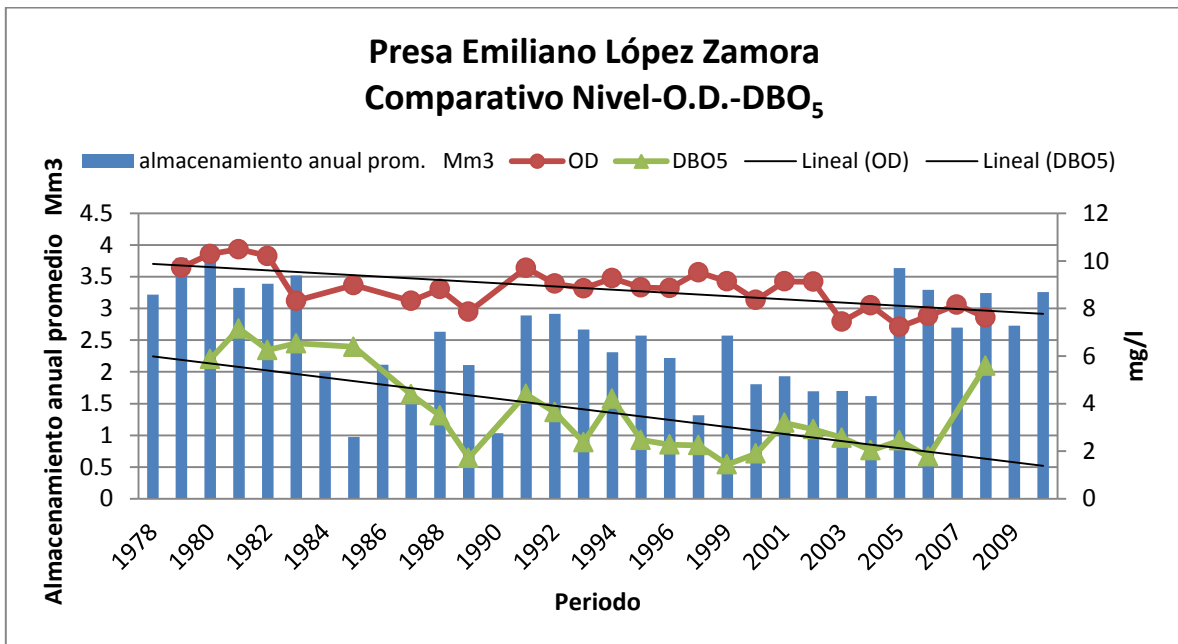


Figura 63. Gráfica en la que se muestra el almacenamiento promedio anual de agua (Mm³) y la variación del Oxígeno Disuelto (mg/l) y DBO₅ (mg/l) en los años 1978 a 2010 en la Presa Emiliano López Zamora.

Resultados de la encuesta de campo en la presa Emiliano López Zamora:



UABC, Instituto de Ingeniería

FECHA: 31/Mar/11
ENCUESTA DE PRESA: Lopez Zamora



DATOS DEL ENCUESTADO

NOMBRE: Andrés Bautista Ortega

PUESTO: Encargado de seguridad física

CARGO: Mantenimiento de presa

TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL LUGAR: desde 1992

DATOS GENERALES DEL LUGAR

1. ¿Cuáles son las principales formas de abastecimiento de la presa?
Captación por lluvia
2. ¿Se tienen descargas industriales dentro del cuerpo de agua? Si No
3. ¿Tendrá idea de qué tipo de descargas?
Solo tipo residencial, talleres mecánicos
4. ¿Cómo se ha afectado los niveles de la presa con los años?
Más deslaves y niveles más bajos
5. ¿Se han realizado cambios importantes en las instalaciones, efluentes y afluentes?(Entradas y salidas)
Solamente instalación de cerco perimetral
6. ¿Qué medidas de prevención utilizan para evitar pérdidas en los niveles?
Instalación de agujas en 1995
7. ¿Qué tipos de mediciones se le hace al cuerpo de agua?
Calidad del agua y niveles
8. ¿Con qué periodicidad se realizan?
En niveles se hace diario, en calidad del agua 1 vez al mes
9. ¿En dónde y a qué profundidad se toman las mediciones?
En el área de descarga
10. ¿De qué manera se guardan esas mediciones?
En bitácoras y se envían a Tijuana
11. ¿Ha percibido alguna afectación sobre el medio ambiente en los últimos años por causa de las instalaciones o modificaciones de la presa?
Visibilidad Olores Clima
Ruido Desertificación Otros: Olores muy fuertes en tiempo de calor
12. ¿Se le da algún tratamiento al agua antes de descargarla?
Ninguna
13. ¿Qué actividades importantes se realizan a los alrededores que pueden afectar el cuerpo de agua? (Industriales, mineral, agrícola)
Agrícola y pastorean ganado
14. ¿Cambios importantes que se hayan visto en el aspecto del agua? (Turbio, sólidos)
Cambios en el aspecto, mas turbio, olores y sólidos



¿COMENTARIOS O SUGERENCIAS?

No

Si ¿Cuáles? Informar y denunciar, se necesita mucho

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

5.1 Presa “El Carrizo”

Se presenta una diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios de temperatura de los periodos 1980-1990 y 1991-2008, con un valor mayor en el último periodo, por lo que se documenta un cambio térmico positivo. Las temperaturas del aire y del agua muestran una relación positiva y ascendente. La propuesta del modelo lineal está justificada por el coeficiente de correlación encontrado y la significancia de ese coeficiente; la temperatura del aire, explica, aún cuando varía entre periodos, arriba del 67% la variabilidad de la temperatura del agua. Podemos destacar los valores más altos de correlación y de determinación para el periodo de 2001-2008 con $R=0.82$ y $R^2=0.67$, que son valores mayores a los coeficientes obtenidos en el periodo global 1987-2008. Los parámetros indicadores de la calidad del agua, como son el DBO_5 y el O.D., tienden a disminuir apreciablemente, por lo que conforme el periodo temporal es más actual la calidad del agua ha pasado a ser de buena calidad a excelente, de acuerdo a los criterios mostrados en la tabla 1, particularmente respecto al DBO_5 . Respecto al pH se ha presentado variabilidad en los periodos de estudio, sin embargo, ha tenido un valor superior a 8, lo que indica que el agua ha permanecido siempre alcalina. Los resultados muestran que el ecosistema acuático de la presa El Carrizo tiene buenas expectativas debido a la excelente sanidad del agua. La variabilidad climática mostrada indica que a pesar de estar incrementándose la temperatura mínima del aire, y consecuentemente la del agua, no parece estar afectando hasta el momento la calidad del agua.

Cabe mencionar que la metodología que la CONAGUA utiliza para determinar las variables de calidad del agua no está considerada dentro del alcance del diagnóstico de este estudio y se desconoce el rigor científico de los datos físico-químicos; las bases de datos utilizadas fueron proporcionadas por una institución oficial. Por otra parte la evidencia visual, resultado de la visita de campo, permite fortalecer el calificativo de la excelente sanidad que presenta en la presa el Carrizo.

Durante las entrevistas al personal a cargo de los cuerpos de agua analizados, al cuestionarles sobre los puntos de tomas de muestras para el análisis de calidad, éstos se llevaban a cabo en un solo punto determinado por la accesibilidad.

5.2 Presa Abelardo L. Rodríguez.

Al igual que en el caso de la presa El Carrizo se tiene una diferencia estadísticamente significativa entre los valores medios de temperatura entre los períodos 1980-1990 y 1991- 2008. El valor promedio más alto se presentó en el último período por lo que se documenta una tendencia térmica positiva en este lugar. Las temperaturas del aire y del agua muestran una relación positiva y ascendente. El modelo lineal propuesto entre ambas temperaturas es adecuado, tanto por el coeficiente de correlación encontrado como por la significancia asociada; la temperatura del aire explica a la temperatura del agua, en alrededor un 60%, que es un valor menor al encontrado en El Carrizo. Para esta presa sobresalen las correlaciones y determinaciones más altas para el periodo 1991-2000 con $R=0.80$ y $R^2=0.60$, por encima de los coeficientes del periodo global analizado 1980-2008. Los parámetros asociados a la calidad del agua, en este caso la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y el Oxígeno Disuelto (O.D.), tienen una tendencia a disminuir apreciablemente, sobre todo el DBO_5 , ya que en el primer período (1979-1990), tuvo un valor promedio de 9.25, y en el segundo período (1991-2000) tuvo un valor promedio de 3.0; ya en el tercer período (2001-2008) se conservó igual que en el período anterior. Lo anterior indica que, con respecto a este parámetro, el agua pasó de una calidad aceptable a excelente. Respecto al pH, ha conservado su alcalinidad desde el primer período hasta el último. Al igual que con la presa El Carrizo, el ecosistema acuático en la presa Abelardo Rodríguez, con la información analizada se concluiría que no está en peligro por cuestiones relacionadas a la calidad del agua.

Sin embargo en esta presa (Abelardo L. Rodríguez) fue evidente la “mancha” de contaminación frente a la cortina lejos del punto de monitoreo. Es obligado realizar este comentario porque según los resultados obtenidos con los datos fisico-químicos, esta presa está catalogada como un cuerpo de agua con calidad aceptable por estar dentro de los límites según la tabla 1, pero por la evidencia visual de contaminación, se puede decir que los datos no son representativos del cuerpo de agua ya que no se monitorean los sólidos suspendidos totales ni la turbidez. La cercanía de casas habitadas, y fauna ovina y caprina cerca del cuerpo de agua, ponen en cuestionamiento si los resultados reportados en los indicadores de la calidad del agua pueden considerarse como representativos.

5.3 Presa Emiliano López Zamora.

Los resultados encontrados son similares a los dos casos anteriores. La diferencia en temperaturas medias en los periodos 1980-1990 y 1991-2000 es estadísticamente significativa. Las temperaturas del aire y del agua muestran tendencia ascendente, el modelo lineal es adecuado de acuerdo al nivel de significancia asociado y el coeficiente de correlación de la relación. Al igual que la presa Abelardo L. Rodríguez también el periodo 1991-2000 con $R=0.79$ y $R^2=0.63$ presenta los valores de correlación y de determinación más altos para este cuerpo dentro del periodo global 1980-2008. En cuanto a la calidad del agua está en excelentes condiciones, dados los valores numéricos de la DBO_5 y el O.D. del último periodo analizado (2001-2008). En cuanto al pH hay un incremento sostenido, siempre dentro de la clasificación de un agua alcalina. El ecosistema acuático no parece tener problemas de sobrevivencia en este lugar de acuerdo a los resultados encontrados.

Sin embargo, la presa Emiliano López Zamora es definitivamente el caso de extrema contaminación de este diagnóstico, la evidencia no solo fue visualmente obvia, sino que los encargados de las instalaciones comentaron la fuente urbana de contaminación la cual se debe a las múltiples descargas de drenajes de las colonias ya establecidas alrededor de esta presa y los nuevos fraccionamientos. Nuevamente esto se contrapone al calificativo de cuerpo de agua con calidad excelente según CONAGUA y los parámetros de la tabla 1 antes mencionada. También en este caso, se pudo constatar la no representatividad de los monitoreos de calidad del agua.

5.4 Inferencia de afectaciones

En los tres cuerpos de agua se presentan resultados similares en lo que respecta a los aumentos de temperaturas y la variación de los diferentes parámetros fisicoquímicos en los 30 años de registro; su diferencia es en el gradiente y su porcentaje de afectación.

Los aumentos en las temperaturas de los cuerpos de agua entre el periodo 1980-1989 y 1990-2008 son de $0.42\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la presa El Carrizo, $1.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la presa Abelardo L. Rodríguez y de $1.48\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la presa Emiliano López Zamora.

En el caso del O.D. se tiene una disminución en la concentración que va de 9 mg/l a 8.6 mg/l en la presa El Carrizo, de 9.2 mg/l a 8.3 mg/l en la presa Abelardo L. Rodríguez y de 8.2 mg/l a 7.6 mg/l en la presa Emiliano López Zamora.

Para el D.B.O.₅ se tiene una tendencia negativa en la concentración que es de 5 mg/l a 1 mg/l para la presa El Carrizo, de 7 mg/l a 2.9 mg/l en la presa Abelardo L. Rodríguez y de 6.5 mg/l a 2.8 mg/l para la presa Emiliano López Zamora.

Por último para el pH, tenemos un aumento en los tres cuerpos de agua siendo más marcado en la presa Emiliano López Zamora, los resultados son de 8.25 pH a 8.29 pH en la presa El Carrizo, de 8.05 pH a 8.3 pH en la presa Abelardo L. Rodríguez y de 7.95 pH a 8.25 pH en la presa Emiliano López Zamora.

Con estos resultados obtenidos se pueden inferir las posibles afectaciones que se pueden tener en la salud y en los ecosistemas acuáticos, a saber:

- Un aumento en la evaporación, ya que al incrementar la temperatura del agua la evaporación es mayor en los cuerpos superficiales.
- Un incremento de la nitrificación. Debido a que es un proceso de gran importancia para los cuerpos de agua pues permite la regeneración de nitrato útil para el plancton a partir del amonio. Un incremento de 2 a 3 °C en regiones templadas incrementaría de 20 a 30% la regeneración de nitrato, obteniendo una reducción significativa en el oxígeno y con ello limitando la productividad de todo el ecosistema.
- Un aumento en la toxicidad. Al aumentar la temperatura del cuerpo de agua incrementa en general la toxicidad de los metales en los ecosistemas acuáticos; un ejemplo es el caso del nitrógeno amoniacal que en un aumento de 2 °C éste aumenta su toxicidad en un 12%, el cual adicionalmente cambia su ionización con el pH, por lo que en pH de 8.0 es 65% mas toxico que a pH neutro.
- Un aumento en la solubilidad de contaminantes. Se sabe que con el aumento de la temperatura en el agua, aumenta la solubilidad de plaguicidas en 1.4% por cada °C y en los COP's (Compuestos Orgánicos Persistentes) aumenta 2.5% su solubilidad por cada °C.

- Disminución de Oxígeno. Esto se debe a que la solubilidad del oxígeno depende de la temperatura y de la altitud principalmente, a mayor temperatura menor disolución en aguas superficiales, lo cual concuerda con los aumentos en las temperaturas y en la disminución del O.D. en los tres cuerpos de agua; se tiene como dato que en aguas cálidas se reduce 6 mg/l la solubilidad del oxígeno por cada 3 °C y que como límite para un desarrollo acuático este tiene que ser de 5 mg/l.

Se debe resaltar que estas inferencias pueden ser afectadas mayormente por la urbanización y la falta de control que se tiene alrededor de estos reservorios, la cual se apreció visualmente en las visitas que se realizaron, concretando que se tiene una afectación distinta en cada caso, siendo de menor grado la presa El Carrizo, en forma moderada la presa Abelardo L. Rodríguez y en mayor grado la presa Emiliano López Zamora.

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones.

En cuanto al diagnóstico de variabilidad climática se establece un incremento térmico en los tres cuerpos de agua, lo que se ve reflejado también en los incrementos de temperatura en los tres cuerpos de agua analizados, dando respuesta así a la hipótesis establecida. La propuesta de modelos lineales de primer orden para explicar la variabilidad de la temperatura del agua, en función de la temperatura del aire, son adecuados de acuerdo a la bondad del ajuste proporcionado por el coeficiente de determinación, sin embargo será necesario continuar con las mediciones de ambas variables con sistemas de registro continuo y automático. El hecho de que la temperatura del agua muestre un incremento parece no estar afectando a la calidad del agua por lo mencionado en el siguiente párrafo.

En cuanto al diagnóstico de calidad del agua, las evidencias establecen que los tres reservorios de aguas satisfacen las normas nacionales, incluso en el período contemporáneo están como de "excelente calidad". De acuerdo a lo anterior la conclusión más interesante en este estudio es que los ecosistemas acuáticos están gozando de perfecta salud. Sin embargo, y contraponiéndose a esta idea se anotan los siguientes puntos: a) la falta de rigor científico en las mediciones realizadas por las instituciones encargadas de hacer ese trabajo, b) la no representatividad de los monitoreos, pues únicamente se hace en un punto de fácil acceso, y c) la evidencia visual que no deja lugar a dudas sobre el aspecto turbio del agua, sobre todo en la Presa Emiliano López Zamora, le resta credibilidad a los resultados obtenidos, por lo que se deja abierta la línea de investigación que permita sostener o refutar los resultados de organismos oficiales.

Como recomendación se propone establecer una metodología aleatoria de monitoreo de calidad del agua, que sea representativa del cuerpo de agua, aumentar la cantidad de puntos de muestreo así como el incremento de análisis semanal que impacte la confiabilidad de los datos mensuales. Solamente para reforzar lo mencionado líneas atrás, se recomienda que el monitoreo térmico, de aire y del agua, sea realizado con un sistema automático, de registro continuo y en varios puntos aleatorios a lo largo y ancho del cuerpo de agua, lo que permitirá realizar un estudio más confiable.

Otra recomendación basándonos en la evidencia visual es el saneamiento de las presas Abelardo L. Rodríguez y Emiliano López Zamora, ya que ambas presentan contaminación que puede observarse por los colores tornasoles del agua, sólidos suspendidos, fauna muerta y olores, pero sobre todo por los testimonios del personal a cargo que conocen desde hace años la existencia de descargas de drenajes que se vierten en las presas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Juana, Machado-Allison Antonio, 2008, El control de los ríos y su impacto sobre la ictiofauna continental: una revisión.
- Arnell N, Liu C, Compagnucci R, da Cunha L, Hanaki K, Howe C, Mailu G, Shiklomanov I, y Stakhiv E., 2001, Hydrology and Water Resources. Cambridge University Press, Australia.
- Barnett, T.P., Adam J.C. and Lettenmaier D.P., 2005, Potential impacts of warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature*, 438, 303–309.
- Bate Bryson (CSIRO Australia), Kundzewicz Zbigniew W. (Academia de Ciencias de Polonia) Wu Shaohong (Academia de ciencias de China), Palutikof Jean (Centro Hadley de predicción e investigación climática Reino unido), 2008, El cambio climático y el agua, Documento técnico VI del IPCC.
- Bates B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S. y Palutikof J.P., 2008, Technical aper of the intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Genova.
- Bergkamp, G. y B. Orlando, 1999, Los humedales y el cambio climático: examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, IUCN.
- Boqiang Qin, Qun Huang, 1998, Evaluation of the climatic change impacts on the Inland Lake, a case study of Lake Qinghai, China.
- Bruinsma J., 2003, World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. Earthscan, London, 444 pp.
- Canziani, O.F., Díaz S., Calvo E., Campos M., Carcavallo R., Cerri C.C., Gay-García C., Mata L.J., and Saizar A., 1998, Latin America. In: The Regional Impacts of Climate Change - An Assessment of Vulnerability. A Special Report of the IPCC Working Group II.
- Comisión Intersectorial de cambio climático, 2007, Estrategia Nacional de cambio climático México.
- CONAGUA, 2012. Indicadores de Calidad del Agua. Revisión realizada en la página web: <http://www.conagua.gob.mx> el día 1 de diciembre de 2012.
- Cromwell J.E., Smith J.B. y Raucher R.S., 2007, Association of Metropolitan Water Agency. Washington D.C.
- EEA technical report, 2/2007, Climate change and water adaptation issues, ISSN 1725-2237.
- Egas Giovanna, 2006, Estimación de la sensibilidad al Cambio Climático en el sistema glaciar Auzangate. Cusco-Perú.
- European Environment Agency, 2004, Impacts of Europe's changing climate.
- European Environment Agency, 2007, Climate change and water adaptation issues.
- Falkenmark M y Lindh G., 1976, Water for starving world. Westview Press Boulder, CO USA.
- Forster A., *Abh Geogr*, 1984, Die Temperature fließender Gewässer Mitteleuropas.
- Foster S. y Hirata R., 1991, OPS/CEPIS.
- García Martínez Jorge, 2010, Efectos climáticos sobre el agua subterránea y el lago Alchichica Puebla, México.
- GEO-3, 2003, Global Environmental Outlook. United Nations Environmental Program, 279 pp., http://www.unep.org/geo/pdfs/GEO_lac2003English.pdf.
- Gleick Peter H., 2000, Agua: las consecuencias potenciales de la variabilidad y el cambio climático en los recursos hidráulicos de los Estados Unidos.
- Hammond D., Pryce A.R., 2007, Climate change impacts and water Temperature.

- IPCC, 2001a, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 881 pp.
- IPCC, 2002, Cambio Climático y biodiversidad.
- IPCC, 2007, Cambio climático 2007, Ginebra, Suiza.
- IPCC, 2007, Grupo de Trabajo II: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad.
- IPCC, 2007b, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 976 pp.
- IPCC, 2008, Cambio Climático y el Agua, documento técnico IV.
- Jeney G. y Nemcsok J., 1992, Aquaculture.
- Jiménez C.B., 2001, Instituto de Ingeniería UNAM.
- John D. Lenters, Timothy K. Kratz, Carl J. Bowser, 2005, Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin (USA).
- Leal M.T., Millan D.V. y Vazquez C., 2009, Impact of climate change on quality of water.
- Lenters John D., Kratz Timothy K., Bowser Carl J., 2004, Effects of climate variability on lake evaporation: Results from a long-term energy budget study of Sparkling Lake, northern Wisconsin Usa.
- Moreno Ana Rosa, 2010, Agua, Cambio Climático y sus Efectos; Simposium Agua, Cambio Climático y Salud.
- Murdoch P.S., Baron J.S. y Millar T.L., 2000, Water Resources Ass.
- Organización Meteorológica Mundial, 2002, El tiempo y el clima: variabilidad y cambio.
- Rao D., Prasada G.V. y Khan M.A.Q., 2000, Water Environmental Research.
- SEMARNAT, 2009, DECRETO por el que se aprueba el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012.
- SEMARNAT, 2010, Guía metodológica para la evaluación del impacto del cambio climático en la calidad del agua.
- The Royal Society, 2005, Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide.
- UN, 2006, World Water Development Report 2: Water, a Shared Responsibility. UNESCO, Paris, 601 pp.
- UNESCO-WWAP, 2009. Climate Change and Water. An overview from the world water development report 3: water in a changing world. Published by the United Nations World Water Assessment Programme, 28 pp.
- Ward J.V., 1985, Thermal characteristics of running waters, Hydrobiology.
- Webb Bruce W., Hannah David M., Moore R. Dan, Brown Lee E. and Nobilis Franz, 2008, Recent advances in stream and river temperature research.
- Webb BW, Nobilis F., 1995, Long term water temperature trends in Austrian rivers, Hydrological Sciences Journal.
- WHITEHEAD P. G., WILBY R. L., BATTARBEE R. W., KERNAN M. & WADE A. J., 2009, A review of the potential impacts of climate change on surface water quality.

1. ANEXOS

8.1 ANEXOS

PRODUCTOS ACADÉMICOS

- Participación en “2do Congreso de Estudiantes de Posgrado”, sesión de poster.
- Participación en “XXXIV Encuentro RNIU 2011 Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional”,
 - Jesse Evert Parra Morales, Néstor Santillán Soto, O. Rafael García Cueto, Sara Ojeda Benítez, Evaluación ambiental en cuerpos de agua de B. C., impacto en su variabilidad climática como resultado del desarrollo regional, 2011

“Estudio de la variabilidad climática en los cuerpos de agua de B.C., diagnóstico para el Plan Estatal de Acción de Cambio Climático de Baja California”



Jesse Parra*, Néstor Santillán, Rafael García
*E-mail: jess311evert@hotmail.com
Instituto de Ingeniería

2do Congreso Nacional de Estudiantes de Posgrado del Instituto de Ingeniería, Instituto de Ingeniería – UABC, Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

Universidad Autónoma de Baja California

1. Introducción

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más importantes en este siglo XXI. Un indicador de este cambio ha sido el rápido incremento en las temperaturas promedio globales observadas y la presencia de eventos atmosféricos extremos. Todo indica que en los escenarios climáticos futuros el planeta estará bajo exigencias cada vez más críticas y las sociedades serán fuertemente impactadas dependiendo de su modelo de desarrollo socioeconómico, de las estrategias de mitigación y de la adaptabilidad al entorno futuro. Otro indicador con el que se cuenta y que corrobora este fenómeno son las recientes investigaciones que han dado evidencia científica del aumento en los promedios de temperaturas en los cuerpos de agua. México y en particular Baja California cuenta con cuerpos de agua vitales, en los que se pueden ver reflejadas las tendencias y variabilidades térmicas. Cualquier cambio en las temperaturas de los cuerpos de agua por mínimo que sea afecta la calidad de los mismos. Dada la problemática en el contexto mundial y nacional, y que no se cuenta con antecedentes en la región, se plantea este proyecto de tesis como parte del diagnóstico del Plan Estatal de Acción de Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC).

3. Justificación del proyecto

Debido a que la variabilidad climática, en particular el incremento térmico deteriora la calidad del agua, es importante realizar este estudio ya que permitirá conocer los impactos actuales por el cambio climático en el estado, en particular en el área agrícola, los impactos en la salud pública y probables alteraciones en los ecosistemas del estado de Baja California.

5. Metodología

Para iniciar con el análisis de las tendencias de variabilidad climática, se tomará la base de datos proporcionada por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA, 2010). De ésta se tomarán 5 cuerpos de agua que a continuación se mencionan:



Identificación	Gerencia	Nombre Estatal	Cuerpo de Agua	Año de Inicio
507-008	BINO	LIMITE INTERNACIONAL	RIO NUEVO	1980
507-011	BINO	DERIVADORA MORELOS	PRESA	1976
507-027	BINO	RODOLFO SANCHEZ TABOADA	CANAL	1978
501-001	BINO	PRESA EL CARRIZO	PRESA EL CARRIZO	1980
507-025	BINO	SANCHEZ MEJORADA	CANAL	1979
507-010	BINO	EMILIO LOPEZ ZANORA	PRESA	1979
501-002	BINO	PRESA ABELARDO L. RODRIGUEZ	PRESA ABELARDO RODRIGUEZ	1979

Figura 1. Ubicación de los cuerpos de agua en estudio. Tabla 1. Identificación de los cuerpos de agua datos proporcionados por IMTA

2. Marco teórico

Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar gravemente afectados por el cambio climático, con diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas. Las consecuencias del cambio climático pueden alterar la fiabilidad de los actuales sistemas de gestión hídrica y de las infraestructuras relacionadas con el agua. En algunos países y regiones se están desarrollando procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgo que incorporan los cambios hidrológicos previstos, junto con sus correspondientes incertidumbres. [1,2] La gestión de los recursos hídricos afecta claramente a muchos otros ámbitos de políticas; por ejemplo, energía, salud, seguridad alimentaria, o conservación de la naturaleza. Por consiguiente, en la adopción de medidas de adaptación y mitigación deben participar múltiples sectores que dependen del agua. Es probable que los países y regiones de ingresos bajos sigan siendo vulnerables a mediano plazo, ya que tienen menor capacidad que los países de ingresos elevados para adaptarse al cambio climático [3,4,5,6]. Las medidas de mitigación podrían reducir la magnitud de los efectos del calentamiento mundial sobre los recursos hídricos, lo cual, a su vez, reduciría las necesidades de adaptación. En México algunos de los estados que ya están enfocándose hacia este tipo de estudios son: Chiapas, Veracruz y el Distrito Federal. A nivel mundial principalmente en países como Reino Unido, pero se sabe relativamente poco.

4. Objetivos

- Observar y estudiar las tendencias climáticas en los cuerpos de agua de Baja California.
- Generar conocimiento científico para el diagnóstico del plan estatal de acción climática.
- Observar y estudiar el impacto por la variabilidad climática en la calidad del agua.

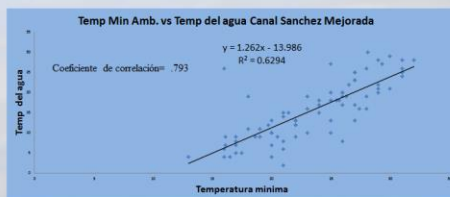
Parámetros de la base de datos Meteorológicos	Temperatura Observada	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Precipitación	Evaporación
Parámetros de la base de datos de calidad del agua	pH	O.D.	DBO5	Nitritos	Temperatura del agua

Tabla 2. Parámetros de los cuerpos de agua proporcionados por el IMTA

Como segunda etapa de análisis se actualizará la base de datos con la última información digitalizada por parte de CONAGUA. El programa estadístico denominado Madame Clex I será el primer recurso de análisis aplicado, para posteriormente mejorar los índices de confiabilidad que permitan afirmar los resultados y discusiones. Con la metodología propuesta, se planea extender de ser posible las mejoras a las bases de datos que presenten deficiencias, para sumar más cuerpos de agua con resultados estadísticamente validados. Con este alcance se incorporará otros estudios que enriquecerán el documento del PEACC-BC.

6. Resultados esperados

Los cuerpos de agua son los indicadores que más tardíamente reflejan la variabilidad climática, con este estudio se espera identificar cualquier tendencia de variabilidad de la temperatura promedio en los cuerpos de agua de Baja California. Estratégicamente y por la seguridad del estado resulta de suma importancia incluir los resultados que proporcionará esta investigación en el diagnóstico del PEACC-BC. El aumento de las temperaturas deteriora la calidad del agua, dando lugar a una menor concentración de oxígeno y alteraciones en el pH y es un hecho que el cambio climático aunado a los cambios de caudal y volumen acentúan estos efectos.



Gráfica 1. Ejemplo de resultados aplicando la metodología

7. Cronograma de actividades

NUM.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	2010-2	2011-1	2011-2	2012-1
1	Elaboración de protocolo	X			
2	Elaboración de poster	X			
3	Participación Congreso Estudiantil	X			
4	Revisión Bibliográfica	X	X	X	X
5	Revisión de base de datos		X	X	
6	Análisis e Interpretación de los resultados		X	X	
7	Presentación en Congreso			X	
8	Borrador de Tesis		X	X	
9	Oblención de Grado				X

8. Referencias Bibliográficas

- [1] Artículo: Bryson Bate (CSIRO Australia), Zbigniew W. Kundzewicz (Academia de Ciencias de Polonia) Shaohong Wu (Academia de ciencias de China), Jean Palutikof (Centro Hadley de predicción e investigación climática Reino Unido), El cambio climático y el agua, Documento técnico VI del IPCC 2008.
- [2] Artículo: P. G. WHITEHEAD, R. L. WILBY, R. W. BAITARBE, M. KERNAN & A. J. WADE, A review of the potential impacts of climate change on surface water quality 2009.
- [3] Artículo: Comisión Intersectorial de cambio climático, Estrategia Nacional de cambio climático México, 2007.
- [4] Libro: SEMARNAT, Guía metodológica para la evaluación del impacto del cambio climático en la calidad del agua, 2010.
- [5] Decreto: SEMARNAT, DECRETO por el que se aprueba el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012, 2009.
- [6] Artículo: D. Hammond, A.R. Pryce, Climate change impacts and water Temperature, 2007.

INTRODUCCION

Viéndolo desde el punto humano, la interacción de los diferentes sectores de desarrollo, en las que intervienen aquellas implicadas en la producción, en el conocer y en la transformación, son mucho más complejas e intrincadas que los que una mirada superficial puede mostrar. Los elementos que conforman dichos sectores, entre ellos el sistema hídrico, interaccionan entre sí de forma aún más sutil de lo que podemos suponer y pueden formar redes cuya complejidad suele ser un reto formidable. Sin embargo, el sondear dichos problemas genera no sólo información sobre la estructura misma del problema, sino que además llama a reflexionar sobre el origen y trasfondo del binomio hombre-conocimiento. Uno de los campos es el correspondiente a la relación que el ambiente guarda con la sociedad, principalmente el elemento agua, es decir, los usos que se le dan al vital líquido. Por supuesto, esta relación es universal, pero que en el caso mexicano se revela especialmente sugestivo, misma que resulta preocupante por los signos que revelan una inminente crisis por el recurso agua. Uno de los aspectos más alarmantes de esta situación es el que representan las aguas residuales, el cual no sólo puede convertirse en una amenaza para la variabilidad climática en los cuerpos de agua de Baja California, sino que es ya una realidad con la que millones de mexicanos conviven (ya sea porque el agua de sus ríos y arroyos son expoliadas para entubarlas para la megaurbe o porque riegan sus parcelas con aguas residuales).

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más importantes en este siglo XXI. Un indicador de este cambio ha sido el rápido incremento en las temperaturas promedio globales observadas y la presencia de eventos atmosféricos extremos. Todo indica que en los escenarios climáticos futuros el planeta estará bajo exigencias cada vez más críticas y las sociedades serán fuertemente impactadas dependiendo de su modelo de desarrollo socioeconómico, de las estrategias de mitigación y de la adaptabilidad al entorno futuro.

Los cuerpos de agua son los indicadores que más tardíamente reflejan la variabilidad climática, con este estudio se espera identificar cualquier tendencia de variabilidad de la temperatura promedio en los cuerpos de agua de Baja California. Estratégicamente y por la seguridad del estado resulta de suma importancia incluir los resultados que proporcionará esta investigación en el diagnóstico del PEACC-BC.

MARCO TEORICO

El proceso de cambio climático se perfila como el problema ambiental global más relevante de nuestro siglo, en función de sus impactos previsibles sobre los recursos hídricos, los ecosistemas, la biodiversidad, los procesos productivos, la infraestructura, la salud pública y, en general, sobre los diversos componentes que configuran el proceso de desarrollo.

Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas aportan abundante evidencia de que los recursos de agua dulce son vulnerables y pueden resultar gravemente afectados por el cambio climático, con diversas consecuencias para las sociedades humanas y los ecosistemas. Los ecosistemas acuáticos no solo proporcionan alimento y agua para el consumo humano, si no que mantienen y mejoran la calidad del agua al filtrar, almacenar y convertir los contaminantes; reponen los nutrientes para las tierras de cultivo, son hábitat de apoyo y dan alimentos para la vida silvestre además de proveer oportunidades de recreación. El calentamiento global, los cambios en los patrones de precipitación, y los cambios en el uso de recursos por los seres humanos en respuesta a cambio climático también podrían alterar significativamente la calidad de los cuerpos de agua. Predecir la respuesta ecológica a los cambios en el clima es complejo y se ve actualmente obstaculizada por la escasez, calidad, control o distribución de datos a largo plazo sobre las tendencias de calidad del agua. [Bryson Bate, Documento técnico VI del IPCC 2008]

En los últimos años Naciones Unidas se ha preocupado por hacer evaluaciones sobre el fenómeno del cambio climático en diversos sectores (ecosistemas, recursos hídricos, salud humana, etc.) y dado a conocer a la opinión pública internacional. Esto ha propiciado el interés de llevar a cabo más investigaciones que permitan cubrir aquellos aspectos del conocimiento todavía endebles. Por este motivo, se han hecho estudios para predecir los efectos del cambio climático en los recursos hídricos. Entre los principales resultados obtenidos, se ha reportado que incrementos en la temperatura deteriorarían la calidad del agua en la mayoría de los cuerpos de agua contaminados al incrementar las actividades biológicas que consumen oxígeno y disminuir la concentración de la saturación del oxígeno disuelto. [Ana Rosa Moreno, 2010]

Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional

Otro de los impactos reportados por el cambio climático es su influencia potencial de la demanda de agua. La demanda municipal se relaciona en cierta medida con el clima, las tasas de uso varían de acuerdo a los climas. En particular se relaciona con un incremento en actividades personales de aseo. Por otro lado, la demanda de agua para enfriamiento por parte de la industria puede verse afectado por el cambio climático. La demanda agrícola, en particular el agua para irrigación, se considera bastante sensible ante el cambio climático. [EEA, 2007]

Durante mucho tiempo, en México se ha estado construyendo una vasta y compleja infraestructura para proporcionar agua potable para beber y para la industria, para descargar los residuos, para facilitar el transporte, para generar electricidad, para la irrigación de cultivos, y para reducir los peligros de inundaciones y sequías. Esta infraestructura ha aportado enormes beneficios, aunque con altos costos tanto económicos como ambientales. Para el ciudadano común, las presas, plantas de tratamiento, y acueductos son en gran parte invisibles y se dan por hecho. Sin embargo, nos ayudan a aislarnos de los años secos y húmedos y moderan otros aspectos de nuestro clima naturalmente variable. Estos aspectos nos han permitido casi olvidarnos de nuestra complicada dependencia del clima, pero es algo que no podemos ignorar. [Jorge García Martínez, 2010]

Existen aspectos importantes que se tienen que tomar en cuenta a la hora de estudiar los cuerpos de agua, tales como los efectos tributarios, por ejemplo: drenajes, descargas de poblaciones, embalsamientos, obras de control transversal, obras de tipo longitudinal, etcétera; los cuales tienen un impacto significativo en el comportamiento y ciclo de los cuerpos de agua.

En muchos casos y en muchos lugares, existe una indudable evidencia científica que indica que los cambios climáticos plantean severos retos para nuestros sistemas hidráulicos. La buena noticia es que cuando los cambios climáticos son menores o en donde otros factores son los que dominan, los impactos sobre los recursos hidráulicos en México pueden ser menores. En algunas regiones y por diferentes razones, los cambios climáticos pueden incluso disminuir los riesgos y las tensiones provocadas por las poblaciones en crecimiento, por la industrialización y por los cambios en el uso del suelo. La mala noticia es que existe una amplia evidencia que sugiere que algunos aspectos de nuestros recursos hidráulicos son muy sensibles tanto al clima como a la

XXXIV Encuentro RNIU 2011

Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional

forma en que manejamos nuestros complejos sistemas hidráulicos. Los cambios en el manejo de estos sistemas requieren comprender cuáles cambios serían los más efectivos, y después apelar a la voluntad y dirección de las personas responsables de ello. Pasar por alto o mitigar otros tipos de impactos, aún cuando es posible, podría resultar muy costoso en dinero, salud ambiental e incluso en vidas humanas. [OMM, 2002]

La gestión de los recursos hídricos afecta claramente a muchos otros ámbitos de políticas; por ejemplo, energía, salud, seguridad alimentaria, o conservación de la naturaleza. Por consiguiente, en la adopción de medidas de adaptación y mitigación deben participar múltiples sectores que dependen del agua. Es probable que los países y regiones de ingresos bajos sigan siendo vulnerables a mediano plazo, ya que tienen menor capacidad que los países de ingresos elevados para adaptarse al cambio climático. Por ello, las estrategias de adaptación deberían diseñarse en el contexto de políticas de desarrollo, medio ambiente y salud. [Comisión Intersectorial de Cambio Climático, 2007]

Las medidas de mitigación podrían reducir la magnitud de los efectos del calentamiento mundial sobre los recursos hídricos, lo cual, a su vez, reduciría las necesidades de adaptación. Es por lo anterior que este proyecto plantea observar, estudiar y complementar datos sobre las tendencias climáticas en los cuerpos de agua de Baja California, generar conocimiento científico para el diagnóstico del Plan Estatal de Acción de Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), observar y estudiar la vulnerabilidad de los diferentes sectores sensibles. [SEMARNAT, 2009]

Cuenca Regional

La necesidad de una cantidad cada vez mayor de agua potable para la subsistencia y el crecimiento, hace de este elemento una condición del desarrollo regional.

Tabla 1. Disponibilidad de fuentes de captación

Volúmenes en m³/año para las ciudades de Tijuana, Tecate, Mexicali y San Luis Río Colorado

Volúmenes a explotar en Mesa Arenosa	197'358,000
Volumen para San Luis Río Colorado, Son.	14'191,000
Disponibilidad para las ciudades de Baja California	183'167,000
Asignación que tenía la ciudad de Mexicali en 1972	42'000,000
Total para Baja California	225'167,000

Asignación de agua de la Mesa Arenosa para las ciudades de Baja California

Zona costa: 126'144,000 m³/año, a través del acueducto Río Colorado-Tijuana. Zona valle de Mexicali: 99'023,000 m³/año. En la conducción de agua de la Mesa Arenosa se estima una pérdida del 40%.

Sistema de presas en zona costa

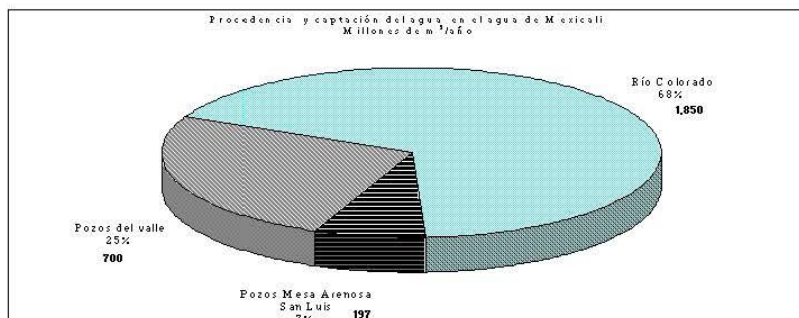
Presas Gral. Abelardo L. Rodríguez, esta presa fue proyectada como alternativa de gran potencial para almacenar agua. La presa se construyó para una capacidad de 137 millones de m³. La presa Ing. Emilio López Zamora (Ensenada) fue construida por el gobierno federal para aprovechar al máximo las aportaciones de una pequeña cuenca denominada Arroyo Ensenada. La presa tiene una capacidad de 3'800,000 m³, la cual se utiliza, en su totalidad, para el abastecimiento de la ciudad de Ensenada.

A continuación se expresa en forma gráfica la disponibilidad y procedencia, así como el destino del agua en el valle de Mexicali.

XXXIV Encuentro RNIU 2011

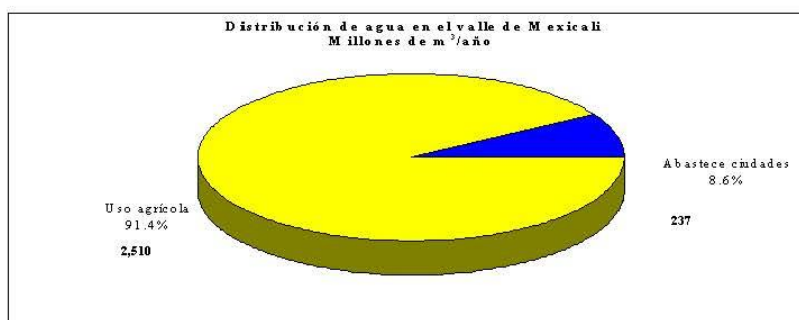
Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional

Procedencia y captación del agua en el Valle de Mexicali (Mill m³/año)



Grafica 1. Fuente: C.N.A.-URIN S.C., 2003.

Distribución de agua en el valle de Mexicali (Millones de m³/año)



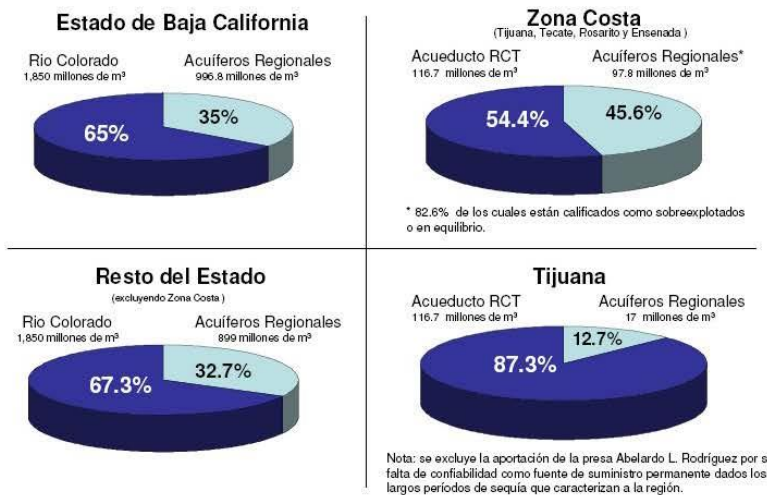
Grafica 2. Nota: Las ciudades que abastece son Mexicali, Tecate y Tijuana Fuente: C.N.A.-URIN S.C., 2003

Disponibilidad de Agua del Estado y niveles de dependencia por fuente:

A manera de resumen, en las Gráficas siguientes se muestra la importancia de cada fuente en el suministro de agua del Estado en su conjunto y de la Zona Costa en lo particular, dejando fuera el renglón de agua de lluvia dado su bajo nivel de aportación directa al total, su concentración estacional (únicamente en el invierno) y la poca confiabilidad del almacenamiento en presas y embalses. Consecuentemente, la contribución de la precipitación pluvial queda incluida a través de la recarga de los acuíferos:

Dependencia del abasto anual de agua por región

(Datos al 2005)

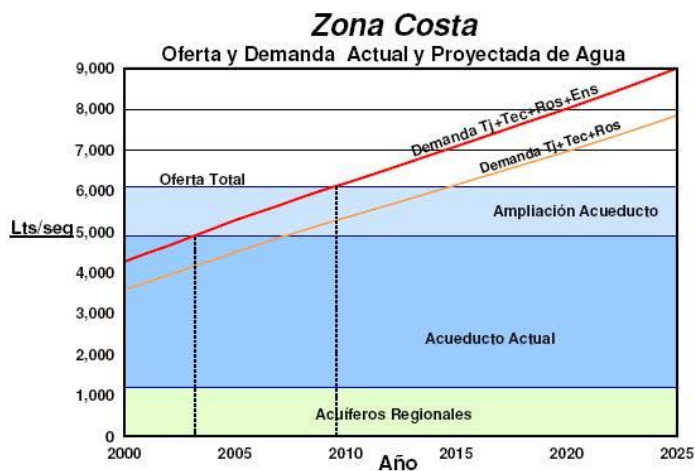


Gráficas 3. Fuente. El agua en Baja California

Las gráficas anteriores muestran sin lugar a dudas la importancia fundamental del Río Colorado en el abasto de agua del estado, tanto en su conjunto como excluyendo la Zona Costa (Definida como Tijuana, Tecate, Rosarito, Ensenada y poblados menores a lo largo de la ruta del Acueducto Río Colorado – Tijuana).

Como puede apreciarse, la dependencia del suministro de agua del Río Colorado es especialmente grave en el caso de Tijuana, donde un acueducto con poco menos de treinta años en operación, es la única fuente confiable de abasto de agua para una población de 1.7 millones de habitantes, en continuo crecimiento en superficie y en población, ya que la contribución de los acuíferos de la zona es prácticamente irrelevante.

Problemática de Abastecimiento de Agua



Gráfica 4. Fuente. El agua en Baja California

Con la Gráfica anterior se pretende proporcionar una visión global de la problemática del agua de la Zona Costa, entendida como el triángulo cuyos vértices son Tijuana, Ensenada y La Rumorosa, aún cuando es difícil, aunque no necesariamente imposible o inconveniente, proponer una solución única para el problema.

VISITAS A CUERPOS DE AGUA

Se realizaron visitas de campo al inicio de este año (2011) a la Presa Carrizo, Presa López Zamora y a la Presa Abelardo L. Rodríguez, principalmente para su reconocimiento y para recolectar información sobre el impacto antropogénico que se tienen dentro de estos cuerpos vitales, los cuales pueden ser parte de la influencia en la variabilidad climática de dichos cuerpos de agua. Para dichas visitas se utilizó como herramienta estadística una encuesta y se documentaron fotografías siendo los resultados los expuestos a continuación:

Presa el Carrizo

Presenta poca alteración por efectos tributarios y antropogénicos, no se ve afectado el ecosistema a sus alrededores por crecimiento urbano, no cuenta con descargas industriales o residenciales, sus niveles se mantienen constantes, se realizan ciertas medidas de seguridad entre ellas la toma de datos en niveles, calidad del agua e inspecciones alrededor del cuerpo de agua.

XXXIV Encuentro RNIU 2011

Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional



Presa Abelardo L. Rodriguez

Presenta alteración por efectos antropogénicos, se ve afectado sus alrededores por crecimiento urbano, cuenta con descargas residenciales sobre todo cuando hay desoves causados por lluvias, contaminación por ganadería y basura, sus niveles se mantienen a la baja, se realizan ciertas medidas de seguridad entre ellas la toma de datos en niveles, calidad del agua e inspecciones alrededor del cuerpo de agua, delimitación a los alrededores.

XXXIV Encuentro RNIU 2011

Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional



Presa Emiliano L. Zamora

Presenta alta alteración por efectos antropogénicos, se ve afectado sus alrededores por crecimiento urbano, cuenta con descargas residenciales y de talleres, contaminación por ganadería y basura, sus niveles se mantienen a la baja, se realizan ciertas medidas de seguridad entre ellas la toma de datos en niveles, calidad del agua e inspecciones alrededor del cuerpo de agua y delimitación a los alrededores.

XXXIV Encuentro RNIU 2011
Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional



METODOLOGÍA

Para iniciar con el análisis de las tendencias de variabilidad climática, se tomarán en cuenta tanto la base de datos proporcionada por el Instituto Mexicano de Tecnologías del Agua (IMTA, 2010) como la investigación realizada en el periodo 2011-1, la cual consta de visitas a los cuerpos de agua de B.C. y un levantamiento sobre los efectos tributarios en los diferentes cuerpos de agua.

Los cuerpos de agua que se visitaron y que se analizaran con la base de datos son los siguientes:

- 1.-Presa El Carrizo (latitud: 32.4873°, longitud: -116.69°, elevación: 285 m)
- 2.-Presa Abelardo L. Rodríguez (latitud: 32.4373°, longitud: -116.9°, elevación: 105 m)
- 3.-Presa Emilio López Zamora (latitud: 31.8886°, longitud: -116.599°, elevación: 34 m)

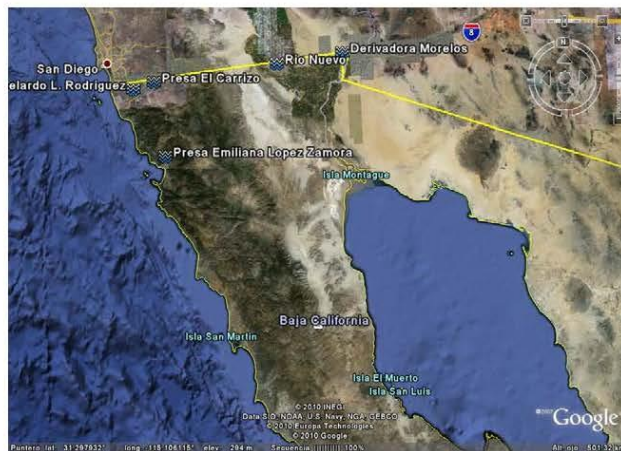


Figura 1. Ubicación de los cuerpos de agua en estudio.

Tabla 2. Parámetros de los cuerpos de agua proporcionados por el IMTA

Parámetros de la base de datos Meteorológicos	Temperatura Observada	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Precipitación	Evaporación
Parámetros de la base de datos de calidad del agua	pH	O.D.	DBO5	Nitratos	Temperatura del agua

TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

El programa estadístico denominado Madame Clex I será el primer recurso de análisis aplicado, para posteriormente mejorar los índices de confiabilidad que permitan validar los resultados y discusiones.

A estos datos se les aplicara un análisis comparativo de las tendencias en cada uno de los diferentes cuerpos de agua, a demás se correlacionarán estas tendencias o temperaturas con algunos parámetros químicos para una posible perturbación en la variabilidad climática. Con la metodología propuesta, se planea extender de ser posible, la aplicación de las mejoras a las bases de datos que presenten deficiencias, para sumar más cuerpos de agua con resultados estadísticamente confiables. Con este alcance se definirán más resultados para enriquecer el documento del PEACC-BC.

RESULTADOS ESPERADOS

Los cuerpos de agua son los indicadores que más tardíamente reflejan la variabilidad climática, con este estudio se espera identificar cualquier tendencia de variabilidad de la temperatura promedio en los cuerpos de agua de Baja California. Estratégicamente y por la seguridad del estado resulta de suma importancia incluir los resultados que proporcionará esta investigación en el diagnóstico del PEACC-BC. El aumento de las temperaturas deteriora la calidad del agua, dando lugar a una menor concentración de oxígeno y alteraciones en el ph y es un hecho que el cambio climático aunado a los cambios de caudal, afectaciones tributarias y el crecimiento urbano acentúen estos efectos.

CONCLUSION

En el mediano y largo plazos Baja California tiene en el problema del agua un reto tan grande como el de los energéticos. La urbanización de la region, por otra parte, es un proceso que no se puede detener. Se requerirá entonces de una verdadera voluntad política, de una coordinación entre los sectores gubernamentales, de la iniciativa privada y la sociedad civil en su conjunto para enfrentar con éxito este reto. Un papel primordial habrá de tener la educación, pues gran parte del deterioro ecológico y la contaminación de las aguas del país tienen su origen en una falta de conciencia ecológica a todos los niveles.

XXXIV Encuentro RNIU 2011

Las Agendas Internacionales en el Desarrollo Urbano-Regional

BIBLIOGRAFIA:

Alfredo Muñoz Cuevas, Un Dilema Metodológico: Agua y Urbanización en la Cuenca Central de México, 2007

EMETEC, El agua en Baja California, 2011

Ana Rosa Moreno; Agua, Cambio Climático y sus Efectos; Simposium Agua, Cambio Climático y Salud

European Environment Agency, Climate change and water adaptation issues, 2007

IPCC, Grupo de Trabajo II: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad, 2007

Jorge García Martínez, Efectos climáticos sobre el agua subterránea y el lago Alchichica Puebla, México, 2010

Juana Andrade, Antonio Machado-Allison, El control de los ríos y su impacto sobre la ictiofauna continental: una revisión, 2008

SEMARNAT, Guía metodológica para la evaluación del impacto del cambio climático en la calidad del agua, 2010

8.3 ANEXOS

EVIDENCIA FOTOGRAFICA DE CAMPO

PRESA EL "CARRIZO":



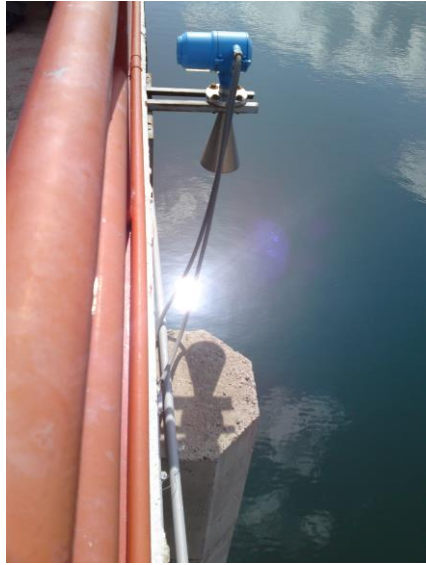


CONAGUA
 Comisión Nacional del Agua

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL
 COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
 ORGANISMO DE CUENCA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA
 COORDINACIÓN TÉCNICA ZONA TULUMA
 TULUM, BAJA CALIFORNIA

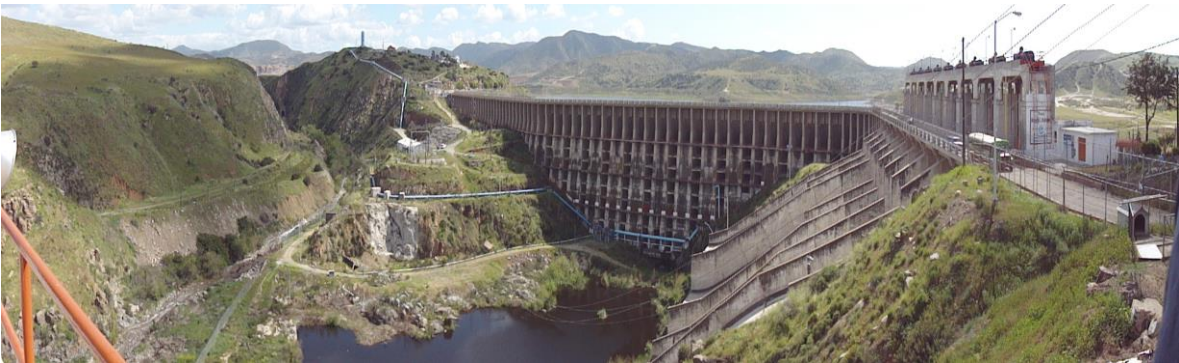
MESES: May 2020 2011

DÍA	FECHA	ELEVACION	ALCANCE	ÁREA	VOLUMEN	CANTIDAD	EXTRACCIONES		TOTAL	VOLUMEN	CANTIDAD	TOTAL	VOLUMEN	CANTIDAD	TOTAL	VOLUMEN	CANTIDAD	TOTAL
							PROYECTOS	OTROS										
1	06.00	261.78	31.975	0.00	20.64	25.933	274.02	2.75	2.67	—	184.950	2.194	—	4.80	—	7.474	—	—
2	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	2.54	—	4.366	—	—
3	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.16	—	6.932	—	—
4	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	6.51	0.0	4.364	—	—
5	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.90	0.0	4.366	—	—
6	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	1.83	3.3	3.087	—	—
7	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	6.27	0.0	8.255	—	—
8	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.10	—	10.650	—	—
9	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.04	—	8.401	—	—
10	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.81	1.0	8.196	—	—
11	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.87	0.0	7.473	—	—
12	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	6.54	0.0	4.665	—	—
13	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.50	—	6.357	—	—
14	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
15	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
16	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
17	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
18	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
19	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
20	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
21	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
22	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
23	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
24	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
25	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
26	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
27	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
28	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
29	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
30	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—
31	06.00	261.82	32.167	0.00	81.04	116.710	18.840	2.48	2.07	—	190.999	2.601	—	4.23	—	6.357	—	—





Presa Abelardo L. Rodríguez:







Presa Emiliano López Zamora:







