



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**



Centro Interdisciplinario de Investigaciones y
Estudios sobre
Medio ambiente y Desarrollo

Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales
En convenio con la Fundación Universitaria Iberoamericana



“RETROSPECTIVA DEL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE UN SISTEMA LAGUNAR EN EL ESTADO DE COLIMA.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
GESTIÓN Y AUDITORÍAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

ANA LAURA DEYTA TECO

DIRECTOR:

M. C. Germán Raúl Vera Alejandre

MÉXICO, D.F.

Mayo 2014



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D.F., siendo las 12:00 horas del día 06 del mes de Mayo del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIEMAD-IPN para examinar la tesis titulada:

“Retrospectiva del comportamiento ambiental de un sistema lagunar en el Estado de Colima”

Presentada por la alumna:

DEYTA
Apellido paterno

TECO
Apellido materno

ANA LAURA
Nombre(s)

Con registro:

A	1	0	0	4	1	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

M. en C. GERMÁN RAÚL VERA ALEJANDRE

DRA. MINERVA REBOLLAR PLATA

DR. PEDRO JOAQUÍN GUTIÉRREZ YURRITA

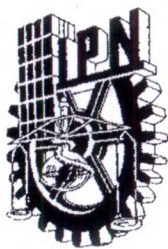
DR. PEDRO FRANCISCO RODRÍGUEZ ESPINOSA

M. en C. BLANCA ESTELA GUTIÉRREZ BARBA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. ROSA LAURA MERAZA CARRERA





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, D.F. el día 19 del mes de mayo del año 2014, la que suscribe Ana Laura Deyta Tecó alumna del Programa de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales, con número de registro A100414, adscrita al Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, manifiesta que es la autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. Germán Raúl Vera Alejandre y cede los derechos del trabajo titulado “Retrospectiva del comportamiento ambiental de un sistema lagunar en el Estado de Colima”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso de la autora y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones laura_deyta@hotmail.com y gveraa@ipn.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ana Laura Deyta Tecó
Nombre y firma de la alumna

AGRADECIMIENTOS:

A los ingenieros Juan M. Nieto Calleja y Raúl Soto Gutiérrez, por el apoyo incondicional y facilidades para la elaboración del presente trabajo.

A todo el personal de los diferentes departamentos de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, que participó en el proyecto TGNL Manzanillo.

A la comisión revisora: Dra. Minerva Rebollar Plata, Dr. Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita, Dr. Pedro Francisco Rodríguez Espinosa y M. en C. Blanca Estela Gutiérrez Barba, por sus comentarios y recomendaciones para la realización del presente trabajo.

Al M. C. Germán Raúl Vera Alejandro por todo su apoyo incondicional para la finalización del presente trabajo.

DEDICO ESTE TRABAJO

A mis padres SARA Y JORGE, quienes me han heredado valores y principios que me han permitido realizarme como persona y profesionista.

A mis hermanos NORMA Y JORGE, por su inapreciable cariño, comprensión y apoyo incondicional en todas mis actividades y emprendimientos.

A mi cuñada KARINA y a mis sobrinos PAULA SOFÍA y CESAR ALBERTO por su apoyo y cariño incondicional.

A todos aquellos que han estado al pendiente y seguimiento de mi trayectoria personal y profesional.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTADO DEL ARTE	3
2.1 Ecosistemas costeros	3
2.1.1 Humedales	5
2.1.2 Los manglares	5
2.1.3 Lagunas costeras	7
2.2 Impactos a sistemas costeros	9
2.3 Preservación y Conservación	11
2.4 Estado de Colima	12
2.4.1 Municipio de Manzanillo	12
2.4.2 Sistema Lagunar de Cuyutlán (SLC)	14
3 METODOLOGÍA.....	22
3.1 Factores abióticos.....	23
3.2 Factores bióticos.....	25
3.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua	27
3.4 Evaluación	29
4. RESULTADOS	30
4.1 Factores abióticos.....	30
4.2 Factores bióticos.....	45
4.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua	57
5. INTEGRACIÓN Y DIAGNÓSTICO.....	78
5.1 Generalidades	78
5.2 Evaluación de las condiciones ambientales del SLC	79
5.2.1 Factores bióticos	79
5.2.2 Factores bióticos	80
5.2.3 Espejos de agua	83
5.2.4 Calidad del agua.....	84
5.3 Desarrollo integral y sustentable	104
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	108
BLIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXOS	115
Anexo 1. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación de fauna	115
Anexo 2. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación de fauna acuática.....	116
Anexo 3. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua.....	117

RESUMEN

Los ecosistemas costeros son complejos y dinámicos que manifiestan variaciones espacio temporales de manera natural, no obstante las actividades antropogénicas afectan y modifican la estructura de los mismos, y dada su importancia, se requiere de un desarrollo equilibrado, de ahí la importancia de establecer estudios integrales que permitan evidenciar el funcionamiento de los mismos con fines de enfocar la toma de decisiones para lograr una sustentabilidad del sistema. En esa instancia, la presente tesis se realizó con una visión retrospectiva de la evaluación de algunos aspectos ambientales en el Sistema Lagunar de Cuytlán, ubicado en Manzanillo, Colima; el cual cuenta con una extensión de 37 km de longitud y está dividido en cuatro vasos; dicho sistema ha sufrido en los últimos ocho años el impacto del crecimiento urbano y el incremento del desarrollo industrial; para lo cual se realizó una compilación de estudios en la zona de los cuales se partió para realizar un diagnóstico de evolución, estado y tendencia, enfocándose tanto a los aspectos abióticos como bióticos, mismos que fueron complementados con la actualización de algunos de los parámetros considerados, durante el periodo de Sep_08 a Dic_12.

Considerando los aspectos ambientales durante el periodo de actualización, en las inmediaciones del SLC, las presiones altas se presentaron de marzo a junio, correspondiendo al periodo de estiaje, y las más bajas correspondieron al periodo de lluvias, de julio a octubre. La mayor precipitación pluvial acumulada se registró en 2010 (1,436.33 mm) y la mínima en el 2006 (660.24 mm), con respecto a la presencia de eventos atmosféricos el de mayor aporte de lluvia fue el Huracán "Jova" con 263.38 mm, sin embargo de manera general el aporte de dichos fenómenos no establece la tendencia acumulada por año. Las temperaturas máximas se alcanzaron entre julio y octubre, y las mínimas entre febrero y marzo; la radiación solar máxima y la evapotranspiración tendieron a ser más altas y constantes en el estiaje, no obstante en lluvias alcanzaron valores puntuales más altos y su variación fue mayor. La superficie del espejo de agua vario en los cuatro vasos en función de los periodos de estiaje y lluvias, en combinación con la apertura del Canal Tepalcates, incrementándose en el primero y disminuyendo en el segundo, principalmente en V-I y V-II.

Históricamente en la zona ha predominado la agricultura de riego y humedal, actualmente de manera consistente se evidenció selva caducifolia y vegetación halófila, incrementándose las áreas agrícolas. Específicamente para el manglar se presentaron cuatro especies: *Conocarpus erectus*, *Avicenia germinians*, *Rizophora mangle* y *Laguncunaria racemosa*, mismas que tienen estatus de protección. Con respecto a la fauna, hay presencia de aves asociada a los procesos de migración que se encuentran en estatus de protección; en particular durante el periodo 2008-2012, en la zona sur del V-II se identificó la presencia de reptiles, mamífero y anfibios, registrando una baja de riqueza asociada a las obras de la Terminal de Gas Licuado, misma que se recuperó al disminuir las obras de construcción. Con respecto a la población de peces, al no tener datos comparables solo se puede establecer la presencia continua de algunas especies, que deberán seguir monitoreándose.

Con respecto a la evaluación fisicoquímica del agua en el SLC durante el 2008-2011, se registró un comportamiento cíclico asociado a los periodos de estiaje y lluvia para la temperatura del agua, registrando las más bajas a finales del invierno y las más altas entre primavera y verano; la salinidad fue el parámetro más contrastante ya que si bien tuvo el comportamiento cíclico, los vasos III y IV, registraron condiciones hipersalinas principalmente en los periodos de estiaje; el oxígeno disuelto, resultó ser crítico en el V-IV, ya que al final del estiaje, se registraron concentraciones bajas, asociadas con alta salinidad y mortandad de peces. El pH evidencio una tendencia constante sin comportamiento cíclico, en tanto que la DBO no superó la normatividad establecida, no obstante se resalta el hecho de darle seguimiento más específico a las descargas de agua negras, asociadas a la presencia de coliformes.

De manera global se consiguió establecer una línea base de información ambiental con respecto al SLC, para establecer futuras líneas de investigación y gestión multidisciplinaria en el contexto de alcanzar una sustentabilidad en el mismo en miras de su importancia económica para desarrollo local, estatal y federal.

ABSTRACT

Coastal ecosystems are complex and dynamic and show spatiotemporal variations that manifest naturally, however anthropogenic activities affect and modify the structure of them, and due its importance, it requires a balanced development, hence the importance of comprehensive studies that evidence the operation thereof for purposes of focusing decisions to achieve sustainability of the system. In that instance, this thesis was performed with a retrospective assessment of some environmental aspects in the Sistema Lagunar de Cuyutlán located in Manzanillo, Colima, which has an extension of 37 km in length and is divided into four basins, the system has suffered in the past eight years, the impact of urban growth and increased industrial development, for which a compilation of studies conducted in the area of which he left to make a diagnosis of evolution, status and trend focusing both abiotic and biotic aspects, they were supplemented with updating some of the parameters considered, during the Sep_08 to Dic_12.

Considering environmental issues during the update, in the SLC surrounding, high atmospheric pressures are presented from march to june, corresponding to the drought, and the lowest corresponded to the rainy season, from july to october. The highest cumulative rainfall was recorded in 2010 (1,436.33 mm) and the minimum in 2006 (660.24 mm), with respect to the presence of atmospheric events the largest contribution of rain was Hurricane "Jova" with 263.38 mm, however generally the contribution of these phenomena does not set the trend accumulated per year. Maximum temperatures were reached between july and october and the minimum in february and march, the maximum solar radiation and evapotranspiration tended to be higher and constant in the dry season, however in rainfall reached higher point values and their variation was greater. The surface water varied in the four basins based on the periods of drought and rainfall, combined with the opening of the Canal Tepalcates, increasing first and decreasing in the second, mainly in VI and V -II.

Historically the area has been dominated by irrigated agriculture and wetland, currently consistently deciduous forest and halophytic vegetation was evident, increasing agricultural areas. Specifically for species showed mangrove: *Conocarpus erectus*, *Avicenia germinians*, *Rizophora racemosa mangrove Laguncunaria*, with protected status. Respect to wildlife, birds are present associated with migration processes that are in protected status, in particular during the period 2008-2012, in the south of the V-II the presence of reptiles, mammal and amphibians was identified, registering a decline of wealth associated with the works of Terminal de Gas Licuado, which recovered the same construction diminish. Regarding the fish, having no comparable data can be established only the continued presence of some species, which should continue to be monitored.

With regard to water physicochemical evaluation in the SLC during 2008-2011, a temperature cyclic behavior associated with periods of drought and rain was recorded, with lowest value in late winter and spring the highest in summer; salinity was the most contrasting parameter because although had the cyclical behavior, basins III and IV, recorded hypersaline conditions mainly during drought, the dissolved oxygen, turned out to be critical in the V-IV as the end of the dry season, low concentrations associated with high salinity and fish kills were reported. The pH evidenced a consistent trend without cyclic behavior, while the DBO not exceed the established legislation, despite the fact give more specific to the discharge of black water, associated with the presence of coliform monitoring is highlighted.

Globally it was possible to establish a base line environmental information regarding the SLC, to establish future research and multidisciplinary management in the context of achieving sustainability in the same in view of its economic importance for local development, state and federal instants.

1. INTRODUCCIÓN

México ha desarrollado sus actividades productivas principalmente en el altiplano, en contraste con los principales desarrollos industriales y urbanos del mundo que se localizan precisamente en las costas, no obstante, con los más de once mil kilómetros de costa con que cuenta y dada su ubicación geográfica como país vecino de la economía más amplia y diversificada del planeta, se establece una ventaja competitiva (Casco Montoya, 2004).

Los sistemas costeros son sistemas complejos y dinámicos, cuyas propiedades químicas, físicas y biológicas muestran amplias variaciones espaciales y temporales de manera natural y a razón de los incrementos en las actividades antropogénicas, afectando los procesos de los sistemas lagunares mediante descargas continentales (escorrentías urbanas, industriales y agrícolas) que tienden a modificar la estructura de los sistemas.

La zona costera de México podría ser pilar del desarrollo nacional al plantearse la necesidad de promover un desarrollo territorial más equilibrado, no obstante se enfrenta la pérdida de hábitats naturales y de muchos recursos socioeconómicos a razón de su fragilidad y vulnerabilidad ante los impactos de los fenómenos naturales y de origen antropogénico, de ahí que surjan nuevos paradigmas basados en un enfoque holístico que permitan conocer el funcionamiento conjunto de los ecosistemas costeros para tomar decisiones sobre la manera en que se aborde su uso sustentable, siendo determinante para el futuro del país.

JUSTIFICACIÓN

Los ecosistemas costeros han permitido disponer de una gran cantidad y variedad de recursos para satisfacer necesidades no solo de aquellos habitantes ribereños sino de

comunidades alejadas del mar; no obstante, a pesar de los avances logrados en estudios realizados en dichos ecosistemas, su conocimiento, aprovechamiento y manejo sigue siendo rezagado.

Por otra parte, se ha evidenciado que las series largas de tiempo en la investigación, monitoreo y manejo de ecosistemas costeros son de gran valor para determinar cambios e influencias. En ese sentido, el Sistema Lagunar de Cuyutlán ha sido evaluado históricamente desde el punto de vista de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, sin embargo, no ha habido una integración de datos que evidencie los efectos a largo plazo y que permita evaluar posibles afectaciones y comportamientos a futuro; surgiendo la necesidad de realizar una compilación de estudios que se han realizado en el sistema para evaluar su evolución a razón de las variantes estructurales y ecológicas que ha tenido.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Una evaluación retrospectiva de las condiciones ambientales del SLC y su actualización evidenciará información que permita establecer una línea base para el desarrollo de futuros estudios y gestiones en torno al sistema.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las condiciones ambientales sobre las cuales ha evolucionado el Sistema Lagunar de Cuyutlán, desde un punto de vista integral mediante la recopilación de estudios realizados históricamente en conjunto con la actualización de algunos parámetros.

2. ESTADO DEL ARTE

El uso, manejo y conservación de los recursos costeros juega un papel primordial en la estrategia de desarrollo de un país. Por su situación geográfica en México destaca la presencia de ambientes costeros en el Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe, por lo que es pertinente el estudio de dichos ecosistemas. Para el desarrollo del presente trabajo, en primera instancia se describirán los principales tipos de ecosistemas costeros para continuar con los impactos que han sufrido y la conservación que guardan los mismos, para terminar sobre la línea para el Estado de Colima, entidad donde se ubica el objetivo de estudio.

2.1 Ecosistemas costeros

En términos geológicos la zona costera se describe como el conjunto donde mar y tierra ejercen una intensa influencia mutua, formado por las aguas marinas hasta el límite de la plataforma continental y la franja de tierra adyacente, incluida en este conjunto la totalidad de las islas, cayos y arrecifes, las zonas de transición e intermareales, las marismas, los humedales, las playas, el suelo y subsuelo de los vasos marinos y el espacio aéreo correspondiente (Casco Montoya, 2004).

El dinamismo de la zona costera es producto de la interacción que se da entre el continente, el océano y la atmósfera, ambientes en donde tienen lugar diversas actividades económicas de importancia nacional y mundial, como la pesca, la acuicultura, extracción de hidrocarburos y minerales, transportación marítima y turismo entre otros, ejerciendo una fuerte presión sobre la misma, por lo que estratégicamente las zonas costeras son importantes tanto para el desarrollo económico como para la seguridad nacional al albergar actividades que conllevan conflictos por el uso o apropiamiento de los recursos (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

En México, de las 32 entidades federativas 17 cuentan con un frente litoral; por lo que en su conjunto, el país cuenta con más de once mil kilómetros de costas, de los cuales 7,828

km corresponden a los estados que cuentan con acceso al Océano Pacífico y Golfo de California y 3,294 km a los que convergen en el Golfo de México y Mar Caribe (Lara-Lara, *et al.*, 2008); dicho territorio ha ido evolucionando de tal manera que ha influido en la transformación de espacios naturales a humanizados, ha originado la pérdida de la calidad ambiental por los acelerados ritmos de crecimiento y ha generado una progresiva concentración en núcleos dinámicos (Padilla y Sotelo, 2000).

La zona costera alberga aproximadamente el 15% de la población, misma que registra una tasa de crecimiento promedio de 2.8%, siendo de las más altas, originando conflictos ambientales derivados de la competencia de espacios, el uso de los recursos y la generación de residuos y contaminantes, deteriorando la calidad de vida (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

En la zona costera de México se concentra una gran parte del desarrollo turístico y las principales fuentes energéticas, exhibiendo un gran potencial para el transporte marítimo y operación portuaria (Casco Montoya, 2004).

En general, una clasificación de los sistemas costeros con base en la salinidad es la siguiente (Contreras Espinoza, 2001; Contreras y Castañeda, 2004):

- **Oligohalinos.**- Influenciados por escurrimientos dulceacuícolas como los pantanos, ciénegas y ciertos tipos de esteros, que se localizan principalmente en zonas asociadas a caudales importantes. En esa instancia la mayoría se ubica al sur del país, como los pantanos de Centla en Tabasco; El Huayate y la Cantileña en Chiapas, y ciertas zonas asociadas a la laguna de Alvarado con el río Papaloapan, en Veracruz y de la laguna de Términos y el río Palizada en Campeche.
- **Estuarinos.**- Lagunas costeras resultado de la mezcla de agua de ríos y de mar, ubicadas en gran parte del litoral nacional, de este tipo sobresalen por sus dimensiones y productividad las lagunas de Escuinapa y Yávaros en Sonora; Mar Muerto en el límite entre Oaxaca y Chiapas; Madre en Tamaulipas; Tamiahua, Mandinga, Alvarado y Sontecomapan en Veracruz; Carmen –Mechona y Mecoacán en Tabasco; Términos en Campeche y Celestún en Yucatán.
- **Eurihalinos.**- Dominados principalmente por la influencia marina, como las bahías, ensenadas y roquetas. Su mayor incidencia se da en zonas con escasos o nulos escurrimientos de agua dulce y/o climas áridos, como en la península de Baja California y Yucatán, Sonora y la parte de Oaxaca, destacando por su extensión las bahías de Todos Santos y San Quintín en Baja California; Vizcaíno, San Ignacio y Magdalena-Almejas en La Paz, y Concepción en Baja California Sur; Adair en Guaymas y Lobos en Sonora, Mazatlán en Sinaloa; Manzanillo en Colima; Acapulco en Guerrero; Huatulco en Oaxaca; Sian Ka'an, Espíritu Santo y Chetumal en Quintana Roo.
- **Hipersalinos.**- Son considerados como marismas con comunidades de plantas halófitas donde domina *Batis marítima* asociada a *Suaeda nigra*, *Spartina alterniflora*, *Spartina patens*, *Juncus gerardi*, *J. roemerianus*, *Puccinellia matitima*, *Distichlis spicata*. Se presentan en climas áridos y secos, principalmente hacia el

norte del país, en la parte norte y sur del Pacífico en los estados de Sinaloa y Sonora, y Colima, respectivamente.

Por otra parte, como sistemas costeros principales destacan los humedales, los manglares y las lagunas costeras, mismos que se describen a continuación.

2.1.1 Humedales

Los humedales conjuntan varias comunidades con distinta composición, formas de vida y estructura. En México la mayor cantidad de humedales se encuentran en la costa, entre los que se encuentran las lagunas costeras someras con sus pastizales marinos, las marismas y oasis, cenotes, manglares, petenes, popales, tulares, palmares y selvas inundables de la planicie costera (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

La flora de los humedales está compuesta por una gran variedad de especies, no obstante la mayor parte de estudios se han enfocado a los manglares, siendo en menor grado los enfocados a la estructura de la vegetación y su relación con los factores ambientales del suelo y agua (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

La hidrología (cantidad, calidad y estacionalidad de la inundación) es el factor ambiental que determina y afecta los humedales, aunado a la salinidad en caso de los humedales costeros. El hidroperiodo afecta de manera importante la composición de especies, la estructura del suelo, los procesos metabólicos y con frecuencia abre el ecosistema a entradas y salidas laterales de material. Entre las principales causas naturales de reducción de humedales costeros están la sequía, las tormentas, la subsidencia y la elevación del nivel de mar, siendo mayormente documentado el deterioro de los manglares (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

2.1.2 Los manglares

Los manglares son formaciones vegetales en las que predominan distintas especies conocidas como mangles, que son plantas halófitas, leñosas y productoras de semillas que constituyen ecosistemas característicos de bahías, lagunas costeras, estuarios y playas protegidas del oleaje; existen varios tipos de mangle pero en general se caracterizan por desarrollar raíces y estructuras que se van entrelazando para formar un entramado laberinto, conformando una masa que se desarrolla en estuarios fluviales y litorales conforme a su grado de resistencia a inundaciones periódicas de las mareas y salinidades.

Las actividades más comunes asociadas a este ecosistema son la extracción de leña, el desarrollo de la pesca, recolección de productos (crustáceos), la extracción de minerales e hidrocarburos, así como la transportación marítima y el turismo entre otras; en un marco de alta diversidad ambiental y sociocultural (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

Mundialmente se reconocen 54 especies de mangle, las cuales se distribuyen en 20 géneros y 16 familias. En América predominan los géneros *Rhizophora*, *Avicennia* y *Laguncularia*. En México predominan cuatro especies, *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro, madre de sal) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) (CONABIO, 2009), aunque se reporta también *Rhizophora harrisonii* (mangle caballero - López Portillo y Ezcurra, 2002; Lara-Lara, *et al.*, 2008).

En estos sistemas, conjuntamente con los demás productores primarios de los pantanos dulceacuícolas y salobres, así como de los ecosistemas estuarinos, se genera una gran cantidad de materia orgánica disuelta y particulada, la cual es transportada por efecto de las mareas hacia la franja litoral más cercana a la costa, en donde se constituye como fuente de nutrientes para la flora y fauna marina, determinando con ello la permanencia en tiempo y magnitud de los recursos pesqueros marinos regionales siendo muchos de ellos de gran importancia comercial, ya que de acuerdo a la FAO, alrededor del 80% de la captura mundial de peces marinos se realiza en la franja costera. Resaltando así el hecho de que tanto las características regionales de las pesquerías marinas como las del manglar, no dependen exclusivamente de un factor, sino más bien son la consecuencia ecológica de procesos costeros mucho más complejos y mecanismos de producción, los cuales incluyen un número mayor de factores de fuerza ambiental (CONABIO, 2008; Moreno, *et al.*, 2002).

Por otra parte, muchas poblaciones de aves acuáticas utilizan los manglares como zonas de reposo o reproducción, son parte fundamental en los procesos de migración de muchas especies provenientes de Canadá y Estados Unidos (CONABIO, 2008, Contreras y Castañeda, 2004).

Así mismo permiten amortiguar los impactos que genera el material, producto del acarreo de ríos y arroyos, sobre los arrecifes de coral, considerando también las descargas de diversos tipos de contaminantes generados por la actividad humana; es decir que funcionan como filtros biológicos y retienen o procesan algunos contaminantes, los cuales al generarse en grandes cantidades acaban por destruir a estos sistemas (CONABIO, 2008).

También funcionan como barrera natural de protección contra vientos y mareas, ya que en donde el manglar se encuentra en buenas condiciones el impacto de ciclones ha sido menor que en aquellos en donde se encuentran en mal estado o han dejado de existir, a

tal grado que la FAO, el PNUMA y el PNUD reconocen que el tsunami que irrumpió en diciembre de 2005 en costas del Océano Índico, dañó de manera significativamente menor a los sitios en donde el manglar mantenía su estructura y función (CONABIO, 2008).

Algunos de los servicios ambientales que ofrecen estos sistemas son (MEPG, 2001, Lara-Lara, *et al.* 2008, Aburto-Oropeza, *et al.*, 2008, Ciau, 2010):

- Procesamiento de nutrientes en exceso
- Degradación y fuente de materia orgánica
- Almacenamiento de algunos residuos utilizados en la agricultura
- Filtración de agua, permitiendo el abastecimiento de mantos freáticos
- Captura gases de efecto invernadero, involucrado en la Estrategia Nacional para el Cambio Climático.
- Funcionamiento como sumideros de bióxido de carbono
- Contribución al mantenimiento y estabilidad de la línea de costa
- Contribución al sostenimiento de las arenas sobre las playas
- Formación de barreras contra huracanes e inundaciones
- Hábitats para diversas especies
- Mantenimiento de especies de importancia para actividades comerciales (pesca y ecoturismo)
- Control de inundaciones
- Producción de hojarasca y exportación de biomasa
- Estabilización de microclimas
- Recreación y turismo
- Valores culturales, espirituales y religiosos asociados

En vista de que estos ecosistemas aportan importantes servicios ambientales a la diversidad biológica del planeta, las actividades productivas que desarrolla el hombre tienen que ser compatibles con la protección y conservación de los manglares, y deben establecer estrategias que permitan que estos ecosistemas mantengan su estructura y función, para brindar servicios ambientales que prestan y que son insustituibles (CONABIO, 2008).

2.1.3 Lagunas costeras

Las lagunas costeras constituyen un conjunto de ambientes naturales que se desarrollan en las zonas de transición del litoral entre el mar y la tierra firme; son el resultado de tres

características fundamentales: el aporte de nutrientes de los ríos, la penetración de organismos por el mar y el suministro de materia orgánica por los manglares constituyendo sectores únicos de condiciones particulares de tránsito y mezcla de energía, agua y sedimento procedente tanto del continente como del mar (Hinojosa Larios, J. A., 1991; Brenes Rodríguez C. L *et al.*, 2009); y si bien estos ecosistemas presentan la peculiaridad de estuarinidad, se diferencian de los estuarios topográficamente, ya que en las lagunas el eje principal es paralelo a la costa y los estuarios es perpendicular (Contreras y Castañeda, 2004).

Estos sistemas se constituyen como uno de los más fértiles, presentes en las costas, golfos o bahías, en latitudes tropicales templadas y frías; su importancia para la ecología y las actividades humanas depende en gran medida de la razón de cambio entre éstos cuerpos costeros y el océano adyacente, ya que dicho intercambio determina su habilidad para sustentar la vida marina y su capacidad para soportar las actividades inherentes al desarrollo urbano de sus litorales sin degradarse. Dicho intercambio es forzado principalmente por procesos físicos en el interior de la cuenca, como el viento, mareas, y densidad, adicionalmente el comportamiento de las muchas variables en el interior es modulado por las condiciones dinámicas y las características propias de la región costera inmediata (Hinojosa Larios, 1991; Brenes Rodríguez, *et al.*, 2009).

La marcada variabilidad en el comportamiento hidrológico y por lo tanto ecológico, es también una de las características fundamentales de las lagunas costeras, condicionada principalmente por factores de tipo abiótico, como lo es la influencia de dos masas de agua, la marea por un lado y por el otro el insumo de agua dulce proveniente de ríos, lluvias y aportes subterráneos. El aporte de los ríos es la principal fuente de nutrientes al sistema (principalmente formas de nitrógeno y fósforo) quienes junto con la luz y el CO₂ constituyen las causa primordiales de la alta productividad primaria que caracteriza a estos sistemas acuáticos (Contreras Espinoza, 2001).

En México, las lagunas costeras no solo son importantes por su extensión, sino por ser un potencial de recursos, albergando especies locales permanentes y temporales de importancia económica y constituyendo para muchas especies de peces, crustáceos y moluscos, una zona de desove, maduración, desarrollo y protección en su ciclo de vida (Hinojosa Larios, 1991; Vergara Sánchez, 2007).

La mayoría de los sistemas costeros del Golfo de México son alimentados por un río más o menos permanente, que en el caso de las lagunas han recibido el nombre de sistemas fluvio-lagunares o estuarios lagunares. En el Pacífico destaca la presencia de cuatro sistemas estuarinos lagunares importantes que son alimentados por un río, pero que en la mayoría de los casos es temporal y extremoso. El sistema estuarino-lagunar más importante es Las Cabras-Teacapán-Agua-Brava-Marismas Nacionales-San Blas, localizado en la costa nor-occidental, mismo que es alimentado por siete ríos (Baluarte,

cañas, Acaponeta, san Pedro, Bejuco, Santiago y San Blas o Sauta) y corrientes alternas (Lara-Lara, *et al.*, 2008; RHRAP, 2009).

2.2 Impactos a sistemas costeros

Si bien la importancia ecológica de los ecosistemas costeros es evidente, el proceso de conversión de áreas para el desarrollo de actividades productivas es cada vez más intenso y ha llevado al deterioro, así como la pérdida definitiva de valiosos recursos naturales y de funciones ecológicas (Moreno, *et al.*, 2002); dicho deterioro ha estado en función tanto de los efectos naturales como de los antropogénicos.

En México como en otros países, se han visto afectados por periodos de sequía de mayor extensión en contraparte de eventos de precipitación pluvial frecuentes asociados a tormentas y huracanes, originando fluctuaciones en el nivel del agua, mismas que son fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad de dichos ecosistemas. Entre las principales causas naturales de reducción de humedales están la sequía, las tormentas y la elevación del nivel del mar (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

Por otro lado, una de las principales amenazas la constituye la actividad humana, ya que dentro de los factores que amenazan a los sistemas costeros, están los cambios demográficos, el establecimiento de desarrollos urbanos, portuarios, industriales, turísticos, agrícolas, ganaderos y acuícolas, en tanto que la interacción de estos factores con los de origen geológico, físico, químico y biológico modifican las características morfológicas naturales de la superficie terrestre costera, así como los parámetros de procesos costeros a escala espacial y temporal de magnitudes diferentes, particularmente con las olas, mareas, corrientes marinas y el transporte de sedimentos; derivando también amenazas secundarias como la contaminación por desechos sólidos urbanos, contaminantes industriales, entre otros (CONABIO, 2009, Lara-Lara, *et al.*, 2008, Vergara Sánchez, 2007).

En ese sentido cabe mencionar que más de la mitad de la población mundial vive dentro de una franja de 100 km de costa y se prevé que para el año 2025, el 75% de la población mundial podría habitar, de manera concentrada, en las zonas costeras con los consecuentes problemas ambientales derivados del abasto para las mismas y de la generación de desechos, así como la contaminación de acuíferos y deterioro del paisaje (Lara-Lara, *et al.*, 2008).

Para el caso de México, en contraparte de la tendencia mundial, se estima que solo el 15% de la población habita en las planicies costeras en una franja de 100 km, no obstante el crecimiento acelerado y desordenado tanto de las actividades económicas, de

urbanización e infraestructura (puertos turísticos y comerciales, terminales, espigones, etc.), ha dado lugar a conflictos ambientales derivados de la competencia por el espacio, el uso de los recursos y la generación de residuos y contaminantes, derivando con ello en el deterioro de la calidad de vida y en la disminución de la competitividad de los mismos sectores y en sus actividades económicas (Lara-Lara, *et al.*, 2008, Vergara Sánchez, 2007).

Para la región costera y conforme a los datos generados en el censo de 1995 se observó un incremento de su población en cinco veces; resaltando que en el caso de Colima, si bien la población pasó de aproximadamente 42 mil a casi 228 mil en 45 años (1959-1995), la concentración de población fue baja, pasando de 20% a 25%, situación que compartió con otros estados como Quintana Roo, Chiapas, Campeche, Oaxaca, Tabasco, Baja California Sur, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Yucatán (Padilla y Sotelo, 2000).

La dinámica espacio-temporal de la población asentada en la región costera ha dado como resultado un cambio notable en la distribución de las localidades urbanas, favoreciendo una mayor ocupación y urbanización de dicho territorio, Figura 2.1.

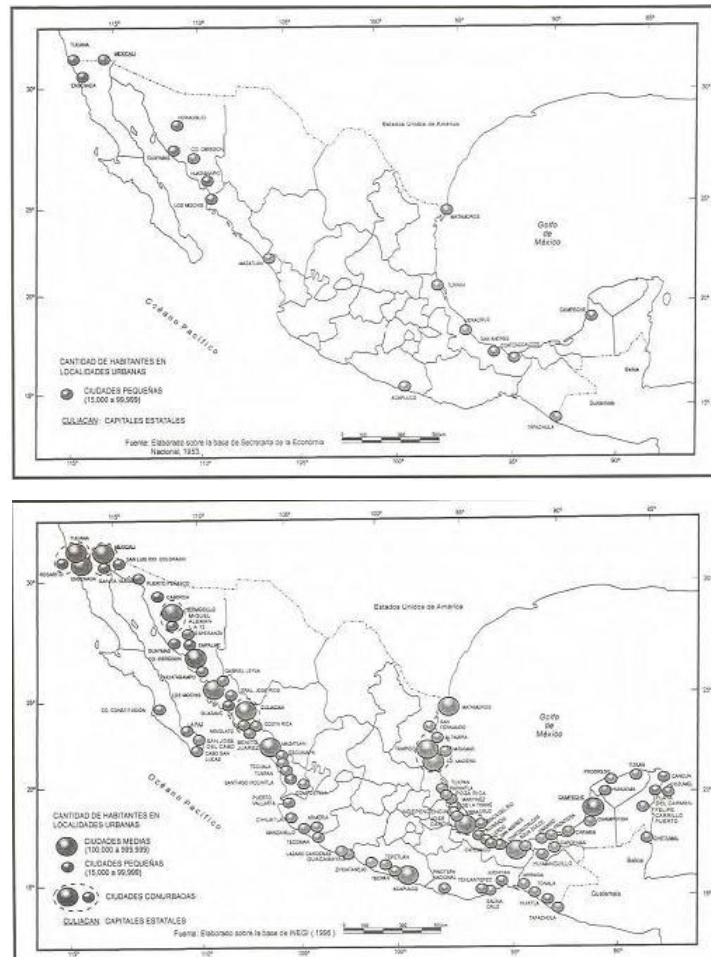


Figura 2.1 Localidades urbanas 1950 – 1995 (Padilla y Sotelo, 2000).

La pérdida de estos sistemas repercute significativamente en todas las especies que utilizan a los sistemas costeros para su desarrollo, por otra parte se ha señalado que recuperar un sistema que ha sido severamente dañado puede tomar muchos años cuando ello es posible (CONABIO, 2008).

En México, la percepción pública de la pérdida de estos sistemas y de que no somos capaces de conservarlos se refleja en el hecho de realizar proyectos como carreteras mal trazadas, desarrollos inmobiliarios, puertos, granjas de camarón, instalaciones de alta tensión, etc., que se han desarrollado en superficies ocupadas por manglar (CONABIO, 2008), debilitando su estructura, lo cual facilita su pérdida total.

Por lo que toca a los sistemas de manglar, y derivado de la riqueza natural y paisajística de estos ecosistemas, se llevan a cabo actividades de ecoturismo, como el avistamiento de aves migratorias, su paisaje y la variedad de vida silvestre que albergan (CONABIO, 2008). No obstante, surge la controversia en cuanto a los grandes desarrollos turísticos como campos de golf, marinas y construcciones tipo resorts, los cuales conllevan a menudo más aspectos negativos a la zona; y en ese sentido es de mencionar el ejemplo del manglar ubicado en la zona costera de La Paz, el cual se vio reducido en un 23% durante el periodo de 1973 y 1981 a causa del desarrollo inmobiliario y turístico (Aburto-Oropeza, *et al.*, 2008).

2.3 Preservación y Conservación

La base del marco jurídico y normativo aplicable a sistemas costeros y zonas marinas es la Constitución Política, principalmente los artículos 4 (medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar), 25 (el Estado debe garantizar desarrollo integral y sustentable), 27 (propiedad, soberanía y jurisdicción), 42 (inclusión de islas, cayos y arrecifes como territorio nacional), 48 (las inclusiones del artículo 42 dependen de la federación) y 115 (atribuciones de municipios para regular o inducir el uso de suelo a través del ordenamiento territorial municipal, planes o programas de desarrollo urbano y ordenamientos ecológicos locales), derivando en 38 leyes federales y generales (Mac Donald, 2012).

En ese sentido, la conservación se manifiesta a través del sistema de áreas naturales protegidas (ANP), siendo uno de los instrumentos más importantes, con el que se cuenta para la preservación y conservación de la biodiversidad, para el mantenimiento de los servicios ambientales y establecerlo como un sistema eficaz para detener y revertir el proceso de deterioro de algunos ecosistemas, es quizás uno de los principales retos dentro de los lineamientos de la política ecológica nacional, tanto a nivel de país como de las zonas costeras en particular, sobre las cuales se está estableciendo una prioridad dentro de los proyectos de la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), así para

1989 sólo el 15% se relacionaban con zonas costeras, para 1994 la cifra se elevó a 18% (INE,1996); actualmente de las 174 ANP, 63 son costeras y marinas, mismas que son reservas de la biosfera, áreas de protección de flora y fauna, y parques nacionales y santuarios; en los que se regula el aprovechamiento y protección de los recursos marinos y costeros, y se establece un estrecho trabajo con las comunidades que viven dentro y alrededor de las ANP (Mac Donald, 2012).

En cuanto a la preservación de los recursos hídricos nacionales, en 1974 se estableció la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA), a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CNA), con 24 estaciones en las zonas costeras más importantes del país, 17 en el Océano Pacífico y 7 en el Golfo de México, aunque se han realizado estudios en otras zonas, 7 en el Pacífico y 3 en el Caribe. Los datos generados se almacenaban en una Base de Datos denominada RAISON (Regional Analysis by Intelligent Systems on a Microcomputer) (INE, 1996).

Los estudios relacionados con calidad ambiental y manejo de zonas costeras son muy variados y se encuentran dispersos y con calidades muy dispersas; existen esfuerzos aislados en cuanto a la elaboración de compendios de información y bases de datos referentes a estudios realizados en la Zona Costera Mexicana tanto en el ámbito nacional como regional (INE,1996).

2.4 Estado de Colima

El litoral del pacífico mexicano incluye desde las costas del Alto Golfo de California, una de las regiones más áridas del planeta, hasta las costas de Oaxaca y Chiapas, con vegetación exuberante y alta precipitación, por lo que se puede dividir el litoral en Pacífico Norte y Pacífico Sur; en este sentido el estado de Colima se ubica en la parte sur.

El estado de Colima se encuentra entre las coordenadas geográficas 19° 31' y 18° 41' latitud norte, y 103° 29' y 104° 41' longitud oeste; la capital tiene una elevación de 3,860 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el estado de Jalisco, al sur con el estado de Michoacán, y al oeste con el Océano Pacífico. Cuenta con 10 municipios (Figura 2.2) de los cuales tres tienen como límite la zona costera del pacífico; Manzanillo, Armería y Tecomán, siendo el primero el de mayor superficie territorial con 1,578.4 km².

2.4.1 Municipio de Manzanillo

El Municipio de Manzanillo se localiza en la región norponiente del estado de Colima (Figura 2.2) entre las coordenadas geográficas 19° 03' 08" de latitud norte y 104° 18' 57"

de longitud oeste, con una altitud promedio de cuatro metros sobre el nivel del mar. Limita al sur con el Océano Pacífico, al sureste con el Municipio de Armería, al noreste con el Municipio de Coquimatlán, al noreste con el Municipio de Minatitlán, y al norte y oeste con el estado de Jalisco (PMD, 2009; INEGI, 2011).



Figura 2.2 División municipal del estado de Colima, México (INAFED, 2009).

Debido a su ubicación geográfica estratégica, el Municipio de Manzanillo brinda un soporte logístico y económico crucial para todo el estado y para varias regiones del país. En particular, las actividades portuarias y turísticas lo sitúan como el motor del desarrollo económico del estado. El puerto es líder nacional en el manejo de contenedores y Manzanillo es el principal destino turístico del estado (PMD, 2009).

Aunada a su intensa actividad portuaria y turística, la economía del municipio se compone de la agricultura (cultivo de plátano, limón, coco, maíz, frijol, ajonjolí y mango), la pesca (captura de tiburón, guachinango, sierra, lisa, pargo, dorado, marlín y pez vela), el procesamiento de minerales y la generación de energía eléctrica. La economía local se encuentra diversificada, brindando solidez al crecimiento económico del Municipio y a la base recaudatoria del gobierno municipal (PMD, 2009; Amaya Molinar, *et al.*, 2008).

Asimismo, en materia de infraestructura, Manzanillo tiene importantes vías de comunicación, pues cuenta con el único aeropuerto internacional del estado, al cual en

2008 arribaron 3,010 vuelos nacionales y 901 internacionales, y en el que se llevó a cabo cerca del 69% del movimiento de pasajeros de la entidad. Además, los principales ejes carreteros del municipio se comunican con todo el estado (Colima-Manzanillo, Manzanillo-Puerto Vallarta, Manzanillo-Minatitlán, Ramal-Aeropuerto, Cuyutlán-Manzanillo, y Libramiento-Coloma-Tapeixtles) y su red ferroviaria une al puerto con la ciudad de Guadalajara (PMD, 2009; Amaya Molinar, *et al.*, 2008).

En la industria destacan la Peletizadora del Consorcio Minero Benito Juárez Peña Colorada, la Termoeléctrica Manuel Álvarez de la Comisión Federal de Electricidad, así como plantas procesadoras de pescado (Amaya Molinar, *et al.*, 2008).

Conforme a los datos del Censo de Población y Vivienda 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013), el municipio contaba con 161,420 habitantes, de los cuales 21,130 es población rural, 130,035 es urbana y 10,255 es mixta; contando con una atracción migratoria acumulada muy fuerte (> a 35%), por lo que presenta un crecimiento demográfico constante y acelerado. La especialización económica es de extracción minera, comercio y servicios de restaurantes y hoteles (INE, 2012).

Esta concentración poblacional permite una alta cobertura y eficiencia de los servicios públicos y contribuye al bajo grado de marginación de Manzanillo. La significativa proporción de población joven indica que la disponibilidad de mano de obra se encuentra en continuo crecimiento.

Ya en el Municipio se han realizado proyectos de inversión que inyectarán mayor dinamismo a la economía local al corto y mediano plazo, como la ampliación del puerto y la construcción de una regasificadora de gas natural y el gasoducto Manzanillo - Guadalajara. Sin embargo, esto también traerá consigo una mayor demanda de servicios públicos como consecuencia del crecimiento económico y poblacional.

En los principales valles de la Cuenca de la Laguna de Cuyutlán la actividad económica recae en el sector primario, por lo que los productores tratan de obtener los mejores beneficios de la zona haciendo un uso excesivo de energía fósil sin reparar los daños al medio ambiente, originando altos índices de contaminación, deterioro de la biodiversidad y cambio en el paisaje (Bonilla Jiménez, 2003).

2.4.2 Sistema Lagunar de Cuyutlán (SLC)

El Sistema Lagunar de Cuyutlán es el cuerpo de agua costero más importante del estado de Colima y que forma parte de la región hidrológica número 15 (Costa de Jalisco); por lo que se constituye como una de las más importantes fuentes de recursos pesqueros y

salineros en el estado, generando una alternativa de ingresos económicos para un gran número de familias que explotan diversas especies; además de brindar al municipio de Manzanillo una barrera de protección ambiental y reguladora del clima, así como resguardo de aves (Cabral Solís, 2011).

Ubicación geográfica

El SLC se localiza en la planicie costera en entre las coordenadas 18°53' y 19°03' de latitud norte y a los 104°00' y 104°20' de longitud oeste. Presenta una configuración alargada paralela a la línea de costa, separada del Océano Pacífico por una franja arenosa, que fluctúa entre los 1,000 y 1,500 m de ancho y una elevación máxima de 10 msnm (Buenrostro Mariscal, 1999); Figura 2.3.

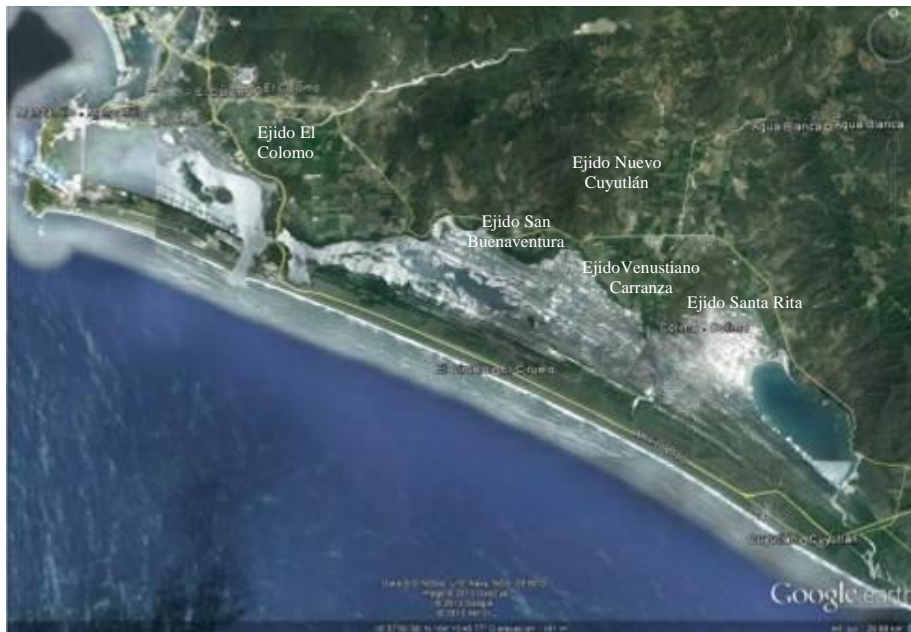


Figura 2.3 Configuración del SLC (Goolgle earth, 2013).

El Sistema cuenta con una capacidad de almacenamiento de siete millones de metros cúbicos, una superficie de depósito de 7,200 ha y una extensión de 37 km de longitud y una profundidad de 0.2 a 4.4 m (SAGARPA, 2004).

Los principales ejidos establecidos en las inmediaciones del SLC son El Colomo, San Buenaventura, Venustiano Carranza, Nuevo Cuyutlán y Santa Rita. Las pendientes en dirección a la laguna van de 1,000 a 0 msnm, favoreciendo la formación de los suelos mediante por transporte hidráulico de gravas, arenas y limos, estratificados, llegando incluso hasta el borde del SLC (Bonilla Jiménez, 2003).

Las practicas antropogénicas son las principales aportaciones de contaminación (prácticas de agricultura, minería y procesos industriales); específicamente el SLC ha funcionado como cuerpo receptor de aguas residuales municipales y de servicios, principalmente en la margen norte e inmediaciones de zonas habitacionales; mantiene desde tiempos prehispánicos la producción salinera y de pesca de baja escala; así mismo en tiempo más reciente suministra el agua para el enfriamiento de las turbinas de la Central Termoeléctrica “General Manuel Álvarez” (Bonilla Jiménez, 2003; Buenrostro Mariscal, 1999; Hernández López, 2006).

Geomorfología

Según la clasificación de Lankford de 1977, la laguna se clasifica como III-A (III-B), indicando que se originó por la acreción de barreras arenosas, en depresiones inundadas del margen interno de la plataforma continental y bordeada por la superficie continental protegida del mar por barreras originadas por la acción del oleaje y corrientes. Es una laguna que presenta una barrera tipo Gilbert Beamont, que son amplias y en ciertos casos múltiples, no obstante está cambiando al tipo III-B (Ortiz Lira, 1983).

Características geográficas e hidrográficas

El SLC corresponde a las lagunas catalogadas como costeras, por lo que presenta llanuras de escaso relieve, con condiciones energéticas debidas al oleaje y con variaciones de fuertes a intermedias. Por su fisiografía y obras de ingeniería se divide en cuatro vasos, cada uno con características ecológicas particulares (Figura 2.4); en la Tabla 2.1 se describen las características establecidas para cada vaso con base en los estudios de Buenrostro Mariscal (1999) y Hernández López (2006).

Las aportaciones de agua marina al SLC es mediante la conexión al mar por el Canal Ventanas ubicado en el lado oeste del vaso I, siendo el mayor flujo aprovechado por la Termoeléctrica para su sistema de enfriamiento de turbinas, descargándola por otro canal al mar. Otro aporte es por el Túnel ubicado en la parte noroeste del vaso II, atravesando la parte más angosta entre el Sistema y la Bahía de manzanillo. Finalmente la aportación más reciente se da por el Canal Tepalcates ubicado al Sureste del vaso II.

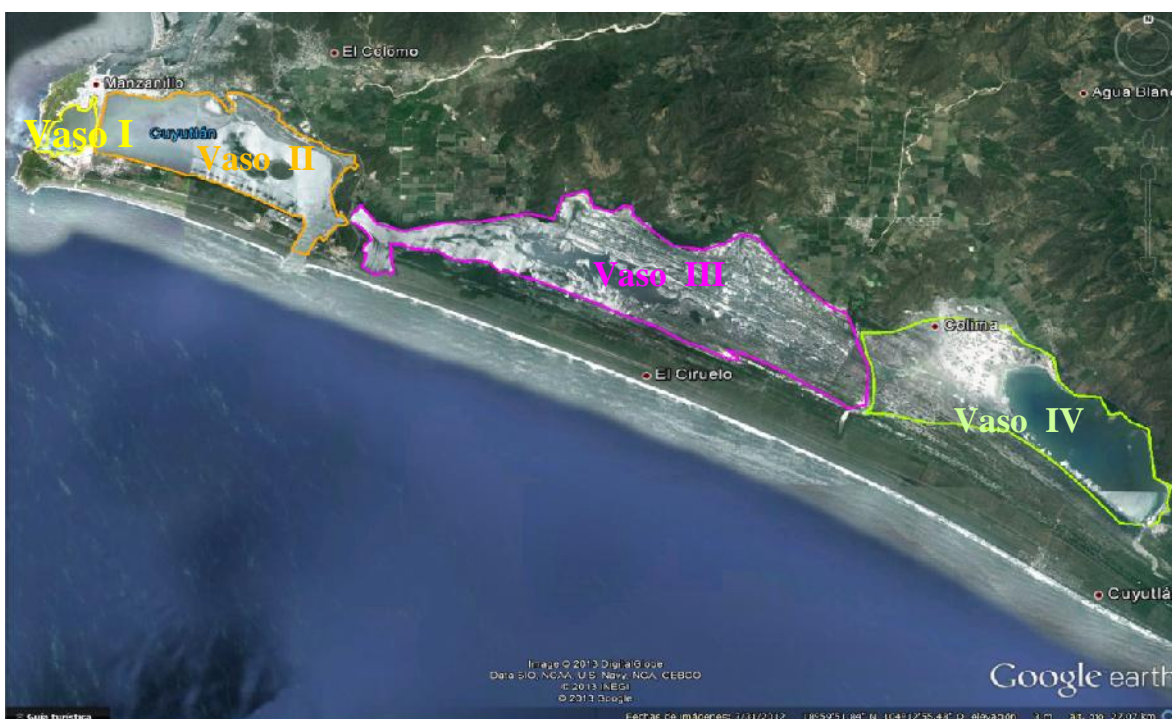


Figura 2.4 Delimitación de los cuatro vasos que conforman el SLC.

Tabla 2.1 Características de los vasos del SLC (Buenrostro Mariscal, 1999 y Hernández López, 2006).

	VASO I	VASO II	VASO III	VASO IV
Delimitación	Entre Puente Ventanas y el Terraplén del Ferrocarril.	Entre el Terraplén del Ferrocarril y el Puente Tepalcates (Malecón).	Entre el Puente Tepalcates (Malecón) y el Puente Cuyutlán.	Entre el Puente Cuyutlán y el Estero Palo Verde.
Longitud	1.3 km	7.7 km	24 km	4 km
Profundidad	Hasta 6.0 m	Máxima de 1.2 m	Hasta 0.2 puntualmente 5.0 m	Hasta 0.2 puntualmente 5.0 m
Actividad	Mayor volumen de captura de peces	Zona de pesca en embarcaciones	En la parte este se da productividad salinera	Salobre o dulce dependiendo del aporte del río Armería. Con productividad salinera

Las aportaciones de agua dulce se dan a través del río Armería en conexión con el Estero Palo Verde hacia el sureste del vaso IV de manera intermitente; el arroyo Ojo de Agua, corriente intermitente que transita por los poblados Agua Blanca y Venustiano Carranza desembocando en la margen norte del vaso III y, finalmente el arroyo Las Adjuntas, de tipo intermitente ubicado en las inmediaciones del poblado de El Colomo, este arroyo cuenta con varios afluentes y desemboca en la margen norte del vaso II (Buenrostro Mariscal, 1999).

En el SLC se presenta un régimen de mareas semidiurnas mixtas, es decir ciclo de mareas que presenta dos pleamares y dos bajamares con desigualdad diurna. Los volúmenes estimados de penetración de agua en la laguna durante el ciclo de marea son bajos con el volumen promedio de agua en el Sistema, en especial en la zona este, que prácticamente no tiene circulación (Buenrostro Mariscal, 1999).

Con base en lo reportado por Buenrostro Mariscal, A. E. (1999), las máximas velocidades de corrientes se observan en el área adyacente al túnel de comunicación con el mar con respecto al primer vaso. El intervalo de variación estaba entre 0.71 y 1.45 m/s en condición de flujo y entre 0.45 y 1.35 m/s en condición de reflujo. En el segundo vaso era de 0.001 m/s tanto para flujo como para reflujo entre el Terraplén del Ferrocarril y el Túnel de dragado, entre el Túnel de dragado y el malecón era de 0.09 a 0.5 m/s en flujo y reflujo, y en las zonas del tercer y cuarto vasos era inapreciable.

Obras de ingeniería realizadas en el SLC

Desde el punto de vista Físico y Geomorfológico, desde 1554 el Sistema presentaba una configuración similar a la actual, a excepción de que en ese entonces la única comunicación que tenía con el mar era a través de una boca a la altura del lugar conocido como “Estero Palo Verde” en las inmediaciones del Río Grande de Colima (actualmente Río Armería). En la Figura 2.5 se presenta aspecto que presentaba el SLC en 1908, evidenciando un cuerpo de agua menos segmentado y comunicado con el mar al sureste de lo que ahora sería el vaso-IV (Figura 2.4), así como pequeños asentamientos en Cuyutlán, en las inmediaciones del trazo del ferrocarril entre la playa y el SLC, y el Puerto de Manzanillo marcado con una cuantas manzanas (Buenrostro Mariscal, 1999; Mendoza Pérez, 2008).



Figura 2.5 Plano del SLC, 1908 (Mendoza Pérez, 2008).

En la Tabla 2.2 se desglosan las diferentes condiciones y obras de ingeniería e hidráulicas que ha sufrido el SLC; mismas que durante el transcurso del tiempo han sugerido tanto beneficios desde el punto de vista ecológico al traer consigo un mayor flujo de agua, como perjuicios en cuanto a la división en cuatro vasos, originado azolve y disminución de la circulación de agua (Buenrostro Mariscal, 1999).

Tabla 2.2 Obras de ingeniería realizadas en el SLC.

(Ortiz Lira, 1983; Salinas Enríquez, 1988; Buenrostro Mariscal, 1999; Manzanillo, 2012-2015). * Fechas citadas en diferentes trabajos.

AÑO	INFRAESTRUCTURA
500-600 D.C	Desde tiempos prehispánicos, los pobladores de la región se han dedicado a la extracción de la sal, en el ALC y tierras cercanas a Tecomán. Las primeras obras que se construyeron están relacionadas con las salineras que se asentaron a lo largo de la laguna y consistieron en la instalación de compuertas rústicas para mantener un determinado volumen de agua, de donde se obtiene la sal mediante su evaporación.
1554	El SLC sólo se comunicaba por el Estero Palo Verde.
1824	1° de Mayo, Gobierno General de la República decretó la apertura de Manzanillo como Puerto del Pacífico.
1834	La anchura promedio de la boca era de 1.4 km y de 800 m a la altura del puente que daba acceso a las salinas.
1868	Se construye un túnel para comunicar el vaso II con la bahía de Manzanillo, como parte de un proyecto de saneamiento.
1870	La boca natural entre el SLC y el Océano Pacífico tendía a desaparecer. Hasta ese año existían condiciones de navegación en la laguna entre Manzanillo y Armería, mediante buques de bajo calado. Razón por la cual se construyó un puente de altura. Identificando también azolvamiento en dicho paso de comunicación.
1873	17 de junio, se erige al Puerto de Manzanillo como Municipio
1890	Se colocan compuertas para la obtención de sal por evaporación.
1889* 1900*	La SCT construyó el terraplén para la vía de ferrocarril México-Guadalajara-Manzanillo, delimitando así lo que sería el vaso I del vaso II, quedando unidos por una sola alcantarilla, que resultó insuficiente para la circulación del agua hacia el interior de la Laguna al constituirse más como una barrera.
1935	Se realizan obras de saneamiento del puerto
1936	Se abre el canal conocido como "El Tunel", que une a la bahía con el Vaso II del SLC, no obstante, se reporta que sólo tiene influencia directa en un radio de 2 km.
1937	Se inaugura el túnel que comunica el vaso II con la bahía de Manzanillo, como parte de un proyecto de saneamiento, mejorando circulación del agua con una influencia de 2 km.
1959	Un Ciclón afecta al puerto. Se rellena la zona poniente del SLC (Vaso I), y la zona oeste del almacén de ferrocarril, para reubicar a los damnificados por un huracán categoría cinco que afectó la zona de Manzanillo.
1974	La Secretaría de Recursos Hidráulicos realizó un estudio con el fin de abrir un canal a la altura del cerro del malecón y ver las posibilidades de saneamiento de la laguna. Los estudios determinaron que la obra no era conveniente en ese lugar proponiendo la construcción en la zona de Punta Campos.
1973* 1976*	La CFE realizó un estudio de las condiciones hidrodinámicas del SLC con la finalidad de obtener agua para la instalación de una Termoeléctrica. A raíz del mismo se autorizó la construcción de un canal a la altura del cerro del Vigía y Punta Campos (Canal Ventanas).

1978	Apertura del Canal Ventanas por CFE para comunicar al vaso I con el mar entre Punta Campos y Cerro de Vigía, con el objetivo de abastecer un gasto aproximado de 50 m ³ /s de agua necesarios para el sistema de enfriamiento de la Central Termoeléctrica, permitiendo mayor circulación en este vaso.
1979	De acuerdo con el proyecto de la carretera escénica Manzanillo-Cuyutlán que correría por la barrera arenosa de la laguna, se propuso la construcción de un puente volado a la altura del cerro del malecón, el cual no alteraría la morfología del lugar. Sin embargo por cuestiones económicas y políticas se modificó y solo se terraplenó, dejando un estrecho paso de menos de 50 m de los 160 m originales, para el paso del agua, el cual se quedó así a pesar de las protestas de los pescadores y habitantes de la zona.
1980	Se aprobó la construcción del puerto interior y se comenzó el proyecto de dragado de la Laguna de San Pedrito, sacando el material excedente hacia el Océano Pacífico mediante una tubería asentada en un bordo de 5 m de ancho situado al este del terraplén del ferrocarril, en el cual se dejó una compuerta de 20 m de ancho, constituyéndose como otra barrera física para la circulación de agua en lo que es ahora el vaso II.
	CFE dragó parte del primer vaso por la zona del puente del ferrocarril.
1981	CFE construye un bordo (espigón) paralelo a la entrada del Canal Ventanas, dividiendo el vaso I en dos, limitando la influencia del canal al resto del Sistema, dejando solamente una comunicación de 20 m de ancho hacia el resto del vaso I. La CFE construyó 38 torres sobre el Sistema (vaso II) para distribución de la energía eléctrica.
1983	Por presión de los pescadores se abrieron compuertas y un tapo para mejorar las condiciones y aumento de pesca.
1989	Inicio de construcción de canal artificial Tepalcates con el fin de rehabilitar la laguna
1996-1997	Se construye el Canal Tepalcates con la finalidad de traer un mayor flujo de agua para beneficio del Sistema en cuanto al azolvamiento y contaminación.
2000	Enero, comunicación con el mar a través de Canal Tepalcates.
2005	A finales de año, por efecto del transporte litoral se azolva el Canal de Tepalcates, impidiendo el paso de agua de mar a la laguna por esta comunicación (Figura 2.6).
2006	En septiembre se realiza dragado del Canal de Tepalcates y se tiene nuevamente comunicación con el mar.

Es de mencionar que una de las principales obras hidráulicas fue la construcción de un Bordo salinero ubicado en el poblado de San Buena Aventura en la porción sureste, por parte de la Sociedad Cooperativa de Salinas Colima, con la finalidad de reducir y mantener el flujo de agua hacia el interior del extremo este de Sistema, reduciendo la humedad del suelo en tiempo de estiaje para la extracción de sal (Buenrostro Mariscal, 1999).

Otra de las obras de gran magnitud fue la vía de ferrocarril que corre sobre un terraplén a la altura del poblado de Campos dejando solo un puente de cinco metros (Reyes Trotti y Serrano Pinto, 1988) originando la división en lo que hoy se conoce como vasos I y II.



Figura 2.6 condiciones de azolvamiento en el Canal Tepalcates, 2005.

Finalmente la apertura del Canal Tepalcates, mismo que fue terminado en el 2000; a partir de dicha apertura el azolve y desazolve del canal ha contribuido a las modificaciones físicas, geomorfológicas, biológicas y ecológicas que repercuten en la dinámica del sistema (Cabral Solís, 2011).

3 METODOLOGÍA

La realización del trabajo se basó en investigación documental e investigación de campo. La primera instancia con la finalidad de obtener la evaluación retrospectiva de las condiciones ambientales del SLC; para lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los estudios realizados previamente sobre el sistema, incluyendo aquellos que presentaron datos y que pudieron ser ubicados los puntos de muestreo por georreferencias o planos de la zona de estudio, de los cuales se extrajeron los datos.

Algunos de los trabajos que se han realizado en el SLC se enlistan en la Tabla 2.3., sobresaliendo en cantidad los estudios enfocados a la calidad del agua. Cabe mencionar que en algunos casos para abreviar las fechas puntuales y periodos, se utilizó la abreviación del mes y el año (mes_año).

Tabla 3.1 Estudios realizados en el SLC.

AÑO DE PUBLICACIÓN	ESTUDIO	PERIODO DE MUESTREO
1978	Determinación de los efectos de la Termoeléctrica de Manzanillo en la flora y fauna de la Laguna de Cuyutlán, Col.	Ago_77 a Jul_78
1983	Evaluación de los niveles microbiológicos de coliformes fecales y estreptococos fecales alcanzados en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Col, México.	Abr-Oct_81
1988	Prospección hidrológica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, previo a la apertura del canal del Malecón.	May_86 y Nov_86
	Cuantificación de los niveles de Coliformes y su relación con algunos parámetros físico-químicos en las Lagunas Barra de Navidad, Jul y Cuyutlán, Col.	Feb_86 a Feb_87
1990-1994	Monitoreos de la calidad del agua en el sistema lagunar Cuyutlán en Colima-Instituto Nacional de la Pesca CRIP-Manzanillo (1994).	

1991	Evaluación de parámetros físico-químicos, microbiológicos y productividad primaria en la Laguna de Cuyutlán, Col. Antes de la apertura del nuevo cal en el área de Tepalcates, Colima.	Nov_89 a Oct_90
1996-1997	Evaluación y diagnóstico de la calidad del agua en la laguna de Cuyutlán-Comisión Nacional del Agua (1998).	
1998	Análisis de la pesquería del camarón en la Laguna de Cuyutlán, col, México.	
1999	Evaluación y diagnóstico de la calidad del agua de la Laguna de Cuyutlán, Colima 1996-1997.	Ago_96 a Oct_97
2004	Distribución y abundancia espacio temporal de los peces en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México.	Mar_99 a Dic_00
2005	Non-Breeding waterbirds at Laguna de Cuyutlán and its associated wetlands, Colima, México.	
	Growth analysis of white mullet <i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlán Lagoon, Colima, México	Mar_97 a Feb_98
2006	Distribución de nutrientes inorgánicos en la laguna de Cuyutlán	May_04 a Feb_05
	MIA: Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo.	Nov_2006
2011	First report of <i>Pseudo-nitzschia brasiliana</i> and <i>P. micropora</i> (<i>Bacillariophyceae</i>) found in Cuyutlan Lagoon, Mexico.	Dic_2009
	Efectos antropogénicos sobre la calidad del agua, diversidad y abundancia de la fauna neotónica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México: Recomendaciones para su manejo.	

La investigación de campo, con fines de actualización se enfocó específicamente al seguimiento de algunos parámetros fisicoquímicos del agua en los cuatro vasos del SLC, para el periodo 2008-2011. Así mismo, se retomaron algunos trabajos realizados durante dicho periodo en el mismo sistema por parte de la Gerencia de Estudio de Ingeniería Civil de la CFE y la Universidad de Colima.

Por otra parte, es de mencionar que se retomó la división del SLC en cuatro vasos, identificándolos como vaso I (V-I), vaso II (V-II), vaso III (V-III) y vaso IV (V-IV) para hacer la evaluación y diagnóstico. Cabe recordar que los datos analizados provienen de diferentes estudios lo que implicaría introducir errores asociados a los tipos de muestreo e instrumentos utilizados; sin embargo el enfoque en este caso es generalizado al considerar más las tendencias históricas como punto de evaluación. A continuación se describe la forma en que fue abordada cada instancia a considerar.

3.1 Factores abióticos

Meteorología

El Clima y las condiciones meteorológicas derivadas aportan elementos de variación en el ambiente de los ecosistemas costeros (Contreras y Castañeda, 2004), en ese sentido se evaluaron algunos parámetros como temperatura ambiental, precipitación pluvial, radiación solar máxima y evapotranspiración acumulada diaria, registros que se obtuvieron a partir de una Estación Meteorológica Automática (EMA) inalámbrica, marca Davis, Modelo Vantage Pro2™; ubicada en Manzanillo para recopilar y analizar la información meteorológica de manera continua durante el periodo de 2008-2012.

Retrospectivamente para el caso de temperatura, precipitación y evapotranspiración se evaluó el periodo 1971-2000, datos disponibles en las normales meteorológicas registradas en la estación 6025 Venustiano Carranza (SMN), ubicada en la localidad del mismo nombre en el Municipio de Manzanillo (latitud 18° 56' 19", longitud 103° 56' 45") a una altura de 50.0 msnm., siendo ésta la más cercana al SLC, información obtenida de la página del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Así mismo se consultó el anuario estadístico de Colima de 2011 (INEGI, 2013) obteniendo datos para el 2005 y 2006 en el caso de la temperatura y de 1993 y 1995 para la precipitación, con la finalidad de poder completar un mayor periodo de registro.

Dinámica del espejo de agua en el SLC

Para el análisis de la dinámica del espejo de agua del SLC, se utilizaron imágenes y datos de satélite y ortofotos digitales obtenidas y procesadas por el Departamento de Geomática (CFE, 2012), mismas que se separaron de acuerdo a la temporada en la cual fueron tomadas (estiaje y lluvia), y a las condiciones del Canal Tepalcates durante la toma de las mismas (antes, durante y al finalizar las obras de apertura y dragado), de acuerdo a este criterio se utilizaron las ortofotos digitales de los años 2005 y 2008 e imágenes de satélite GeoEye-1 de 2009, SPOT-5 del 2010 y 2012, y WorldView-2 de 2011 y 2012. A partir de la imágenes, digitalizó el contorno del espejo de agua para los cuatro vasos de la zona de estudio (CFE, 2012).

Descargas de agua al SLC

Los puntos de descarga de aguas hacia el SLC, constituyen un foco de contaminación al mismo, por lo que se pidió la colaboración al Departamento de Calidad del Agua de la Comisión de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado de Manzanillo (CAPDAM) para verificar la ubicación de 36 descargas de aguas residuales ubicadas por personal de la Universidad de Colima, en recorridos previos, la verificación se realizó mediante recorrido

en compañía de la Jefa de dicho Departamento. Cabe mencionar que los parámetros asociados a las descargas se consideraron dentro de la evaluación de la calidad del agua.

Históricamente se utilizaron los datos de Cobo, *et al.* (1978), quienes identificaron descargas durante el sus trabajos, obteniendo información adicional en el Ayuntamiento.

3.2 Factores bióticos

Vegetación

Para la evaluación de la vegetación se consideraron los resultados obtenidos mediante imágenes de satélite y ortofotos, de manera no supervisada durante el periodo 2004 – 2007 y de manera supervisada (recorrido y trabajos de campo) durante 2008-2012 por el Departamento de Geomática (CFE, 2012).

Como parte de la evaluación comparativa se utilizaron los mapas de Vegetación y Uso de Suelo de 1976 y 2000; Proceso de cambio de la vegetación y del uso del suelo, 1976-2008, para el estado de Colima (INECC, 2012).

Por otra parte, para el caso del manglar se consideró el estudio realizado por la CONABIO (2009) para evaluar la extensión y distribución de los manglares en el país, en específico los datos correspondientes a la región Pacífico Centro, en la cual quedó incluida el estado de Colima. En dicho estudio la evaluación se realizó a partir de imágenes multiespectrales de satélite SPOT-5 y escenas de satélite Landsat-7. El 82% de las imágenes tomadas en los años 2005 y 2006, el resto en el periodo 2003-2007.

Así mismo, se utilizó la información generada por Téllez García (2010) en su caracterización de mangle en las inmediaciones del Estero Palo Verde al oeste del SLC; mediante 48 unidades de muestreo para comparar la estructura y repoblación natural del mangle.

Fauna

Con respecto a la fauna se tomó como base el estudio de Mellink, E. y de la Riva, G. (2005). Dicho estudio comprendió un inventario de aves acuáticas durante el periodo de septiembre de 1996 a marzo de 1997, en la zona del SLC y los dos humedales ubicados al norte del mismo: Lagunas de Tapeixtles y el Valle de las Garzas. En dicho estudio se utilizaron nueve puntos de estudio distribuidos solo en los vasos I, II y III y dos adicionales

fuera del SLC (Figura A1.1 del Anexo A1), en los cuales realizaron ocho conteos, en intervalos de cuatro semanas, utilizando binoculares y un telescopio; el tiempo de observación por estación varió según el número de aves presentes.

Para el periodo 2008-2012 se consideraron los estudios prospectivos de protección y conservación de la biodiversidad, realizados por la Universidad de Colima, en tres sitios al sur del vaso III en el SLC (Figura A1.2 del Anexo A1), basados en registros mediante transectos visuales, así como del uso de redes y trampas; registrando la especie, la abundancia y el tipo de vegetación en la que se observó el ejemplar, a partir de lo cual establecieron la riqueza, composición, abundancia y diversidad por grupo, esta última mediante el índice de Diversidad de Simpson (1-D), como estimador de la calidad ambiental de las comunidades.

Organismos acuáticos

En este sentido y dada la información disponible, se consideró la evaluación de peces, tomando los datos descriptivos que generaron Cobo, *et al.* (1978) durante sus trabajos de caracterización en el SLC (Tabla 3.2), mismos que obtuvieron los datos de las capturas de los pescadores, considerando que al no tener todas las artes de pesca sobresalen las especies de principal demanda.

Tabla 3.2 Relación de estudios para la compilación de datos históricos de peces.

ESTUDIO	PERIODO DE ESTUDIO	NUMERO DE ESTACIONES	ESTACIONES POR VASO
Cobo P.D. et al., 1978	1977		
Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	May_86, Sep_86 y Nov_86		
Cabral Solís, E. G. y Espino Barr E. 2004	Mar_99 – Jun_99 Oct_99 – Dic_00	21	V-I: 2 V-II: 8 V-III: 4 V-IV: 7
Cabral Solís, E. G. 2011	Ene_99 – Dic_07	14	V-I: 2 V-II: 8 V-III: 4

Así mismo, se trabajó con los resultados obtenidos por Reyes Trotti y Serrano Pinto (1988), durante mayo y noviembre de 1986; quienes evaluaron necton mediante colecta e identificación comercial en una cooperativa que contaba con la mayor capacidad de

pesca, para éste último grupo se consideraron tres eventos (mayo, septiembre y noviembre).

Cabral Solís y Espino Barr (2004), evaluaron la existencia, abundancia y distribución de peces en los cuatro vasos del Sistema Lagunar, de manera mensual en dos periodos, utilizando una red agallera de 200 m de longitud, un metro de caída y 2.0 y 2¹/₄ pulgadas de tamaño de malla, por 15 minutos, emulando el arte de pesca utilizado en la laguna. Las estaciones de muestreo se presentan en la Figura A2.1 del Anexo A2.

Finalmente, Cabral Solís (2011), evaluó el efecto sobre la diversidad, la abundancia de la comunidad nectónica y, la calidad del agua por la apertura y cierre del Canal Tepalcates como indicador de cambios antropogénicos, muestreando mensualmente de Ene_99 a Dic_07, mediante una red agallera de 2¹/₄ de tamaño de malla, con una longitud de 120 metros y un metro de caída.

3.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua

Para la definición de características fisicoquímicas en el SLC los parámetros analizados fueron: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y coliformes fecales en ese sentido, los datos históricos que se pudieron compilar fueron a partir de los estudios enlistados en la Tabla 3.3. La ubicación esquemática de cada una por estudio se presenta en la Figuras A3.1 a A3.7 del Anexo A3. Cabe mencionar que la asignación de las estaciones por vaso, se hizo bajo la consideración de la estructura actual de los cuatro vasos del SLC.

Tabla 3.3 Relación de estudios para la compilación de datos históricos.

ESTUDIO	PERIODO DE ESTUDIO	NUMERO DE ESTACIONES	ESTACIONES POR VASO
Cobo, P. D., et al., 1978.	Ago_77 a Jul_78	14 *Tres fuera del SLC	V-I: 4 V-II: 5 V-III: 2
Estudio ecológico para determinar el impacto ambiental de la construcción de la planta termoeléctrica de Manzanillo, evaluando aspectos fisicoquímicos, biológicos e hidrológicos.			
Ortiz Lira, 1983.	Abr-Oct_81	12* *Dos fuera del SLC	V-I: 2 V-II: 6 V-III: 2
Evaluación de los niveles microbiológicos coliformes fecales y estreptococos.			
Reyes Trotti y Serrano Pinto, 1988.	May_86 y Nov_86	8	V-I: 2

			V-II: 3 V-III: 3
Evaluación del estado de la laguna y sus comunidades biológicas mediante datos fisicoquímicos y biológicos comparando con las condiciones marinas.			
Salinas Enríquez, 1988.	Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87	4	V-I: 1 V-II: 2 V-III: 1
Evaluación de los niveles microbiológicos de coliformes totales y fecales y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el SLC y en las lagunas de Barra de Navidad.			
Hinojosa Larios, 1991.	Nov_89 a Oct_90	8	V-I: 1 V-II: 6 V-III: 1
Estudio sobre parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y productividad primaria antes de la apertura del canal tepalcates.			
Buenrostro Mariscal, 1999.	Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97	16* *dos fuera del SLC	V-I: 4 V-II: 4 V-III: 4 V-IV: 2
Evaluación y diagnóstico de la calidad del agua en el SLC.			
CFE, 2006.	Nov_2004	66	V-I: 13 V-II: 27 V-III: 26
MIA "Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo (TGNLM).			
Hernández López, 2006.	May, Jul, Oct y Dic_04 Feb_05	5	V-I: 2 V-II: 2 V-III: 1
Estudio sobre la distribución y variación de la concentración de nutrientes en el SLC.			
Cabral Solís, 2011.	Ene_99 – Dic_07	14	V-I: 2 V-II: 8 V-III: 4
Evaluación sobre la comunidad nectónica y calidad del agua por la apertura y cierre del Canal Tepalcates, como indicador de cambios antropogénicos.			

Los trabajos de campo para la actualización de datos, se llevaron a cabo durante el periodo Sep_08-Dic_2011, estableciendo 34 estaciones, 7 en vaso I, 13 en vaso II, 6 en vaso III y 8 en vaso IV (Figura 3.1). Adicionalmente se estableció una estación fija en cada vaso y una adicional a la entrada del canal ventanas con la finalidad de hacer un seguimiento continuo de 48 horas (Figura 4.21). Los equipos utilizados para la medición de los parámetros fisicoquímicos fueron: sonda multiparámetros marca Hydrolab modelo

MS5, y el acceso a las estaciones fue caminando y por lancha con motor de borda, realizando las mediciones a nivel superficial (a 50 cm de profundidad).

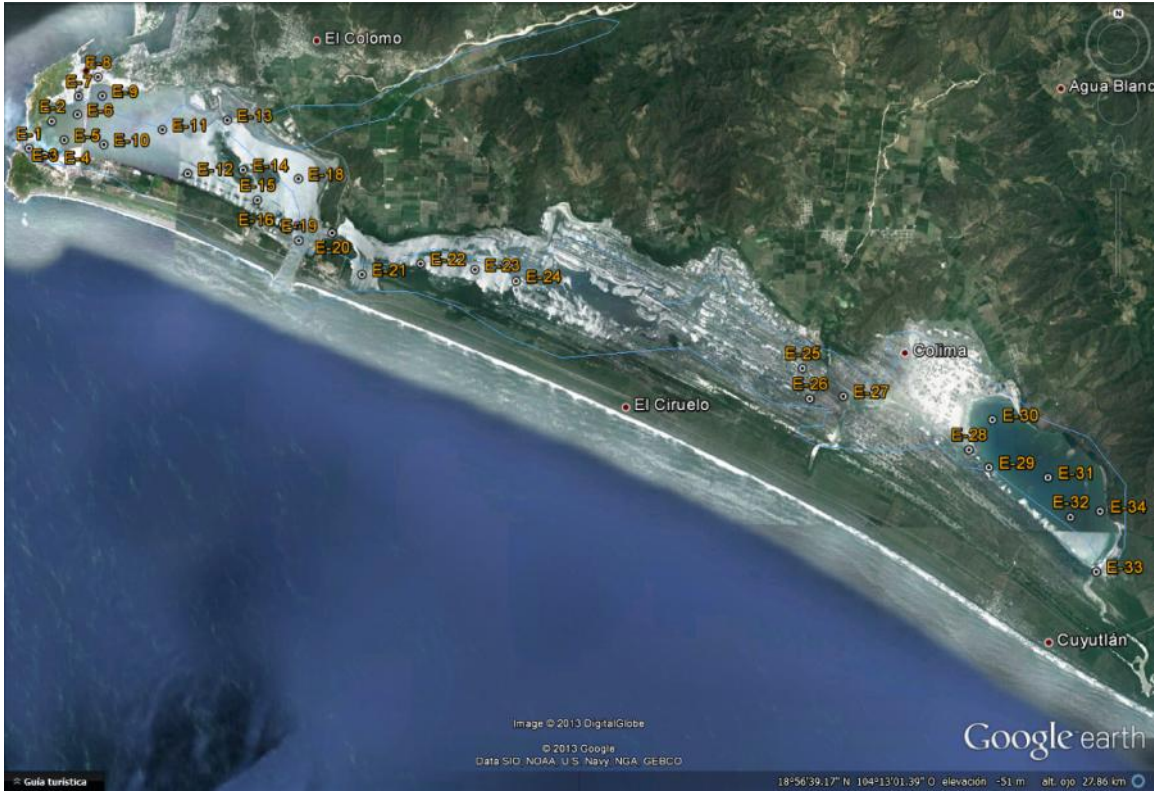


Figura 3.1 Estaciones de muestreo 2008-2011.

3.4 Evaluación

La valuación se refirió a los siguientes lineamientos normativos:

- NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.
- NOM-152-SEMARNAT-2006. Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas.
- Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (CE-CCA-001/89).

4. RESULTADOS

Durante el periodo que comprendieron las actividades de campo, 2008-2011, el ecosistema y estructura del SLC sufrió otras modificaciones estructurales y presiones antropogénicas (Tabla 4.1), adicionales a las históricas citadas anteriormente (Tabla 2.2).

Tabla 4.1 Obras realizadas en el SLC.

AÑO	INFRAESTRUCTURA
2008	Junio, Canal Tepalcates cerrado Octubre apertura de Canal Tepalcates
2009	Octubre, azolve del Canal Tepalcates con tirante de – 1 m. Diciembre, dragado de Canal Tepalcates a -3 m para introducción de draga
2010	Septiembre, cierre de Canal Tepalcates
2011	Marzo, apertura del canal de navegación de la Terminal de Gas Licuado Manzanillo

4.1 Factores abióticos

Meteorología

En la Tabla 4.2 se presentan las temperaturas promedio climatológicas históricas, es de mencionar que el número de años con datos es variable.

Tabla 4.2 Valores de temperatura (°C), 1971-2000 y 2005-2006 (SMN, INEGI, 2013, respectivamente).

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Min/mes	1.8	5.4	2.8	3.7	16.8	19.2	3.4	17.1	5.1	1.7	2.2	9.0
Fecha	1986	1986	1986	1986	1982	1982	1986	1986	1985	1985	1985	1985
Max/mes	36.7	41.3	47.4	39.3	38.9	36.5	36.5	49.6	37.4	36.3	35.1	34.0
Fecha	1994	1994	1994	1994	1994	1980	1977	1994	1976	1984	1973	1977
Max/día	42.0	46.0	54.0	40.0	41.0	39.0	40.5	50.0	40.5	40.0	38.0	37.5
Fecha	1994	1994	1994	1994	1976	1973	1972	1994	1973	1972	1973	1971
Media												
1971-2000	23.4	23.5	23.8	24.5	26.8	28.6	27.8	28.5	27.8	27.4	26.3	24.7
2005	20.6	17.9	15.5	18.5	19.9	22.21	24.4	23.5	23.5	20.5	19.0	19.0
2006	25.6	24.4	25.8	26.3	28.1	30.0	29.2	29.4	28.9	28.5	27.8	26.4

Durante el periodo 1971-2000, las medias más bajas se presentaron en los periodos de enero a abril y de septiembre a diciembre con registros por debajo de los 10.0°C. Las más altas se registraron en el bimestre febrero-marzo y en agosto, con registros por arriba de los 40.0°C; destacando los registros puntuales por día arriba de los 50.0°C (Mar_94 y Ago_94). En ese sentido el periodo con temperaturas más bajas fue de finales de 1985 a principios de 1986, para las más altas no se evidencia una tendencia pero destaca el primer trimestre de 1994 con máximos por día superiores a los 40.0°C. En cuanto a la media, ésta fluctuó de 23.4 a 28.5°C.

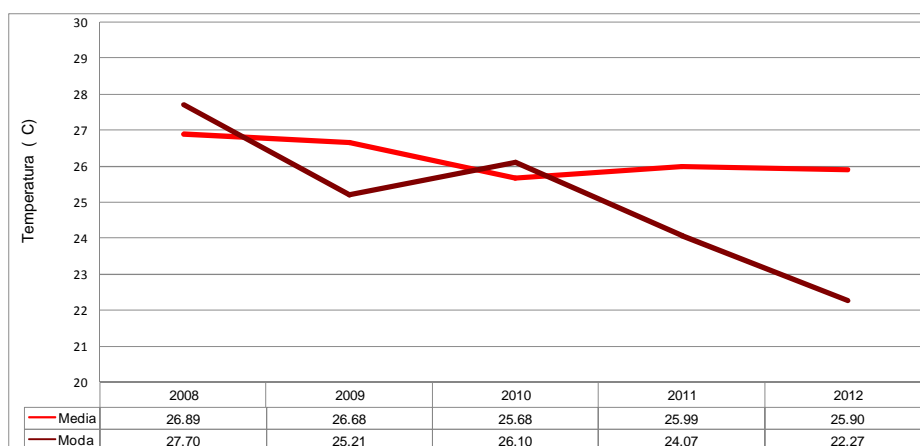
Con respecto a los años 2005 y 2006 las medias más bajas se registraron en marzo y febrero, con registros 18.5 y 24.4°C, respectivamente.

Para el periodo 2008-2012 (Tabla 4.3, registros obtenidos en campo), ya no se obtuvieron temperaturas puntuales tan extremas a razón de la ubicación más a nivel de mar de la EMA, manteniendo el patrón de las más bajas en invierno y las más altas en el periodo de lluvias. Puntualmente la temperatura más baja por día fue de 20.19°C registrada en Abr_12, y la más alta de 30.74°C, registrada en Oct_08. La media mensual fluctuó de 23.74 a 28.26°C, muy semejante la fluctuación mensual del periodo 1971-2000.

En la Gráfica 4.1 se presentan los resultados anuales para el periodo 2008-2012, haciendo hincapié que para el 2008 solo se registraron valores de septiembre a diciembre. Considerando las medias y las modas, la tendencia fue de disminución igualándose para el 2011 y 2012 las medias, no así las modas, predominando valores más bajos en el 2012 con respecto a los años anteriores en más de 2.0°C.

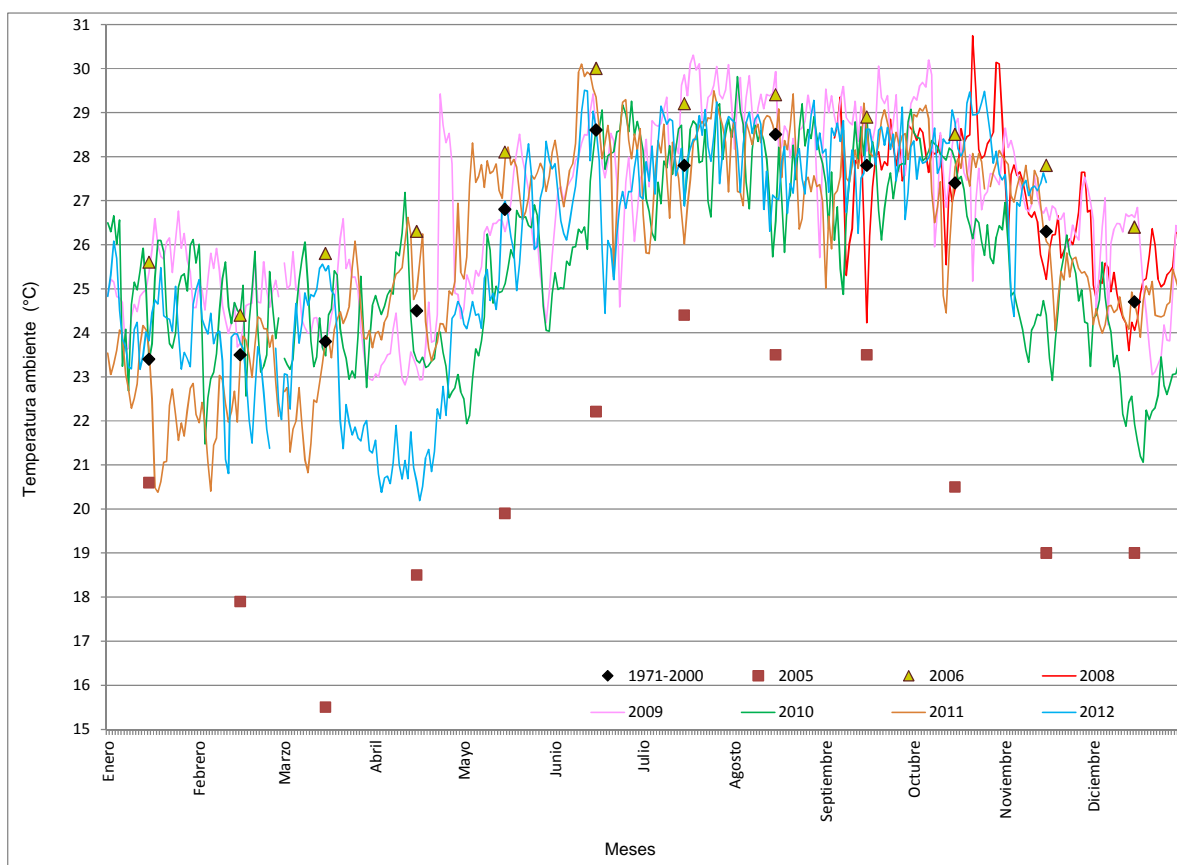
Tabla 4.3 Valores de temperatura (°C), 2008-2012. *Meses con registro en 2008.

	Ene.	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*
Min/mes	15.10	16.90	16.30	16.30	17.90	21.70	23.20	15.41	22.90	21.70	19.10	17.40
Fecha	2011	2011	2011	2012	2010	2009	2011	2009	2008	2011	2010	2010
Min/día	20.38	20.40	20.82	20.19	21.94	24.44	25.80	25.71	24.23	24.45	22.92	21.06
Fecha	2011	2011	2011	2012	2010	2012	2011	2009	2008	2011	2010	2010
Max/mes	29.20	27.90	28.40	28.60	32.10	31.70	32.40	32.70	32.30	32.00	30.30	30.30
Fecha	2011	2011	2009	2012	08/09	2009	2010	2011	2012	2008	2010	2011
Max/día	26.76	26.01	26.59	29.42	28.51	30.10	30.31	29.93	30.06	30.74	28.65	27.07
Fecha	2009	2010	2009	2009	2009	2011	2009	2009	2009	2008	2009	2009
Media	24.28	23.74	23.85	23.78	26.13	27.65	28.26	28.17	27.99	27.91	26.22	24.57



Gráfica 4.1 Temperatura media y moda anual, 2008-2012.

En la Gráfica 4.2 se presenta el comportamiento evolutivo considerando las medias mensuales históricas para el periodo 1971-2000 y los años 2005 y 2006 (ubicando el valor, con fines prácticos, en día 15 de cada mes), y las medias diarias para el periodo 2008-2012; observando para éste último periodo una tendencia general cíclica asociada a las estaciones del año, iniciando el descenso de temperaturas a finales del otoño (noviembre) hasta alcanzar los valores más bajos a finales del invierno (febrero), exceptuando los registros de 2012 al registrar los más bajos entrada la primavera (abril), con medias por debajo de 21.0°C. Al término del invierno inicia el ascenso de temperatura alcanzando las máximas en el verano (junio a agosto). Con respecto al patrón de las medias mensuales para los periodos 1971-2000 y 2005-2006, se observó prácticamente el mismo patrón, destacando las bajas temperaturas de 2005, en contraste con las de 2006, medias que incluso sobrepasan las medias diarias del periodo 2008-2012.



Gráfica 4.2 Evolución de la temperatura ambiental media mensual (1971-2000, 2005-2006) y media diaria (2008-2012).

Con respecto a la precipitación pluvial, en la Tabla 4.4 se presentan las normales climatológicas históricas; observando que para el periodo 1971-2000 el mes con mayor precipitación fue Jul_83 con 625.1 mm y el de menor, Abr_97 con 0.3 mm. La máxima precipitación puntual por día se presentó el 02 de Oct_96 con 239.2 mm representando el 49.66% de la precipitación de ese mes (481.6 mm).

Tabla 4.4 Valores para precipitación (mm), 1971-2000.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Max.	458.4	30.0	14.0	0.3	112.0	402.9	625.1	584.5	472.8	481.6	249.7	108.0
Fecha	1992	1992	1997	1997	1974	1993	1983	1996	1992	1996	1976	1992
Max/día	131.5	25.5	13.0	0.3	77.0	113.0	200.0	127.0	188.0	239.2	136.0	54.0
Fecha	1992	1992	1997	1997	1974	1975	1983	1993	1974	1996	1976	1992

Para los años 1993 y 1995 (Tabla 4.5), las mayores precipitaciones se presentaron en Jul_93 (446.3 mm) y Sep_95 (270.7), y la ausencia de lluvias se registró en el periodo de Feb-May_93 y Ene-May_95, Jul-Ago_95 y Oct_95.

Tabla 4.5 Precipitación total mensual (mm), 1993 y 1995.

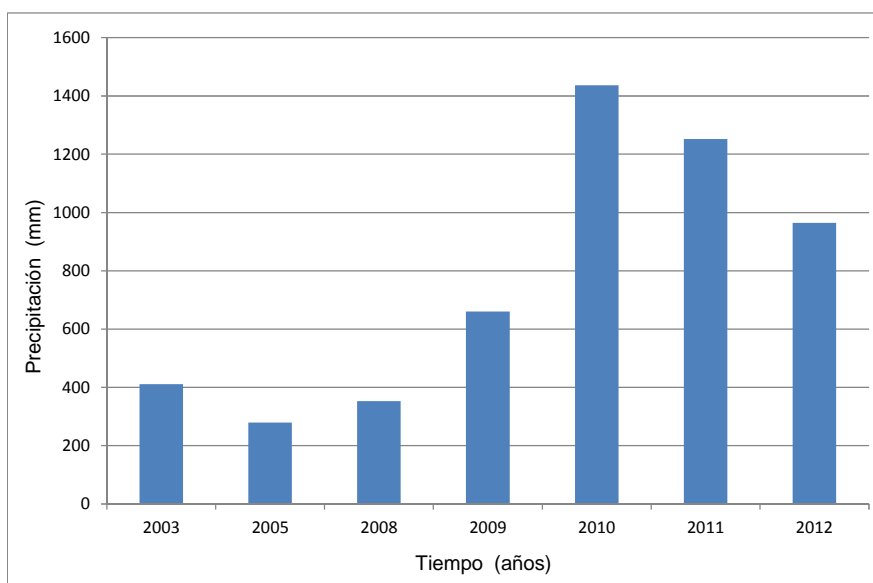
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1993	39.4	0.0	0.0	0.0	0.0	322.2	446.3	334.2	237.3	113.7	60.4	0.0
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	113.6	0.0	0.0	270.7	0.0	8.8	0.2

Para el periodo 2008-2012 (Tabla 4.6), el mayor registro mensual fue en Sep_10 con 510.9 mm, destacando que en noviembre no se registró precipitación en todo el periodo. El mayor volumen acumulado por día se presentó el 11 de Oct_11 con 147.49 mm a causa del Huracán “Jova” (Tabla 4.8 y Gráfica 4.9), seguido de los registros de 139.96 y 103.2 mm registrados el 16 de Sep_10 y 25 de May_12; éstos últimos sin asociación a un fenómeno meteorológico.

Tabla 4.6 Valores para precipitación (mm), 2008-2012. *Meses con registro en 2008.

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*
Max.	31.65	147.1	1.0	2.03	103.9	296.2	444.4	413.4	510.9	323.8	0.0	37.45
Fecha	2010	2010	2011	2009	2012	2012	2011	2010	2010	2011		2009
Max/día	21.59	84.36	0.25	2.03	103.2	76.46	143.7	106.4	139.9	147.4	22.28	35.2
Fecha	2010	2010	2011	2009	2012	2009	2011	2010	2010	2011	2012	2009

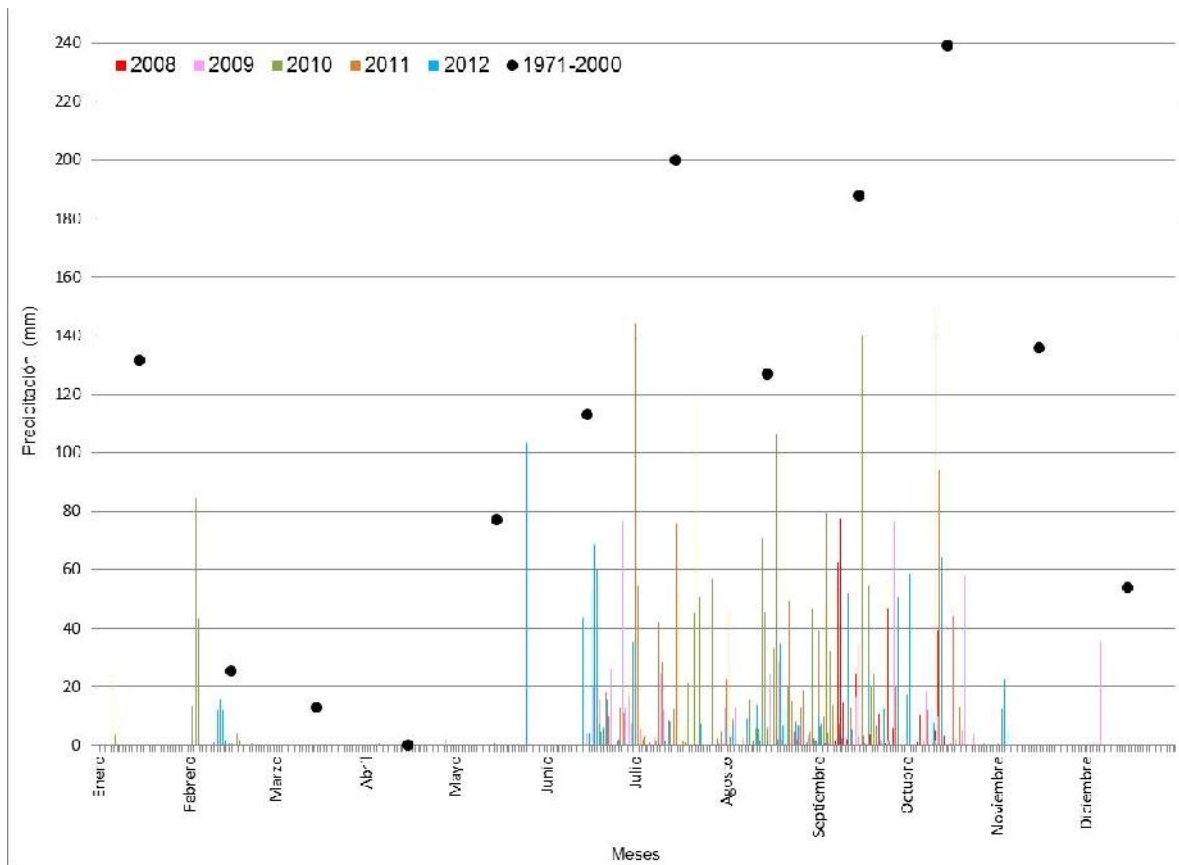
En la Gráfica 4.3, se presenta el acumulado anual, registrando la mayor precipitación en 2010 (1,436.33 mm) y la menor en 2005 (279.5 mm), recordando que los registros de 2008 solo corresponden de septiembre a diciembre.



Gráfica 4.3 Precipitación acumulada anual, 2008-2012.

En la Gráfica 4.4 se presentan los volúmenes de precipitación diarios, considerando tanto los históricos máximos diarios (Tabla 4.5) del periodo 1971-2000 (colocados representativamente los días 15 de cada mes), como los del periodo 2008-2012; resaltando los volúmenes que superaron los 120.0 mm (22 de julio y 16 de septiembre de 2010 y 1° de julio y 11 de octubre de 2011), he históricamente los que superaron los 180.0 mm (en Jul_83, Sep_74 y Oct_96). Así mismo se identifica claramente que el periodo de lluvias es un tanto variante iniciando de mediados de junio o hasta mediados de julio; terminando a finales de octubre. No obstante se presentaron precipitaciones esporádicas en enero y febrero (2010 y 2012, respectivamente), mayo (2012), y noviembre y diciembre (2012 y 2009, respectivamente).

Con respecto al periodo de estiaje, se establecería que en abril y principios de mayo se alcanzan las condiciones más severas. Históricamente si bien los datos corresponden a años diferentes, se confirma la periodicidad de lluvias-estiaje.



Gráfica 4.4 Precipitación pluvial acumulada mensual (1971-200) y diaria (2008-2012).

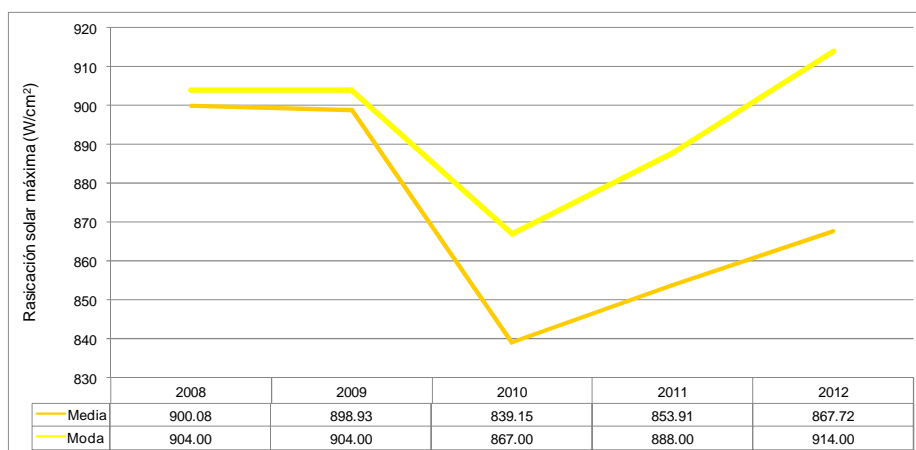
En lo referente a la radiación solar máxima, se presentan los registros obtenidos durante el periodo 2008-2012 (Tabla 4.7), ya que históricamente no se pudieron compilar datos. En ese sentido, la media mensual más baja se registró en Ago_10 con 912.0 W/cm² y la más alta en Oct_08 con 1'445.0 W/cm²; con respecto a los registros por día, la media

mínima se presentó en Ene_10 con 115.0 W/cm² y la máxima en Oct_08 con 1,445.0 W/cm². Las medias mensuales fluctuaron de 760.0 a 949.0 W/cm². La radiación solar máxima media del periodo bajo análisis fue de 867.79 W/cm².

En la Gráfica 4.5 se presenta el análisis anual para el periodo 2008-2012. Para el 2008 y 2009 tanto las medias como las modas fueron muy similares, no así para los tres años posteriores, en donde hubo un descenso drástico en la media de 2009 a 2010, para continuar incrementándose hacia el 2012; en cuanto a las modas, presentaron el mismo comportamiento pero con valores por arriba de las medias, alcanzando las máximas en 2012, incluso por arriba de las registradas en 2008 y 2009.

Tabla 4.7 Valores de radiación solar máxima (W/cm²), 2008-2012. *Meses con registro en 2008.

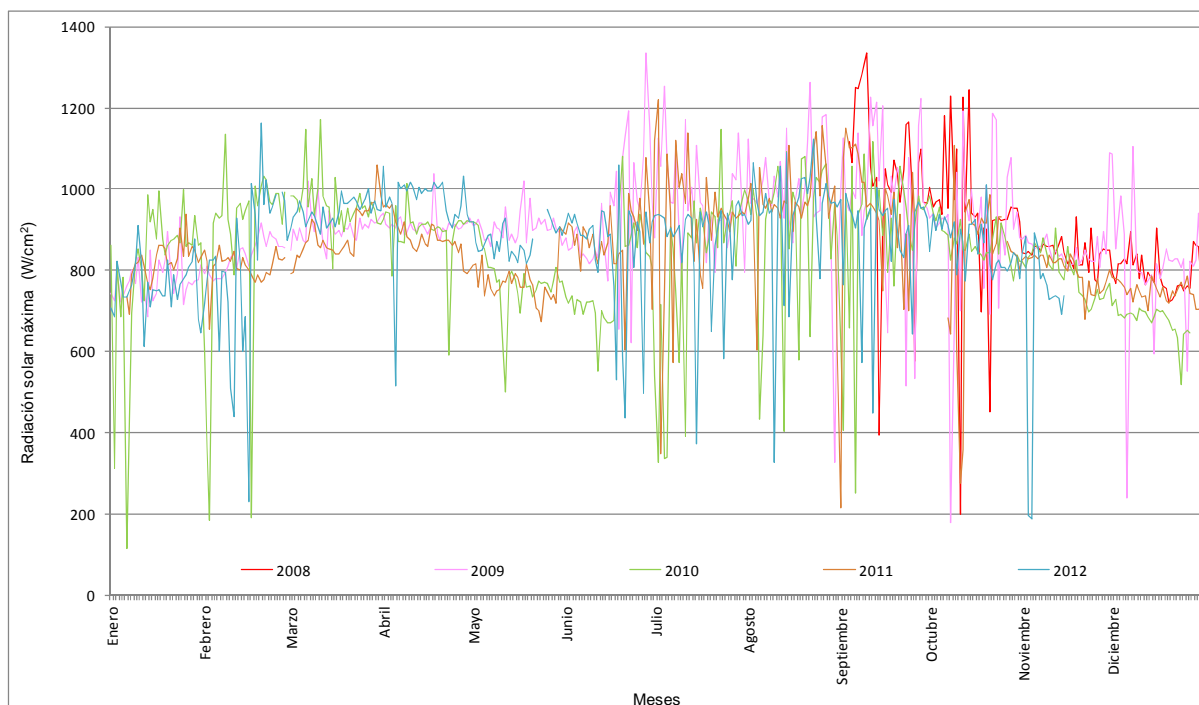
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*
Min.	760.0	809.2	886.7	880.6	770.8	779.4	809.5	912.0	889.4	826.2	703.1	677.1
Fecha	2012	2011	2011	2011	2011	2010	2010	2010	2010	2011	2012	2010
Min/día	115	186	793	515	501	437	328	327	217	179	189	241
Fecha	2010	2010	2011	2012	2010	2012	2010	2009	2011	2009	2012	2009
Max.	821.3	871.6	966.4	966.8	906.6	933.7	971.5	983.2	1042	935.3	854.1	810.3
Fecha	2011	2010	2010	2012	2009	2009	2009	2009	2008	2008	2009	2009
Max/día	999	1162	1170	1055	1021	1336	1253	1262	1336	1445	1090	1104
Fecha	2010	2012	2010	2012	2009	2009	2009	2009	2008	2008	2009	2009
Media	789.7	832.4	925.9	914.3	830.3	859.3	894.9	949.6	947.5	883.1	809.9	760.1



Gráfica 4.5 Radiación solar máxima media y moda anual, 2008-2012.

El comportamiento de la radiación máxima (Gráfica 4.6) evidenció una mayor variación durante el periodo de lluvia (junio-octubre), destacando que en este mismo se registraron los valores más altos, que conforme a lo mencionado anteriormente, correspondieron en

su mayoría a registros obtenidos en 2008 y 2009; en tanto que en el periodo de estiaje los registros en general altos pero con un comportamiento más constante.



Gráfica 4.6 Evolución de la radiación solar máxima diaria, 2008-2012.

La evapotranspiración para el periodo 2008-2012 (Tabla 4.8), evidenció la media más baja en Feb_12 con 2.91 W/cm², y la más alta en May_2009 con 4.61 W/cm². Puntualmente por día la mínima fue de 0.45 W/cm² y la máxima de 5.85 W/cm², ambos registros en Feb_09.

Tabla 4.8 Valores de evapotranspiración (W/cm²), 2008-2012. *Meses con registro en 2008.

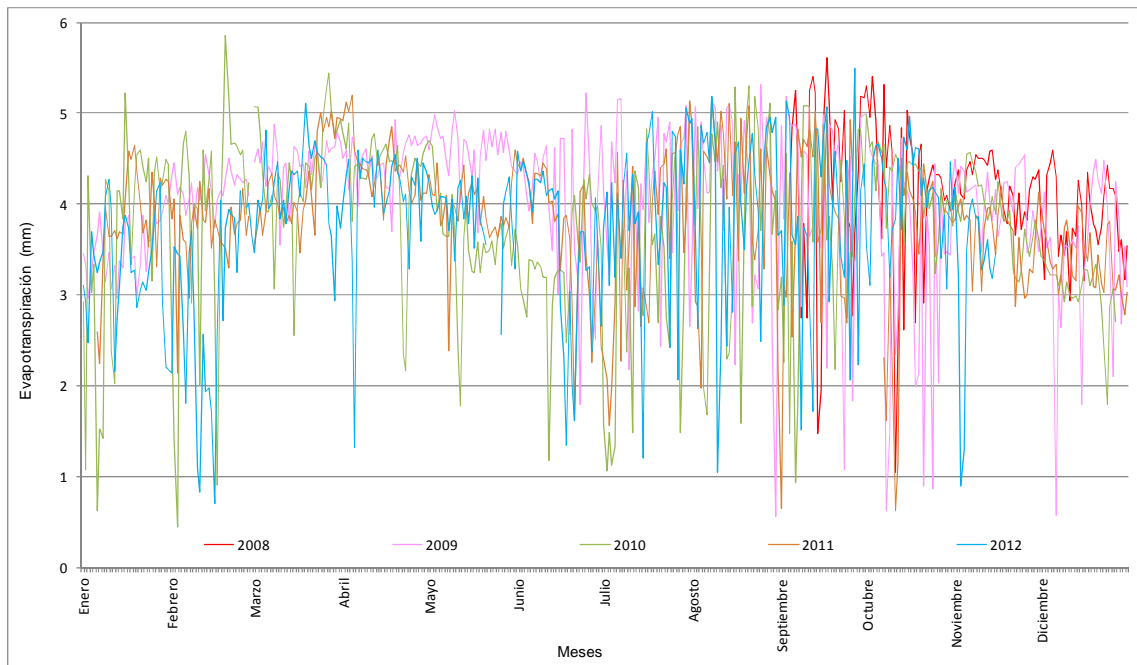
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.*	Oct.*	Nov.*	Dic.*
Min.	3.30	2.91	4.18	4.13	3.61	3.37	3.12	3.89	3.68	3.38	3.27	3.05
Fecha	2012	2012	2012	2012	2010	2010	2010	2010	2010	2009	2012	2010
Min/día	0.62	0.45	2.55	1.32	1.78	1.18	1.06	0.56	0.65	0.62	0.90	0.58
Fecha	2010	2010	2010	2012	2010	2010	2010	2009	2011	2009	2012	2009
Max.	3.85	4.19	4.45	4.48	4.61	4.00	4.12	4.14	4.25	4.23	4.22	3.82
Fecha	2011	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2011	2008	2010	2008	2008
Max/día	2.23	5.85	5.44	5.20	5.03	5.22	5.16	5.31	5.61	5.41	4.60	5.50
Fecha	2010	2010	2010	2011	2009	2009	2009	2009	2008	2008	2008	2008
Media	3.55	3.66	4.30	4.34	4.02	3.66	3.69	4.05	3.93	3.9	3.88	3.77

En la Gráfica 4.7 se presentan las medias anuales del periodo, mismas que evidencian ser similares entre 2008 y 2009 disminuyendo para el periodo 2010-2012. Considerando las modas, a excepción del 2010, predominaron valores por arriba de la media.



Gráfica 4.7 Evapotranspiración media y moda anual, 2008-2012.

En la Gráfica 4.8 se presenta el comportamiento, mismo que al estar asociado a la radiación solar, evidenció también las mayores variaciones en el periodo de lluvias, y en menor grado durante el estiaje.



Gráfica 4.8 Evolución de la evapotranspiración, 2008-2012.

Otro de los aspectos a resaltar es la presencia de fenómenos atmosféricos ya que históricamente se han presentado fenómenos de diversa intensidad, resaltando el Huracán de 1959, con presencia del 23 al 27 de octubre, mismo que dejó una precipitación pluvial 6.1 veces el promedio de precipitación máxima en 24 horas (Padilla Lozoya, R., 2006).

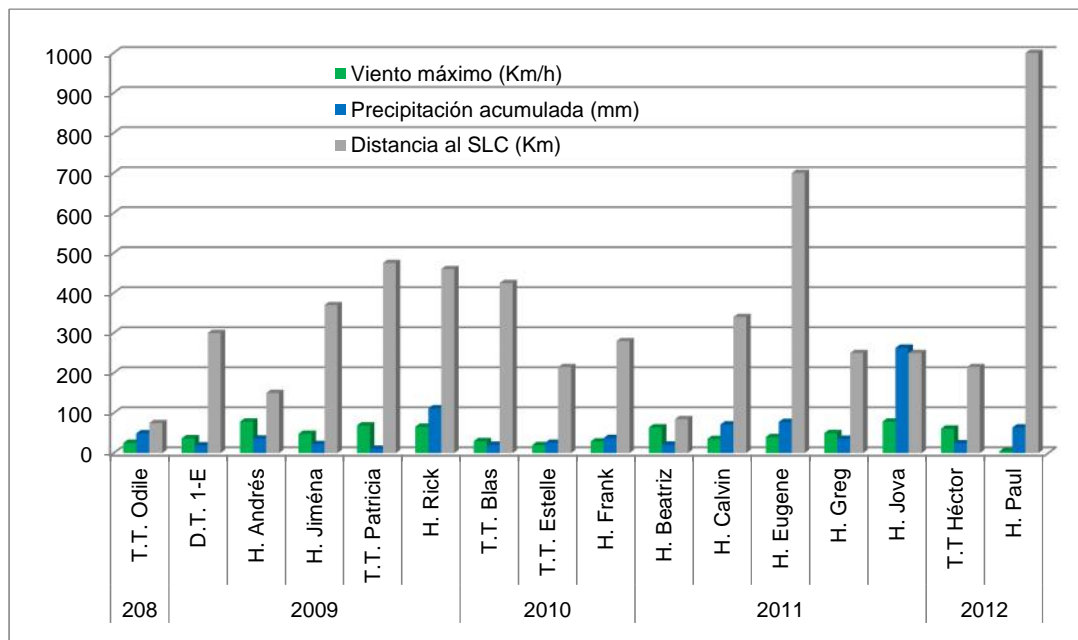
En la Tabla 4.9 se presenta el resumen de los fenómenos meteorológicos más importantes durante el periodo 2008 - 2012, en el Pacífico Mexicano. Como se puede ver, en 2009 y 2011, presentaron cinco fenómenos, registrándose los de mayor categoría en septiembre (H. "Jimena") y octubre (H. "Rick") de 2009, agosto (H. "Eugene") y octubre (H. "Jova") de 2011 y octubre (H. "Paul") de 2012.

Tabla 4.9 Resumen de fenómenos atmosféricos, 2008 - 2012.

NOMBRE	FECHA	CATEGORÍA MÁXIMA (Saffir – Simpson)
Tormenta tropical "Odile"	Del 8 al 12 de octubre de 2008	Tormenta tropical
Depresión Tropical "1-E"	Del 18 al 19 de junio de 2009	Depresión tropical
Huracán Andrés	Del 21 al 24 de junio de 2009	Huracán escala 1
Huracán Jimena	Del 28 de agosto al 4 de septiembre de 2009	Huracán escala 4
Tormenta tropical "Patricia"	Del 11 al 14 de octubre de 2009.	Tormenta tropical
Huracán "Rick"	Del 15 al 21 de octubre de 2009.	Huracán escala 5
Tormenta tropical "Blas"	Del 17 al 21 de junio de 2010	Tormenta tropical
Tormenta tropical "Estelle"	Del 05 al 10 de agosto de 2010	Tormenta tropical
Huracán "Frank"	Del 21 al 28 de agosto de 2010.	Huracán escala 1
Huracán "Beatriz"	Del 19 al 21 de junio de 2011.	Huracán escala 1
Huracán "Calvin"	Del 19 al 21 de junio de 2011	Huracán escala 1
Huracán "Eugene"	Del 31 de julio al 06 de agosto de 2011.	Huracán escala 4
Huracán "Greg"	Del 16 al 21 de agosto de 2011.	Huracán escala 1
Huracán "Jova"	Del 05 al 12 de octubre de 2011.	Huracán escala 3
Tormenta tropical "Héctor"	Del 11 al 16 de agosto de 2012	Tormenta tropical
Huracán "Paul"	Del 13 al 17 de octubre de 2012.	Huracán escala 3

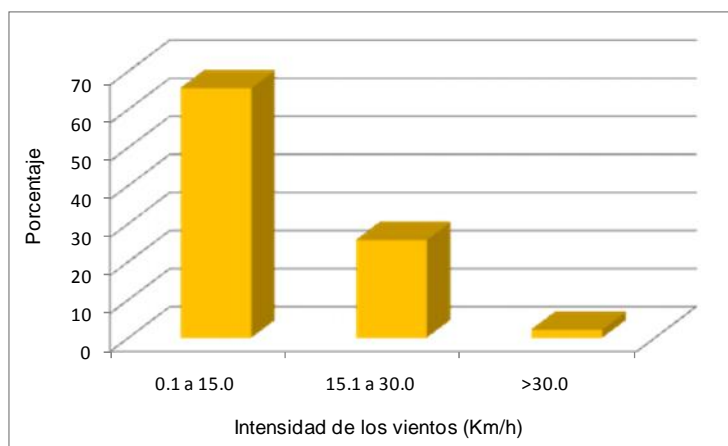
Considerando la ubicación del fenómeno con respecto al SLC, el más cercano fue la Tormenta tropical "Odile" (Gráfica 4.9) pasando a 75.0 km, en tanto que el más alejado fue el Huracán "Paul" a 1,000 km. No obstante el que dejó mayor precipitación pluvial y por lo tanto afectación fue el Huracán "Jova" arrojando una precipitación acumulada de 263.78 mm, seguida de la arrojada por el Huracán "Rick" con 111.92 mm, ya que si bien paso a 460 km, al ser categoría 5, arrojó gran precipitación (datos obtenidos de la EMA).

Por otra parte, en cuanto a intensidad de vientos registrados durante cada evento, tanto el Huracán “Jova” como el Huracán “Andrés” generaron vientos alrededor de 78.0 K/h, aunque la intensidad del viento predominante fue de 0.1 a 15.0 Km/h (Gráfica 4.10) y en menor porcentaje los que superaron los 30.0 km/h.



Gráfica 4.9 Presencia de fenómenos meteorológicos, 2008-2012.

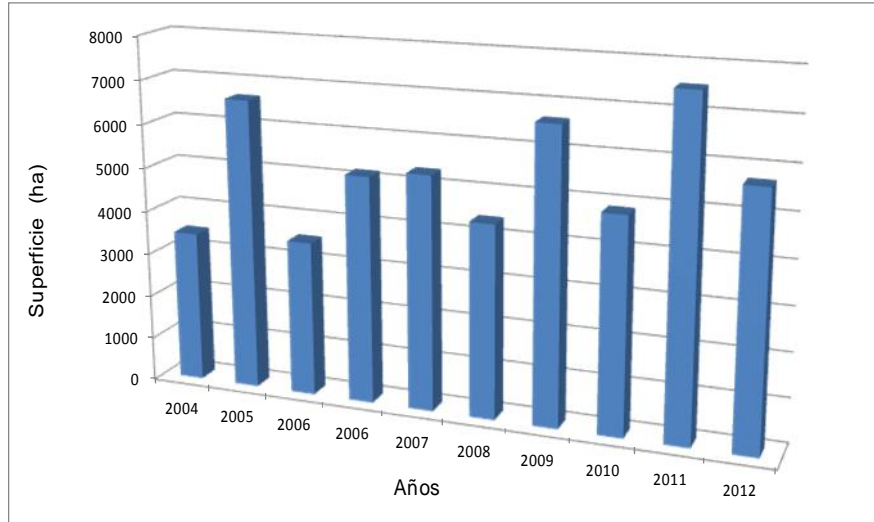
Los vientos provenientes del mar representaron el 54.48%, presentándose con mayor frecuencia los de dirección oeste, en tanto que los que precedieron del continente, con una dirección predominante nornoreste, representaron el 30.59%.



Gráfica 4.10 Frecuencia de intensidad de los vientos, 2008-2012.

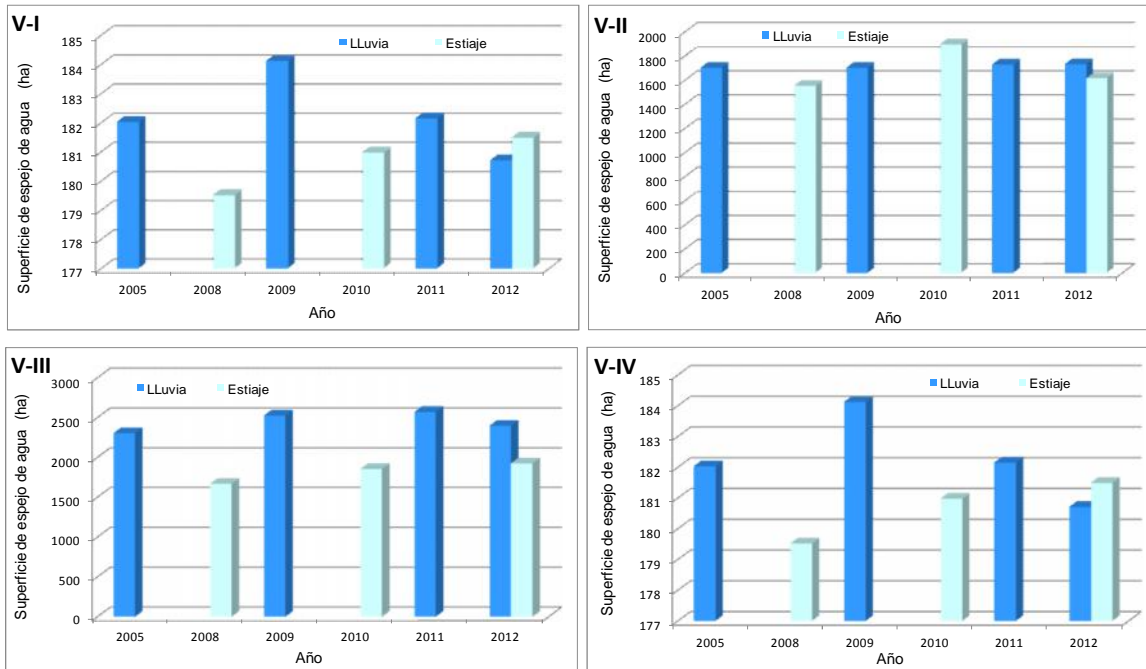
Dinámica del espejo de agua en el SLC

El SLC es un sistema dinámico que varía en cuanto a la superficie que abarca el espejo de agua, y para su evaluación se consideraron los resultados obtenidos mediante imágenes de satélite y ortofotos (CFE, 2012). En la Gráfica 4.11 se presenta la superficie cuantificada, observando fluctuaciones sin un patrón específico anual.



Gráfica 4.11 Comportamiento de la superficie de agua en el SLC (modificada de CFE, 2012).

Por otra parte, en la Gráfica 4.12 se presenta la cuantificación del espejo de agua por vaso considerando los periodos de estiaje y lluvias, a partir de la digitalización de las ortofotos e imágenes de satélite correspondientes (CFE, 2012).



Gráfica 4.12. Evolución del espejo de agua para las temporadas de estiaje y lluvia.

Como se observa, para el V-I el incremento del espejo se evidenció solo bajo condición de estiaje en 1.97 ha considerado 2005 versus 2012, en tanto que para lluvia se evidenció un descenso de 1.32 ha; en el caso del V-II si se registró una tendencia de incremento para ambas condiciones, 30.32 ha para lluvia y 63.42 ha para estiaje; en el V-III también se dio un incremento en ambas condiciones con 94.68 y 256.46 ha, respectivamente; en el V-IV se presentó disminución en 127.74 ha para lluvia y aumento en 821.86 ha para estiaje.

Con respecto a las condiciones de estiaje más severas registradas en el 2008, en la Figura 4.1 se presentan las condiciones de cinco sitios puntuales dentro del SLC.

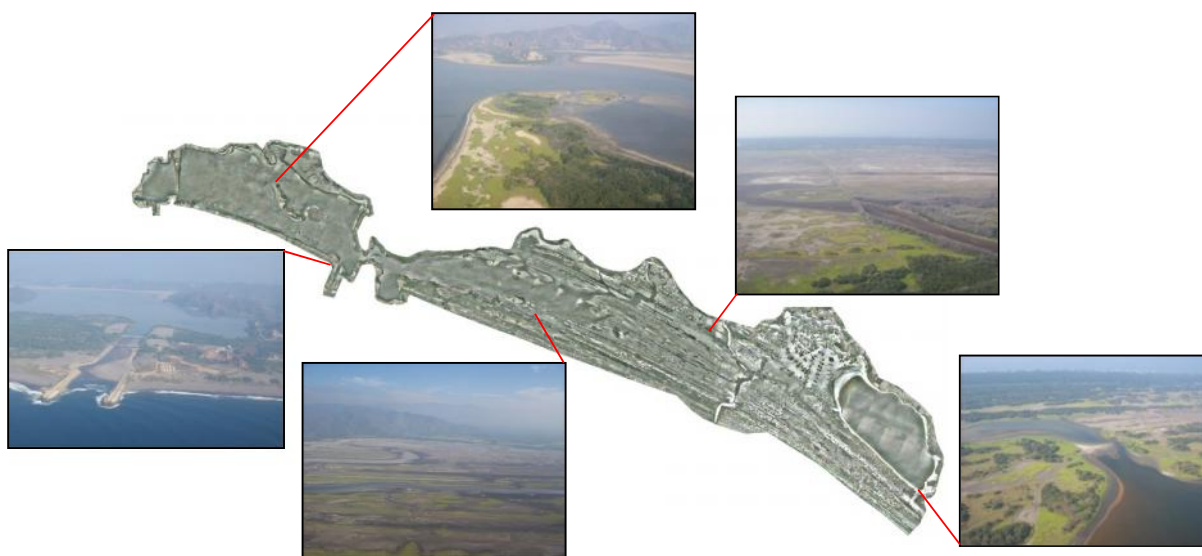


Figura 4.1 Escenarios bajo condiciones de estiaje, 2008.

Descargas de agua al SLC

De acuerdo con los trabajos de Cobo, *et al.*, (1978); en 1978 se identificaron cuatro descargas de aguas negras provenientes de la zona urbana de Manzanillo, una hacia el mar y tres hacia el SLC (Figura 4.2), siendo la primera la mayor con un gasto de 35 L/seg (D4); las otras tres vertían al V-I y V-II registrando dos de ellas un gasto de 5 L/seg (D1 y D3), en tanto que para la descarga (D2), no reportó gasto, mencionando tan solo que el mismo era menor que las otras.

Dichas descargas pasaban originalmente por tanques de tratamiento, previo a su salida al mar o al SLC, pero en su momento, el Ayuntamiento de la Ciudad informó que los mismos no habían tenido mantenimiento alguno en los últimos cinco años; por lo que se consideró que dichas descargas no contaban con tratamiento alguno. Adicionalmente se identificaron descargas de las casas aledañas al SLC sin recabar información precisa (Cobo, *et al.*, 1978).

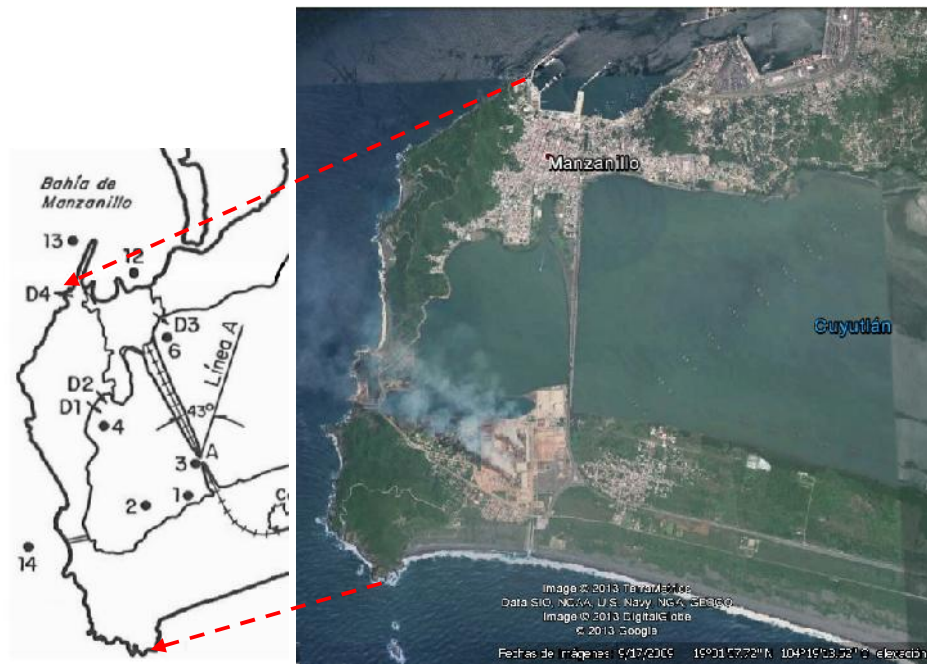


Figura 4.2 Descargas de aguas negras, 1978 (modificada de Cobo, *et al.*, 1978).

Para el 2010 la Universidad de Colima había registrado 36 puntos de descarga de aguas residuales en SLC, concentrados en su mayor parte en los vasos I y II (Figura 4.3), mismos que fueron verificados en compañía de la autoridad municipal en materia de agua (CAPDAM). Para la evaluación se dividió la ubicación de las descargas en ocho zonas asociadas:



Figura 4.3 Descargas de aguas residuales en los vasos I y II del SLC, 2010.

(1) Comunidad de Campos: En esta comunidad se encontró una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), misma que se construyó hace aproximadamente ocho años con una capacidad de 5.0 lps, la cual no cumple con las condiciones particulares de descarga para dicho cuerpo de agua según la autoridad competente (CAPDAM), por lo que la misma propone modificar el sistema de aireado. Esta PTAR opera con un proceso aerobio y antes de descargar se clora el agua. A simple vista se observa que no es agua de buena calidad, ya que presentaba olor fétido, turbidez y espuma.

En esta zona, se habían establecido siete puntos de descarga, mismos que la autoridad consideró como una sola, y que desemboca antes de la barrera de Mangle con la laguna (V-II) en donde se forma una zona de estancamiento generando mal olor. En ese sentido se asume que ocurren procesos de degradación y aporte de agua contaminada al sistema lagunar.

Por otra parte en esa misma zona se ubica una granja de cultivo de camarón, misma que eventualmente descarga agua proveniente de la limpieza de los estanques, aportando agua con sólidos y fertilizantes utilizados para dicha actividad.

(2) Colonia Bonanza: En esta zona se habían señalado dos puntos de descarga, en el recorrido con la autoridad no se encontraron dichas descargas, ya que de acuerdo con información proporcionada por CAPDAM, esta colonia tiene red sanitaria que descarga en una PTAR ubicada en Salagua y no se observan a simple vista descargas. Cabe mencionar que las únicas descargas aparentes son pluviales. Se realizó una toma de muestra microbiológica en el V-I por parte de CAPDAM, reportando 930 UFC/100 mL, prueba de existencia de descarga de aguas negras en esta zona.

(3) Colonia Padre Hidalgo: En este sitio se reportó un punto de descarga de tipo pluvial, mismo que se corroboró en el recorrido realizado. En cuanto a los otros puntos ubicados en la zona se observó que eran descargas de aguas residuales y pluviales provenientes del centro de Manzanillo, las cuales corresponden al canal existente en la unidad Padre Hidalgo. Se observó el ingreso de aguas grises predominantemente.

Según la autoridad, las aguas negras provenientes del centro de Manzanillo son captadas por la red sanitaria y conducidas al cárcamo de bombeo Padre Hidalgo, las cuales son enviadas al cárcamo de la Av. México y posteriormente a la estación de bombeo 1, descargando en la PTAR de Salahua.

(4) El Túnel y Colonia Libertad: En la zona del túnel se identificaron dos puntos de descarga, zona que a razón de la autoridad está provista con red de drenaje, sin embargo

se observan descargas domiciliarias de aguas grises y negras, que son intermitentes, consecuencia de las actividades urbanas.

Adjunto en la Colonia Libertad se habían señalado otros dos puntos, uno de tipo pluvial y otro identificado por la autoridad como descarga de agua residual intermitente, originada por el desfogue de la Estación 2 de re-bombeo (Alamedas). En dicho sitio se tomó una muestra microbiológica por CAPDAM, reportando 21 000 000 UFC/100 mL. Cabe mencionar que la autoridad comentó que dicho excedente dejaría de ser vertido a la laguna cuando se lleve a cabo la construcción de la nueva PTAR en esta zona, misma que esta propuesta pero sin fecha de construcción debido a la falta de presupuesto.

(5) Punta Grande: Los dos puntos ubicados en esta zona correspondieron a drenes pluviales utilizados para la descarga de aguas residuales, ya que no existe una PTAR para su tratamiento.

(6) Punta Chica: En esta zona se ubicaron tres puntos, informando la autoridad que debido al taponamiento del drenaje por exceso de sólidos de gran tamaño arrastrados por agua pluvial, las aguas residuales no tienen una conducción adecuada, lo cual se refleja en encharcamientos. Así mismo durante el recorrido en las colonias Ignacio Zaragoza y Leandro Valle se informó que las mismas no cuentan con drenaje, debido a que no existe conexión hacia el drenaje municipal. Derivado de esto los habitantes siguen utilizando fosas sépticas para vertido de aguas negras, mientras que las aguas grises tienen un escurrimiento sin control.

(7) El Colomo: Los tres puntos identificados se simplificaron en un dren que escurre hasta el V-II, cabe mencionar que la autoridad identificó tres zonas de confluencia: el agua tratada de la PTAR de El Colomo, escurrimientos de desechos de criadero de cerdos y limpieza de sanitarios de renta. La PTAR, con capacidad de 10 lps, trabaja con un sistema de lodos activados con aireación por burbuja fina, obteniendo un efluente en condiciones particulares de descarga.

(8) Estación de servicio: El punto ubicado en esta zona cuenta con una PTAR diseñada con un sistema aerobio, la cual está fuera de operación. A simple vista se descartó la presencia de una descarga de aguas negras al SLC, sin embargo se utilizan fosas sépticas.

4.2 Factores bióticos

Vegetación

En la Figura 4.4 se presenta las imágenes histórica extraída de la sección “emapas” del INECC; en la cual se observa el cambio de vegetación y uso del suelo de 1976 a 2008 (INECC, 2012). Para el caso de las inmediaciones del SLC se mantuvo la agricultura de riego y humedal sin cambio (color amarillo) y otro tipo de vegetación primaria sin cambio (color verde oscuro), la cual se puede asociar a vegetación halófila.

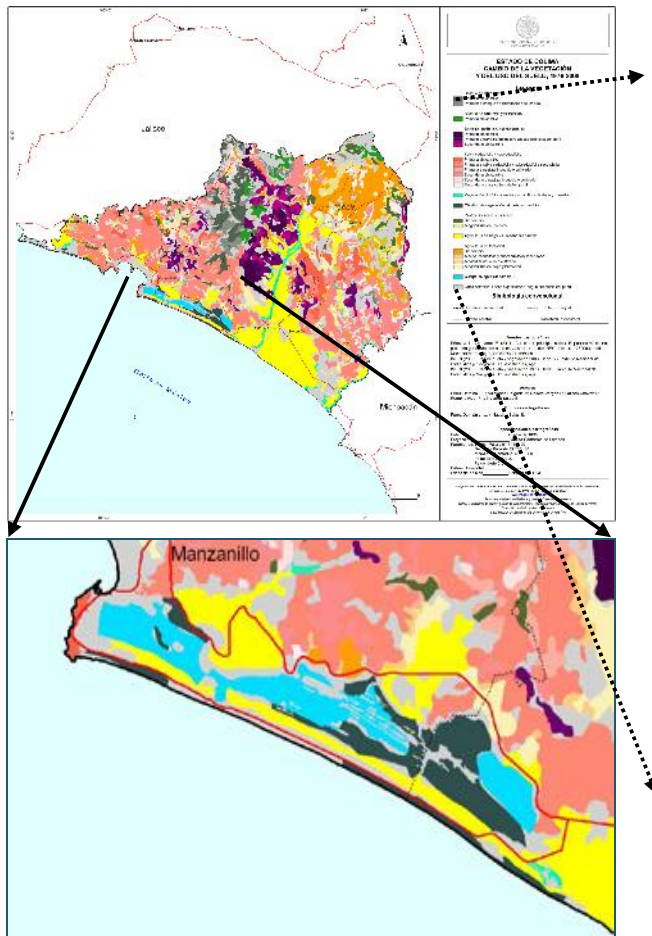


Figura 4.4 Cambio de la vegetación y uso del suelo, 1976-2008 (INE, 2012).

Con base en los estudios de la CONABIO (2009), el estado de Colima presenta específicamente una cobertura de manglar de 3'074.0 ha, mismas que no están protegidas. Por otra parte identificaron dos sitios con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación, uno es la Laguna Barra de Navidad (en conjunto con Jalisco) y la Laguna de Cuyutlán, ambos sitios identificados como PC11 y PC-13, respectivamente, en la Figura 4.5 se presenta la ubicación del manglar en el sitio PC-13, teniendo presencia principalmente en el V-III y en la zona del Estero Palo Verde, al sureste del V-IV.



Figura 4.5 Distribución de manglar en el sitio PC-13-Laguna de Cuyutlán (CONABIO, 2009).

Téllez García (2010) trabajó en las inmediaciones el Estero Palo Verde (Figura 4.6), determinando que 10 de las unidades de muestreo se localizaron en zonas con condiciones de escasa presencia de agua en las cuales predominaba *Laguncularia racemosa*; 26 dominadas por *Rhizophora mangle* ubicadas en zonas totalmente inundadas, en tanto que las unidades con *L. racemosa* y *R. mangle* se encontraron en lugares con menor inundación.

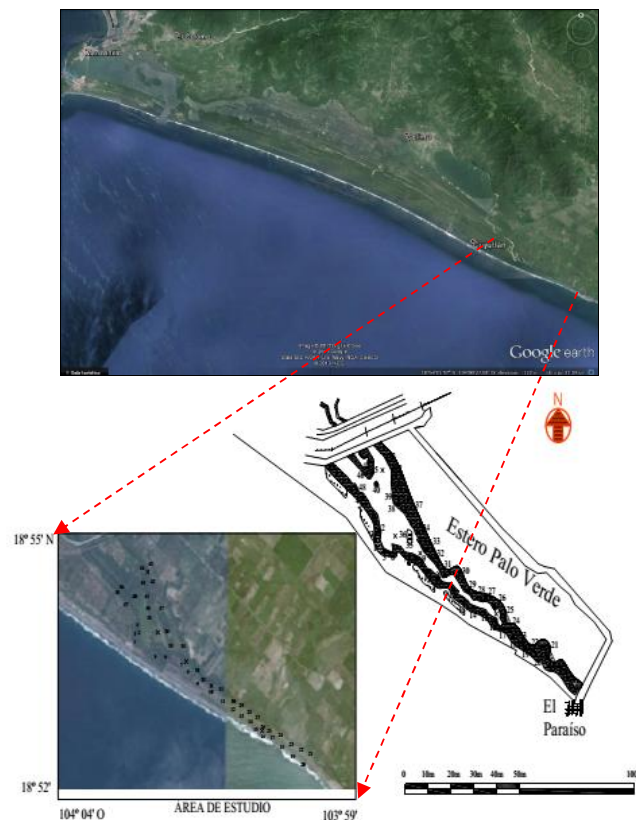


Figura 4.6 Localización de unidades de muestreo en el Estero Palo Verde (Téllez García, 2010, modificado).

En general se determinó que el mangle predominante era de tipo ribereño con predominancia de rodales de *R. mangle* (1,367 árboles/ha), seguido por los de *L. racemosa* - *R. mangle* (980 árboles/ha) y finalmente por los de *L. racemosa* (680 árboles/ha - Téllez García, 2010).

En cuanto a la altura el mangle en el Estero Palo Verde era bajo, al reconocer una altura máxima de 11.8 m y un diámetro de 18.5 cm consistente a un valor intermedio. Con respecto al área basal, las unidades de muestreo registraron valores de 19.1 m²/ha (*L. racemosa*), 14.1 m²/ha (*L. racemosa* - *R. mangle*) y 13.7 m²/ha (*R. mangle*), mismos que se consideran bajos, por lo que se estableció que el mangle en la zona no era de edad madura. En cuanto al volumen de madera se obtuvieron los siguientes valores: 68.8 m³/ha (*L. racemosa*), 44.4 m³/ha (*R. mangle*) y 23.0 m³/ha (*L. racemosa* - *R. mangle*), estableciendo un volumen general para el estero de 45.4 m³/ha, mismo que se consideró bajo. Con relación a la regeneración natural, se presentaron los siguientes registros: 624 individuos/ha (*R. mangle*), 326 individuos/ha (*L. racemosa* - *R. mangle*) y 143 individuos/ha (*L. racemosa*) y de manera general con 364 individuos/ha (Téllez García, 2010).

Conforme a los estudios en el periodo 2008-2012, el SLC presenta manglares de cuatro especies (Figura 4.7), predominantemente *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) en las intersecciones de V-I y V-II, *R. mangle* (mangle rojo) al sur de V-III, *L. racemosa* (mangle blanco) al sur de V-III y V-IV y, *Avicennia germinans* (mangle negro, madre de sal) al norte de V-II.

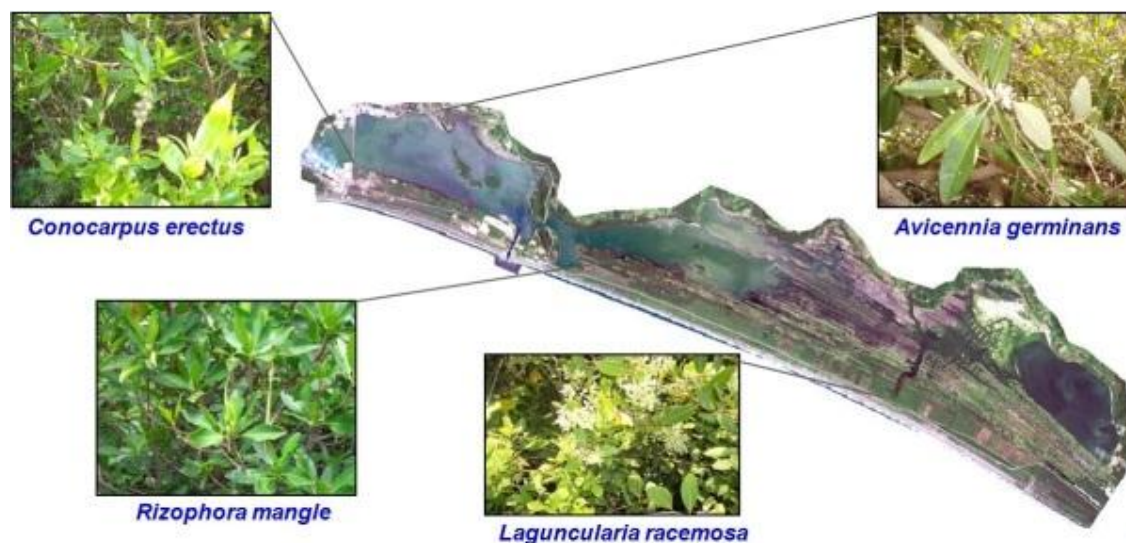
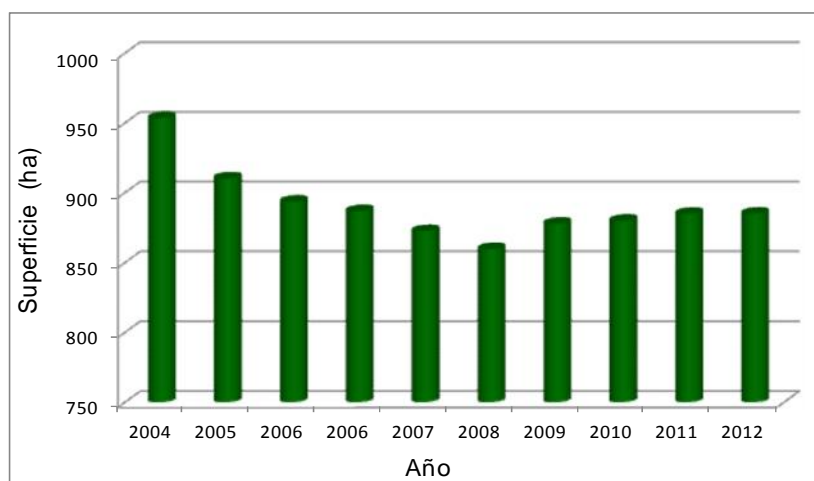


Figura 4.7 Especies de mangle distribuidas en la zona de estudio Laguna de Cuyutlán (CFE, 2012).

En la Gráfica 4.13 se presenta el comparativo temporal de las superficies cuantificadas para manglar en el SLC.

Como se observa, de 2004 a 2008 hubo un descenso en la superficie del manglar en aproximadamente 94.0 ha., para posteriormente incrementar ligeramente en unas 25.0 ha., para el 2012; siendo más rápido el descenso que la recuperación.



Gráfica 4.13 Evolución de la superficie vegetal de manglar (CFE, 2012-modificado).

Buenrostro Marical (1999), presentó información en porcentaje de la presencia de vegetación de manglar y manglar muerto en cuatro zonas de las márgenes del SLC:

Z-I.- Comprendió lo que ahora sería el V-I y V-II

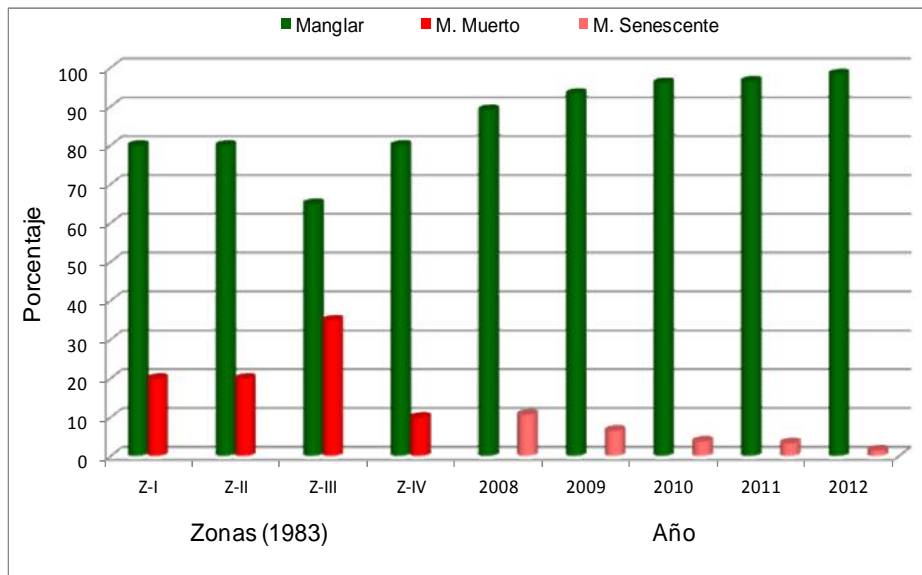
Z-II.- Comprendió la mitad oeste del V-III

Z-III.- Comprendió la segunda mitad (lado este) del V-III hasta las compuertas

Z-IV.- Comprendió la parte este el vaso IV, pasando las salineras hasta el Puente Estero Palo Verde.

En la Gráfica 4.14 se esquematizan los porcentajes de mortandad de mangle por zona, con un promedio de 24.25% de mangle muerto, en contraparte del porcentaje de mangle senescente registrado en el periodo del 2008 al 2012, el cual representó en promedio el 5.25%. Cabe mencionar que en la información presentada por Hinojosa Rodríguez, P. (1999), no se estableció la definición de muerto o los parámetros para definirlo, en el caso de la definición de senescente hace referencia al proceso de envejecimiento de los ejemplares. No obstante asumiendo una similitud, se observa que la proporción deteriorado disminuyó en los últimos cinco años.

En general los registros fotográficos del 2011 con respecto a los obtenidos en el 2008, el manglar evidencio una mejora, en la Figura 4.8, se ejemplifica dicho mejoramiento a partir de regeneración y recuperación natural en la zona del dique salinero entre el V-III y V-IV.



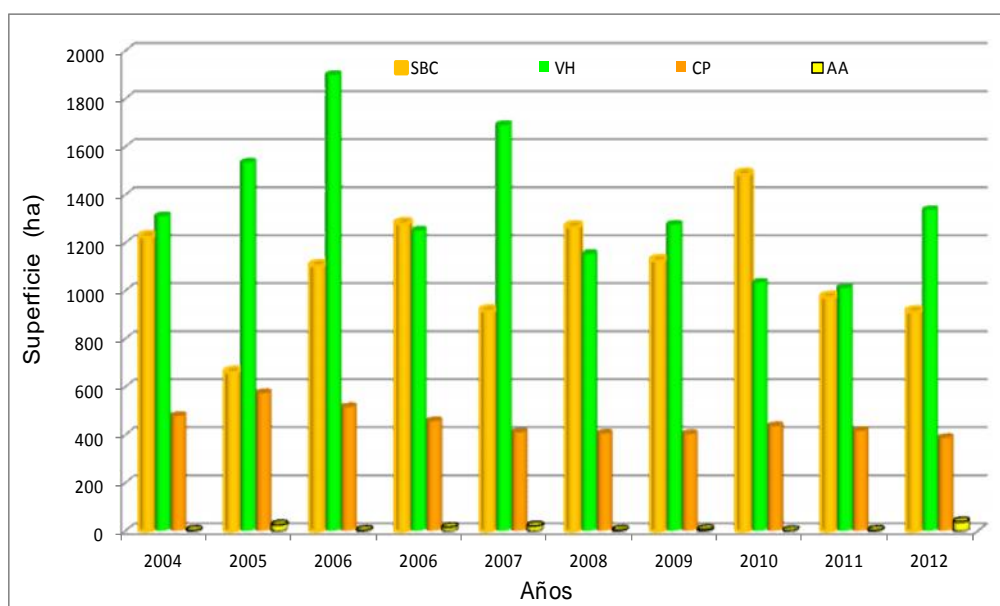
Gráfica 4.14 Porcentaje de mangle, mangle muerto (1983) y mangle senescente (2008-2012).



Figura 4.8 Regeneración natural de manglar en la zona del dique salinero considerando el 2008 (parte superior) y el 2011 (parte inferior).

Con respecto a otro tipo de vegetación, en la Gráfica 4.15 se presenta la evolución de la selva baja caducifolia (SBC), vegetación halófila (VH), cultivos perenes (CP) y áreas agrícolas (AA).

Como se puede observar las SBC y la VH, son las que han evidenciado mayor variación de superficie, siendo más estable la de los CP. Las AA del 2004 al 2007 presentaban un incremento, mismo que se vio frenado en el 2008 al disminuir la superficie asociada a la sequía que se presentó en la zona, manteniéndose baja hasta el 2012, cuando se vuelve a incrementar la superficie por arriba de lo alcanzado en el 2005 y 2007.



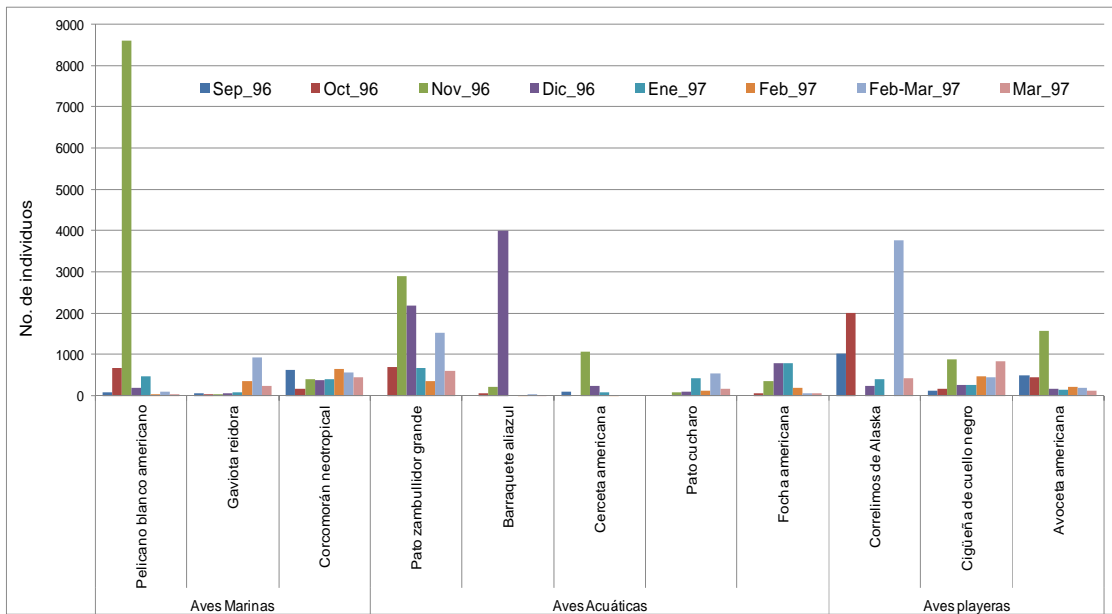
Gráfica 4.15 Porcentaje de SBC, VH, CP Y AA.

Por otra parte, se ha reportado específicamente *Batis marítima*, *Distichlis spicata* y *Atriplex spp.* En los bordes del SLC y en los parches de vegetación en manchas superficiales (Mellink y de la Riva 2005).

Fauna

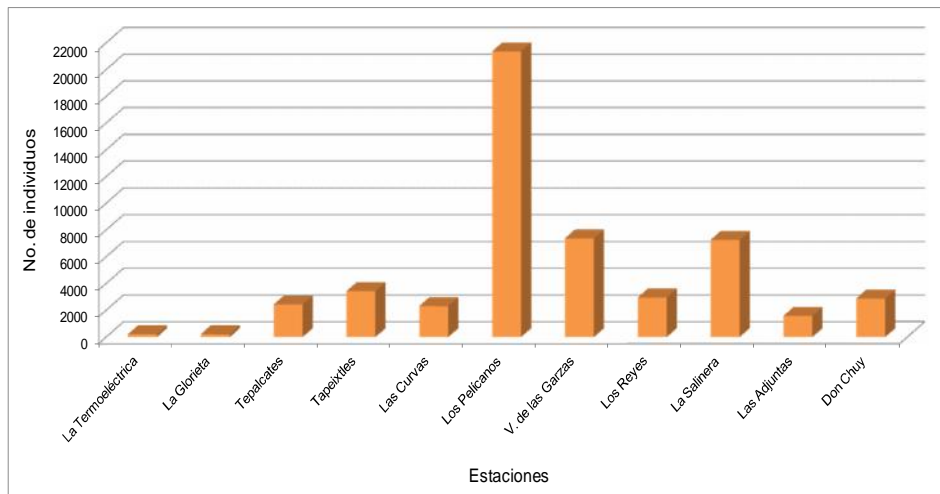
El SLC es de gran importancia para las aves acuáticas, Mellink, E. y de la Riva, G. 2005, realizaron un estudio de aves acuáticas durante el periodo de Sep_96 a Mar_97. Durante el estudio contabilizaron un total de 54,370 individuos de 57 especies acuáticas, 11 de ellas representaron el 90% (Gráfica 4.16), evidenciando una fuerte variación temporal pero los picos de abundancia reflejaron variaciones de solo algunas especies, resultado de los movimientos migratorios. Los incrementos fueron en Nov_96, para el pelicano blanco americano (*Pelecanus erythrorhynchos*), pato zambullidor grande (*Oxyura jamaicensis*) y cerceta americana (*Anas carolinensis*); Dic_96 para el barraquete aliazul (*Anas discors*), pato zambullidor grande (*Oxyura jamaicensis*) y focha americana (*Fulica americana*) Oct_96 para el correlimos de Alaska (*Calidris mauri*), y Feb-Mar_97 para la gaviota reidora (*Leucophaceus atricilla*) y corcomorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*), ambas especies con reproducción en el SLC.

En la Gráfica 4.17 se evidencia el número total de ejemplares que encontraron por estación, resaltando la estación Los Pelicanos como la de mayor presencia de individuos, estación que se ubica al noreste del V-II, seguida de la estación La Salinera ubicada al norte del V-III, así como la estación en la Laguna del Valle de las Garzas, en tanto que las de menor presencia fueron La termoeléctrica y La Glorieta, asociado a la presencia actividad industrial y asentamientos urbanos, respectivamente.



Gráfica 4.16. Abundancia mensual de las 11 especies más comunes de aves (Elaborada con datos de Mellink y de la Riva, 2005).

Por otra parte y con respecto al tipo de aves, las marinas predominaron en las estaciones La Termoeléctrica y La Glorieta, aves marinas en conjunto con aves acuáticas en Tepalcates y Tapeixtles, aves marinas y acuáticas en conjunto con aves playeras en Las Curvas y Los Pelicanos; en la estación Valle de las Garzas predominaron las aves acuáticas y en La Salinera, Las Adjuntas, Los Reyes y Don Chuy, abundaron las aves playeras.



Gráfica 4.17. Número de individuos por estación de observación.

Con respecto al periodo 2008-2012; para el semestre Jul-Dic_12, se registraron 10,337 individuos agrupados en 118 especies de vertebrados, distribuidos con forme se muestra en la Figura 4.9. Del total de especies, el 26% son endémicas y en tanto que el 11% corresponden a alguna categoría de riesgo.

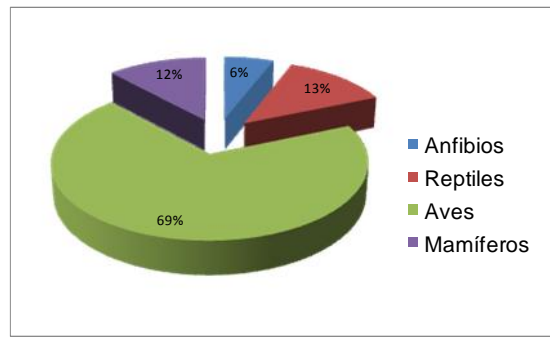


Figura 4.9 Porcentaje de vertebrados por grupo, Jul-Dic, 2012.

La evolución de promedios de los indicadores para el periodo 2008-2012 se presenta en la Figura 4.10; observando que la riqueza en los cuatro grupos se vio disminuida principalmente en el periodo Jul-Dic_09 recuperándose para los siguiente periodos, principalmente para las aves y anfibios, manteniéndose para los mamíferos y reptiles.

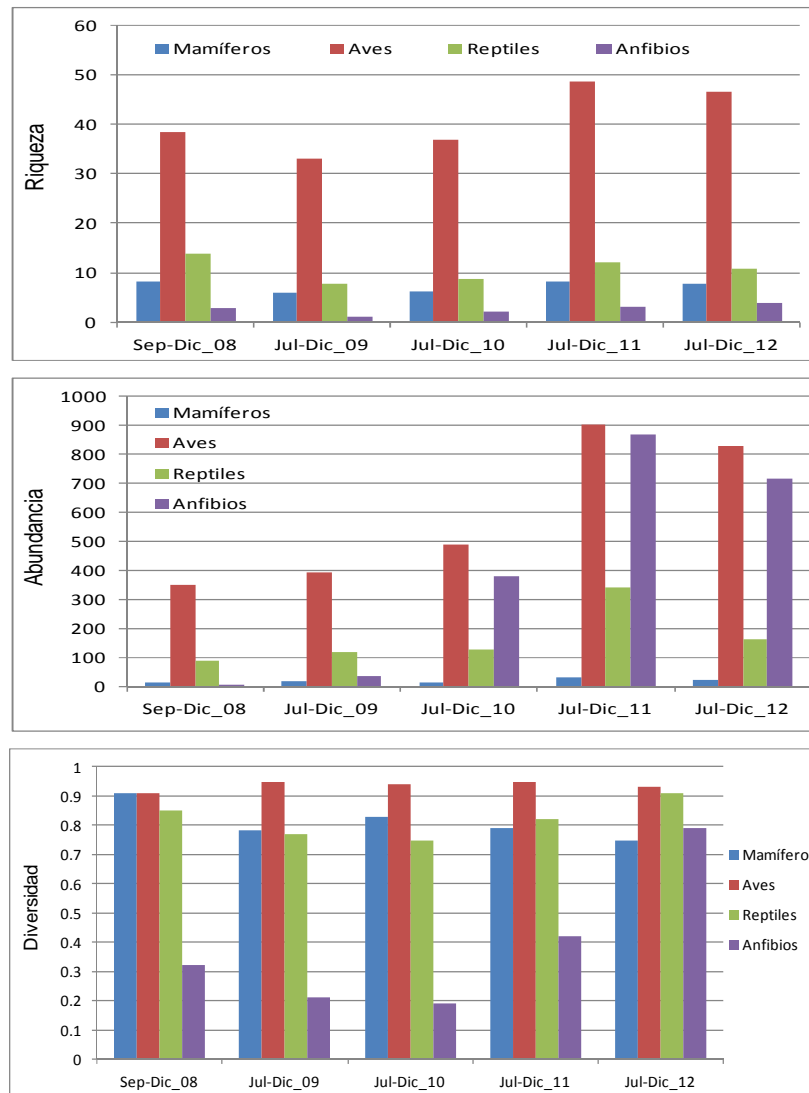


Figura 4.10 Evolución de indicadores para el periodo 2008-2012.

La abundancia despuntó en el 2011 y 2012 tanto para aves como para anfibios, en menor grado para reptiles y para los mamíferos fue más constante el comportamiento. En cuanto a la diversidad en los distintos grupos se mantuvo en niveles altos y aceptables.

Organismos acuáticos

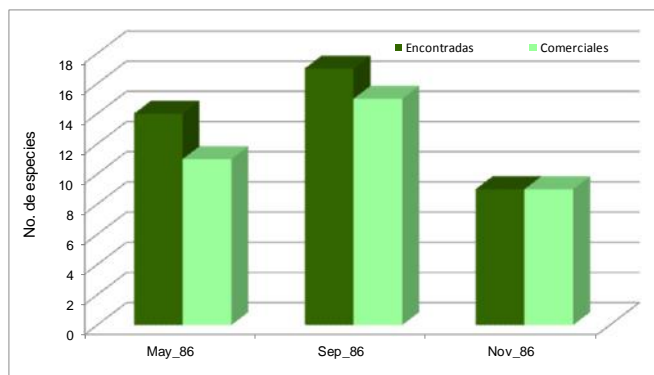
En 1977, Cobo, *et al.* (1978), reportaron 26 especies de peces, a partir de observaciones de las capturas realizadas por los pescadores en el SLC, antes de la apertura del Canal Ventanas, careciendo de resultados cuantitativos; en la Tabla 4.10 se presenta el listado de dichas especies.

Tabla 4.10 Peces identificados en el SLC, 1977 (Adaptado de Cobo, *et al.*, 1978).

NOMBRE COMÚN (NOMBRE CIENTÍFICO)		
Pez medio (<i>Achirus maxatlanus</i>)	Malacapa (<i>Diapterus peruvianus</i>)	Pargo (<i>Menidia beryllina</i>)
Cuatete (<i>Arius semanni</i>)	Chococo (<i>Dormitator latifrons</i>)	Pejerrey (<i>Microgebius miraflorensis</i>)
Anchoa (<i>Anchoa panamensis</i>)	Chompisa (<i>Eleotris sp.</i>)	Gualicoche (<i>Mugil cephalus</i>)
Anchoa (<i>Anchovia macrolepidota</i>)	Blanquita (<i>Eucinostomus sp.</i>)	Lisa (<i>Mugil curema</i>)
Jurel (<i>Caranx victus</i>)	Mojarra rayada (<i>Gerres cinereus</i>)	Lenguado (<i>Paralichthys sp.</i>)
Robalo prieto (<i>Centropomus nigrescens</i>)	Guavina (<i>Gobiomorus maculatus</i>)	Chile (<i>Sinodas sp.</i>)
Sardina (<i>Cereugraulide mysticetus</i>)	Chupalodo (<i>Govionellus microdon</i>)	Piña (<i>Oligoplites altus</i>)
Sabalote (<i>Chanos chanos</i>)	Sardina (<i>Harengula thissina</i>)	Ronco (<i>Umbrina xanti</i>)
Corvina (<i>Cynoscion xantulus</i>)	Aguja (<i>Hyporhamphus patris</i>)	

Conforme a los trabajos realizados por Reyes Trotti y Serrano Pinto (1988), en la Gráfica 4.18 se presentan las especies encontradas en cada colecta, recordando que la misma se realizó a partir de una cooperativa, evidenciando una mayor abundancia por especie en Sep_86, no obstante se observa que en general más del 75% de las especies colectadas son de importancia comercial.

Por otra parte reportaron como especies más abundantes y con presencia todo el año (excepto el camarón): jaiba (*Callinectes arcuatus*), mojarra (*Gerres cinereus*), camarón café (*Penaeus californiensis*), lisa (*Mugil curema*), malacapa (*Diapterus peruvianus*), cuatete (*Ariopsis liropus*) y pargo (*Lutjanus sp.*), no obstante la abundancia por evento fue variable.



Gráfica 4.18 Número de especies nectónicas por evento.

Con respecto a los trabajos de Cabral Solís y Espino Barr (2004), en los 18 meses de muestreo (1999-2000), se capturaron 1,719 organismos, identificando 33 especies, de las cuales cinco fueron las incluyeron al 80% de los organismos, mojarra (*Gerres cinereus*), lisa (*Mugil curema*), mojarra plateada (*Eucinostomus argenteus*), malacapa (*Diapterus peruvianus*) y sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), mismas que estuvieron presentes de 10 a 16 meses, a excepción de la mojarra plateada, presente sólo en dos meses.

En la Figura 4.11 se presenta la evolución del número de individuos y especies que obtuvieron, en el primer caso con registros por debajo de 200 organismos, a excepción de caso en un rango de Oct_99, con un registro de 300 individuos; en tanto que para especies el rango fue de 4 a 16.

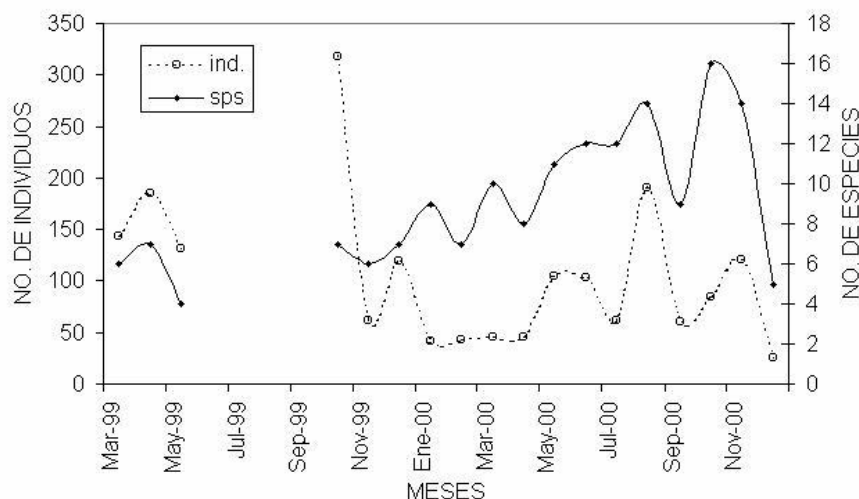


Figura 4.11. Número de individuos y especies registrados por mes, 1999-2000 (Cabral Solís, E. G. y Espino Barr, E. 2004)

En la Figura 4.12 se presenta la información por estación, reportando un descenso entre las estaciones 11 y 21, mismas que corresponden a los vasos III (estaciones 11-14) y IV

(estaciones 15-21); en tanto que las estaciones en las que registraron el mayor número fueron las que se ubicaron al este de V-II (estaciones 3 y 4).

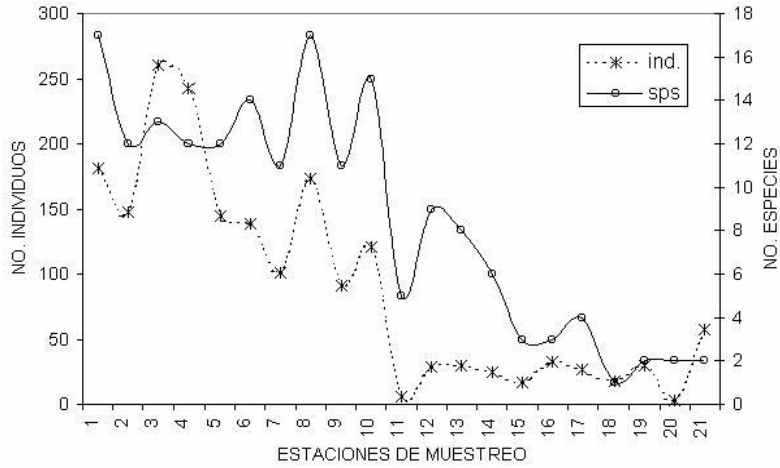
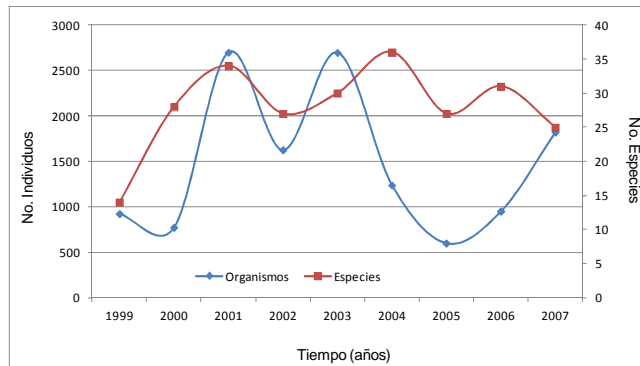


Figura 4.12. Número de individuos y especies registrados por estación, 1999-2000 (Cabral Solís y Espino Barr, 2004)

Cabral Solís (2011) colectó 13,334 organismos en el periodo 2009-2007, identificando 62 especies, 58 peces y 4 crustáceos. Siendo las especies más abundantes lebrancha (*Mugil curema*), malacapa (*Diapterus peruvianus*) y rayada (*Gerres cinereus*), con 32.08, 26.89 y 11.73% de abundancia respectivamente.

En la Gráfica 4.19 se presenta la distribución anual del número de organismos y especies recolectadas (Cabral Solís, E. G., 2011), siendo 2001 y 2003 los años con mayor número de individuos colectados, con 2,700 y 2,697, respectivamente; siendo el 2005 cuando se registró la menor cantidad con 600 individuos. Con respecto a número de especies, el mayor número se presentó en el 2004 con 36 y el menor en 1999 con 14 especies, siendo notorio que eliminando este último valor, el total de especies fluctuó en un rango de 27-36.



Gráfica 4.19 Número de individuos y especies anual (Realizada con datos de Cabral Solís, 2011).

En la Figura 4.13 se presenta la distribución de individuos por estación de muestreo, siendo la de mayor abundancia la No. 12 con 1,665, misma que se ubicó en un área cercana al Canal Tepalcates; en tanto que la menor abundancia fue la 14 con 362.0, ubicada cerca del área de las salineras, caracterizada por ser muy somera; asociando en ambos casos, el incremento al periodo en que el Canal Tepalcates permaneció abierto. Así mismo se evidenció que aumentó el número de individuos durante el periodo de lluvias, referenciado al periodo de junio a noviembre (Cabral Solís 2011).

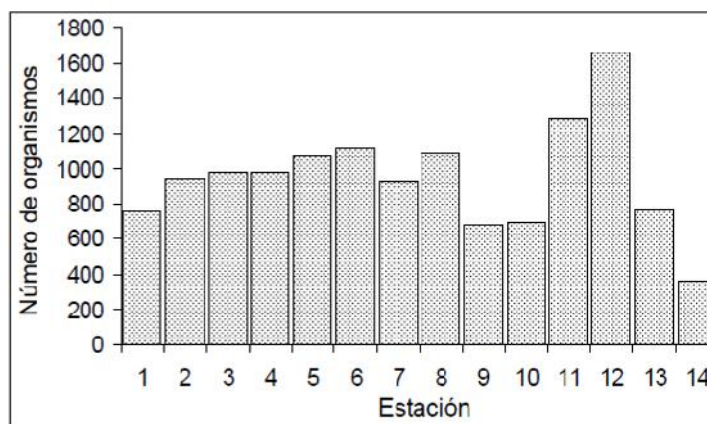


Figura 4.13. Número de individuos registrados por estación, 1999-2007 (Cabral Solís, 2011).

En cuanto a la abundancia Cabral Solís (2011), reporto que en apariencia los meses de mayo a noviembre son los más altos, y los más bajos enero, febrero y diciembre.

4.3 Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua

A continuación se presentan el comportamiento evolutivo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, cabe recordar que los resultados previos al 2008 son producto de una compilación de trabajos previos. Así mismo se desglosan dos instancias en lapsos de tiempo mensuales y ciclos continuos de 24 a 48 horas.

Temperatura

En la Tabla 4.11 se presenta el resumen de los registros históricos de la temperatura del agua en el SLC.

Cobo, *et al.* (1978) registraron en Jun_78 temperaturas en un rango de 27.45 a 29.20 °C; en el periodo del 1981, la máximas predominaron en abril y las máximas en julio, en 1986 considerando los estudios de Reyes Trotti y Serrano Pinto, (1988) y Salinas Enríquez

(1988) las mínimas predominaron en febrero y mayo, en tanto que las máximas en mayo y octubre; para el periodo 1989-1990 (Hinojosa Larios, 1991), se presentaron en diciembre y mayo, respectivamente. En 1996 al ser dos meses el periodo de monitoreo no se puede establecer un patrón, en tanto que para el 2004 (CFE, 2006 y Hernández López, 2006), predominaron las mínimas en diciembre y las máximas en julio.

Tabla 4.11 Registros históricos de la temperatura (°C) del agua en el SLC (N.A. No aplica)

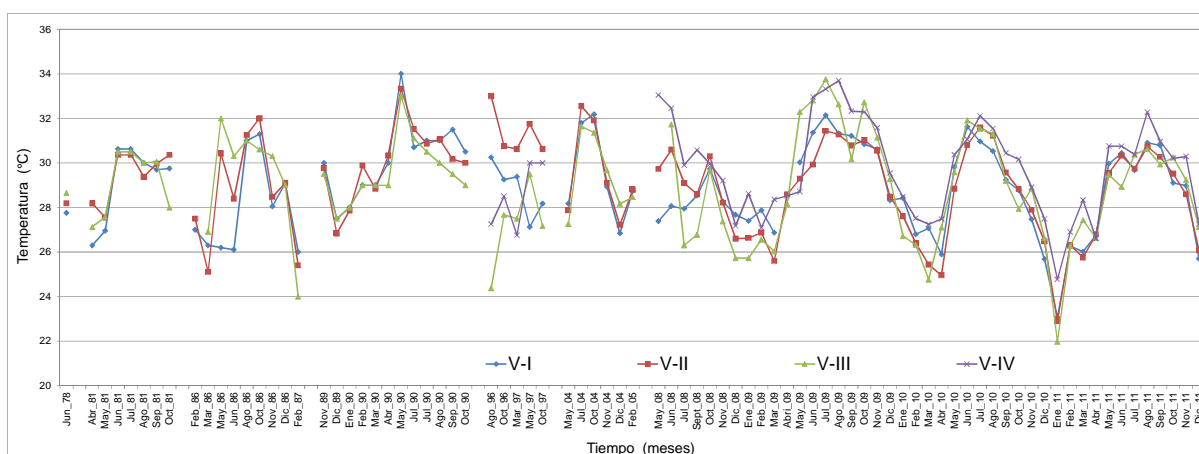
PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Jun_78 Cobo P. D. et al., 1978	V-I	27.45	27.90	27.75	N.A
	V-II	27.61	29.18	28.16	N.A
	V-III	28.11	29.20	28.65	N.A
Abr-Oct_81 Ortiz Lira, J. H. 1983	V-I	24.2 Abr	31.0 Jul	28.75	30.00
	V-II	23.0 Jun	31.1 Abr	29.00	30.00
	V-III	22.5 Abr	31.5 Jul	28.92	30.00
May_86 y Nov_86 Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	V-I	25.5 May	28.4 Nov	27.13	N.A
	V-II	25.6 May	32.8 May	29.44	N.A
	V-III	29.5 Nov	32.4 May	30.98	31.6
Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87 Salinas Enríquez, A.M.1988	V-I	26.0 Feb	31.3 Oct	28.11	N.A
	V-II	24.5 Mar	33.0 Oct	28.39	31.0
	V-III	24.0 Feb	31.0 Ago	28.63	31.0
Nov_89 a Oct_90 Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-I	27.5 Dic	34.0 May	30.2	30.0
	V-II	26.0 Dic	35.0 May	30.0	30.0
	V-III	27.5 Dic	33.0 May	30.2	29.0
Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97 Buenrostro Mariscal, A. E. 1999	V-I	18.0 May	32.0 May	28.84	31.00
	V-II	29.0 May	38.0 Ago	31.35	31.00
	V-III	23.0 Ago	30.0 May	26.90	27.00
	V-IV	22.5 Ago	32.0 Ago	28.33	28.00
Nov_2004 CFE, 2006	V-I	28.0	29.8	28.9	29.8
	V-II	26.0	30.6	29.1	27.6
	V-III	26.6	32.7	30.8	26.0
May, Jul, Oct y Dic_04 Feb_05 Hernández López, H. 2006	V-I	26.0 Dic	32.42 Jul	29.54	32.42
	V-II	26.1 Dic	32.82 Jul	29.67	29.28
	V-III	27.2 May	31.64Jul	29.38	N.A

En el periodo 2008-2011 se continuó trabajando por vaso, en la Tabla 4.12, se presentan algunos valores descriptivos, evidenciando que las mínimas en los vasos I a III se registraron durante el invierno (enero), no así para el V-IV, en el cual se registró en mayo, correspondiendo a la estación ubicada en la zona con mayor tirante de agua, las máximas se registraron antes del inicio de los periodos de lluvias (mayo-julio).

Tabla 4.12 Temperatura (°C) mínima y máxima puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	20.27 (Ene_11)	34.30 (May_08)	28.73	29.00
V-II	18.66 (Ene_11)	35.50 (Jun_08)	28.62	28.20
V-III	20.02 (Ene_11)	39.00 (Jul_09)	29.07	29.91
V-IV	21.28 (May_09)	37.70 (Jul_09)	29.72	29.50

En la Gráfica 4.20, se presenta la evolución temporal de la temperatura en el SLC por vaso considerando los registros obtenidos en estudios previos.



Gráfica 4.20. Comportamiento histórico de las temperaturas medias en el SLC.

Los registros mensuales de temperatura durante el periodo de May_08-Dic_11, evidenció un comportamiento cíclico, iniciando el ascenso de abril a mayo, alcanzando las máximas en julio, periodo que comprende como tal la primavera, para posteriormente descender hasta alcanzar las mínimas entre febrero y principios de marzo, periodo que involucra el final del invierno, no obstante al principio del periodo de registro (May-Jul_08) no se observó dicho ascenso, al contrario, se registró un descenso y de igual forma al final del mismo las temperaturas más altas se extendieron hasta Ago_11.

Históricamente y considerando la discontinuidad entre los diferentes estudios compilados, se observa que se presentaba también el comportamiento cíclico registrando las altas por periodo, en los meses junio-agosto, y las más bajas en diciembre-febrero, no obstante se evidenció una diferencia en cuanto a los rangos de temperatura, ya que en 1978 las máximas registradas en junio fueron de 29.20°C, en V-II y V-III; en 1981 las más altas apenas alcanzaron entre los 30 y 31°C en los tres vasos; en 1986 en los vasos II y III se alcanzaron casi los 33°C; en 1990 las máximas se registraron en mayo alcanzando

temperaturas entre 33 y 34°C, en 1997 se registró en mayo una variación entre vasos registrando un rango desde 30.0°C a 38.0°C, resaltando que al no haber registros de los siguientes cuatro meses que se considerarían los más calurosos, no se puede establecer que estas hayan sido las más altas en ese año; en tanto que en junio de 2004 el registró en los tres vasos fue de 31 a 32.5°C.

Potencial hidrógeno (pH)

En la Tabla 4.13 se presenta el resumen de los registros históricos de pH del agua en el SLC.

Para el caso del potencial hidrógeno no se registró un registro cíclico de máximos y mínimos como se obtuvo para la temperatura. Por otra parte, Ortiz Lira (1983), Salinas Enríquez (1988) y Hernández López (2006), no registraron valores de este parámetro, por lo que se prescindió de los periodos Abr-Oct_81, Feb_86-Feb_87 y May_04-Feb_05.

Tabla 4.13 Registros históricos del pH del agua en el SLC.

PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Jun_78 Cobo P. D. et al., 1978	V-I	7.70	8.3	7.92	N.A
	V-II	7.66	8.83	7.92	N.A
	V-III	7.86	8.1	7.98	N.A
May_86 y Nov_86 Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	V-I	7.0 Nov	9.1 May	7.98	7.0
	V-II	7.0 Nov	9.3 May	8.29	N.A
	V-III	9.0 Nov	9.5 May	9.32	9.5
Nov_89 a Oct_90 Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-I	7.9 Oct	8.6 Ago	8.39	N.A
	V-II	7.4 Oct	8.8 Ene	8.39	8.53
	V-III	7.6 Oct	8.8 Ene	8.37	8.54
Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97 Buenrostro Mariscal, A. E. 1999	V-I	7.8 May	8.79 Oct	8.21	8.10
	V-II	7.4 Oct	8.97 Oct	8.35	8.20
	V-III	6.7 May	8.59 Oct	7.94	7.88
	V-IV	6.9 May	8.58 Oct	7.88	N.A
Nov_2004 CFE, 2006	V-I	8.06	8.74	8.45	8.47
	V-II	7.28	8.68	8.16	8.12
	V-III	7.77	9.27	8.61	N.A

En Jun_78 el rango en los tres primeros vasos fue de 7.66 a 8.83 unidades; en 1986 con solo dos registros se evidenciaron los registros puntuales más bajos en mayo (7.0 a 9.0 unidades) y los más altos en noviembre (9.1 a 9.5). En el periodo Nov_89-Oct_90, se

establecieron mínimos de 7.4 a 7.9 unidades, registrados en Oct_90 y, máximos de 8.6 a 8.8 unidades en Ene_90 y Ago_90. En el periodo Ago_96-Oct_97, los mínimos predominaron en May_97 (6.7 a 7.8 unidades) y los máximos en Oct_97 (8.79 a 8.97 unidades). Finalmente para noviembre de 2004, las medias fluctuaron de 8.16 a 8.61 unidades, con un valor mínimo de 2.28 en V-II y un máximo de 9.27 en V-IV.

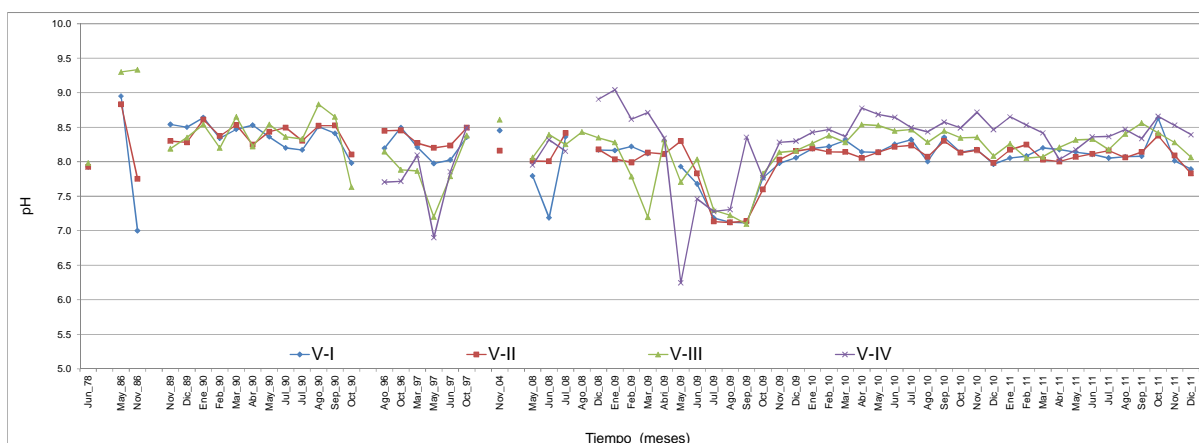
En la Tabla 4.14 se presentan los mínimos y máximos para el periodo 2008-2011, observando que los valores extremos se presentaron en el intervalo del 2008-2009.

Tabla 4.14 pH mínimo y máximo puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	6.54 (May y Jun_08)	8.87 (May_09)	8.02	8.01
V-II	6.69 (Jun_08)	9.78 (Dic_09)	8.03	8.13
V-III	6.24 (May_09)	9.04 (May_10)	8.14	8.14
V-IV	4.54 (May_09)	9.67 (Sep_09)	8.30	8.38

En la Gráfica 4.21 se presenta la evolución del pH, retrospectivamente contrastan los registros de 1986, al registrar los más altos valores en V-III (9.3 unidades) y de contraste en V-I y V-II en los dos meses de registro, ya que en May_86 las medias fueron de alrededor de 9.0 unidades y en Nov_86 bajaron a 7.5 y 7.0 unidades respectivamente; en estudios posteriores no se registraron dichos valores a excepción de V-IV, en el cual, como, se registraron valores contrastantes y extremos en el periodo May_08-Oct_09.

Para el periodo Nov_89-Oct_90, los registros fueron más homogéneos entre los tres vasos manteniendo medias en un rango de 8.17 a 8.3 unidades, a excepción de Oct_90, cuando bajaron los valores entre 8.11 y 7.73 unidades. Subsecuentemente, durante el periodo Ago_96 a May_09 en V-I y V-II se mantuvo cierta homogeneidad con medias en un rango de 8.0 a 8.05 unidades, no así para V-III y V-IV en los cuales se registraron variaciones muy contrastantes. De Jun_09 a Oct_09 se registró un descenso en prácticamente los cuatro vasos, para volver a ascender hasta Nov_09, manteniéndose así en el resto del periodo en un intervalo general de 8.0 a 8.7, siendo V-III y V-IV en los que se registraron los valores más altos.



Gráfica 4.21. Comportamiento histórico de los valores medios de pH en el SLC.

En general el potencial hidrógeno no evidenció un comportamiento cíclico durante el periodo pero si variaciones puntuales extremas, mismas que ya no se registraron a partir de Nov_09.

Salinidad

En la Tabla 4.15 se presenta el resumen de los registros históricos de salinidad del agua en el SLC. Las salinidades puntuales más bajas se registraron en los meses de septiembre, octubre y noviembre, en tanto que los registros más altos se presentaron en marzo, abril, mayo y junio.

Tabla 4.15 Registros históricos de la salinidad (ups) del agua en el SLC.

PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Jun_78 Cobo P. D. et al., 1978	V-I	31.07	32.80	32.01	N.A
	V-II	30.60	32.19	31.49	N.A
	V-III	31.92	35.26	33.59	N.A
Abr-Oct_81 Ortiz Lira, J. H. 1983	V-I	23.0 Sep	32.5 Jun	32.53	34.0
	V-II	20.0 Sep	52.0 Jun	35.77	36.0
	V-III	19.0 Sep	60.0 Jun	42.95	22.0
May_86 y Nov_86 Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	V-I	29.2 Nov	34.0 May	31.52	N.A
	V-II	29.5 Nov	35.6 May	32.60	35.60
	V-III	30.1 Nov	36.5 May	33.55	N.A
Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87 Salinas Enríquez, A.M.1988	V-I	11.5 Oct	35.8 Feb_86	27.60	N.A
	V-II	9.2 Oct	48.0 Mar	28.01	30.0
	V-III	9.1 Oct	40.0 Mar	30.59	40.0
Nov_89 a Oct_90	V-I	30.4 Nov	45.0 Mar-Abr	40.0	45.0

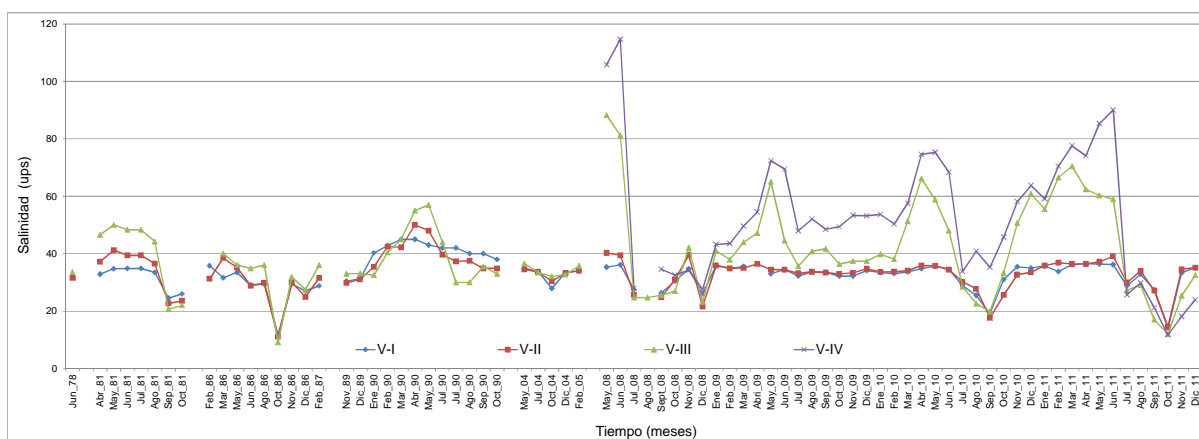
PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-II	25.5 Nov	57.0 Abr	38.6	35.0
	V-III	30.0 Ago	57.0 May	40.0	30.0
Nov_2004 CFE, 2006	V-I	31.2	38.4	36.4	N.A
	V-II	28.7	38.1	36.6	36.4
	V-III	34.7	39.0	37.6	28.7
May, Jul, Oct y Dic_04 Feb_05 Hernández López, H. 2006	V-I	27.4 Oct	35.2 May	32.81	33.7
	V-II	29.0 Oct	34.8 May	33.19	N.A
	V-III	32.1 Oct	36.6 May	34.13	N.A

En la Tabla 4.16 se presentan los máximos y mínimos registrados para el periodo 2008-2011, siendo el V-IV en donde se registraron los valores más extremos (1.06 ups- en V-II y 174.07 ups- en V-IV; coincidiendo también los registros más bajos con los meses en que se presenta el periodo de lluvia y los más altos con el periodo de estiaje, registrando los más altos valores en V-III y V-IV. En la Gráfica 4.22 se presenta el comportamiento histórico.

Tabla 4.16 Salinidad (ups) mínima y máxima puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	12.37 (Oct_11)	38.67 (May_11)	32.34	33.40
V-II	1.06 (Oct_11)	43.00 (Abr_10)	32.66	33.40
V-III	8.59 (Sep_10)	158.70 (Jun_08)	42.06	24.50
V-IV	10.08 (Oct_11)	174.07 (Abr_10)	52.18	51.84

Históricamente del periodo de Abr_81 a Feb_05 las tendencias de las medias entre los vasos I, II y III, fueron similares: de Ago_81 a Oct_81, registrando un descenso de valores en un rango de 50,0 a 20,0 ups. De Feb_86 a Feb_87, la homogeneidad entre los vasos se mantuvo, resaltando el descenso que se presentó en Oct_86 con medias alrededor de 10 ups, con respecto al intervalo registrado en los otros meses (entre 25 y 40 ups). Para el periodo Nov_89 a Oct_90, continuó la homogeneidad entre los tres vasos evidenciando un aumento de valores para Abr_90 y May_90, con medias entre 40 y 60 ups; en tanto que de May_04 a Feb_05 las medias se mantuvieron en un intervalo de 27 a 37 ups, con gran homogeneidad entre los vasos. En general durante el periodo, durante los incrementos de salinidad, el V-III fue el que superó en valores al V-I y V-II.



Gráfica 4.22. Comportamiento histórico de las salinidades medias en el SLC.

De todo el periodo antes mencionado (Abr_81 a Feb_05) destaca el hecho de que los incrementos de salinidad predominaron en los meses de abril, mayo y junio, en tanto que los descensos predominaron en septiembre y octubre, dicho comportamiento se confirmó en el seguimiento May_08 - Dic_11; en el cual resaltan los incrementos de salinidad en los vasos III y IV durante los meses mayo y junio, en los cuales se alcanzan las medias máximas, destacando los registros de 2008, asumiendo que al igual que en los periodos de 2019, 2010 y 2011, tuvo su periodo de incremento, en cierta forma atípico como en el caso del 2011, siendo los periodos 2009 y 2010 más homogéneos. Dichos incrementos como tal están asociados a los periodos de estiaje, no obstante esa asociación no se evidenció en los vasos I y II.

Contrariamente, en los vasos I y II, se presentaron tendencias más homogéneas en un intervalo de medias muy reducido, evidenciando únicamente descensos en los meses de Dic_09, Sep_10 y Oct_11, mismos que si coinciden con los periodos de lluvias; por lo que en general en el periodo 2008-2011, si se evidenció un efecto de los periodos de estiaje y lluvia en la salinidad de los cuatro vasos.

Oxígeno disuelto (OD)

En la Tabla 4.17 se presenta el resumen de los registros históricos de oxígeno disuelto en el agua del SLC. Para este parámetro se careció de los registros correspondientes a los periodos Abr_81-Oct_81, Feb_86-Feb_87 y May_04-Feb_05.

En Jun_78 el oxígeno fluctuó de 5.17 a 6.94 mg/L; En el periodo de Abr-Oct_81, las mínimas puntuales predominaron en Sep_81 y las máximas en Jul_81. Para 1986, considerando los trabajos de Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988 y Salinas Enríquez, A.M.1988, las mínimas predominaron en Ago_86 y Nov_86; y en May_86 y Oct_86 las máximas. En el periodo Nov_89 a Oct_90 y considerando el periodo inter anual, el registro de mínimas y máximas fue homogéneo en los tres vasos (Oct_90 y

Ago_89). En el periodo Ago_96 a Oct_97, no hubo una homogeneidad en ese sentido, destacando los valores puntuales de cero en los vasos III y IV en Jun_97 y Ago_96, respectivamente. De May_04 a Feb_05 predominaron los mínimos en Oct_04 y los máximos en May_04.

Tabla 4.17 Registros históricos de oxígeno disuelto (mg/L) del agua en el SLC.

PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Jun_78 Cobo P. D. et al., 1978	V-I	5.17	7.80	5.97	N.A
	V-II	5.35	7.65	6.71	N.A
	V-III	6.90	6.94	6.92	N.A
Abr-Oct_81 Ortiz Lira, J. H. 1983	V-I	2.9 Sep	6.7 Abr	4.78	4.39
	V-II	1.9 Sep	6.9 Jul	3.94	3.94
	V-III	1.6 Jun	4.8 Jul	3.05	2.98
May_86 y Nov_86 Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	V-I	1.2 May	9.0 Nov	6.82	N.A
	V-II	4.2 Nov	10.6 May	7.92	10.6
	V-III	7.1 Nov	13.0 May	9.81	N.A
Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87 Salinas Enríquez, A.M.1988	V-I	4.0 Ago	10.3 Oct	7.31	N.A
	V-II	2.5 Ago	11.6 Oct	7.10	N.A
	V-III	5.1 Feb_87	7.7 Jun	6.42	7.7
Nov_89 a Oct_90 Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-I	5.4 Oct	11.6 Ago	7.7	N.A
	V-II	5.0 Oct	11.8 Ago	7.5	6.28
	V-III	3.4 Oct	9.8 Ago	7.7	N.A
Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97 Buenrostro Mariscal, A. E. 1999	V-I	5.6 Jun	17.6 May	8.55	5.6
	V-II	4.6 Mar	15.8 Ago	8.35	8.0
	V-III	0.0 Jun	7.9 Oct	3.59	3.1
	V-IV	0.0 Ago	8.7 Oct	2.51	0.0
Nov_2004 CFE, 2006	V-I	5.5	7.7	6.85	N.A
	V-II	5.3	7.9	6.60	3.64
	V-III	4.2	9.3	6.90	2.87
May, Jul, Oct y Dic_04 Feb_05 Hernández López, H. 2006	V-I	2.6 Oct	6.95 May	3.85	N.A
	V-II	2.1 Oct	6.97 May	4.20	N.A
	V-III	2.3 Dic	5.93 Feb	4.28	N.A

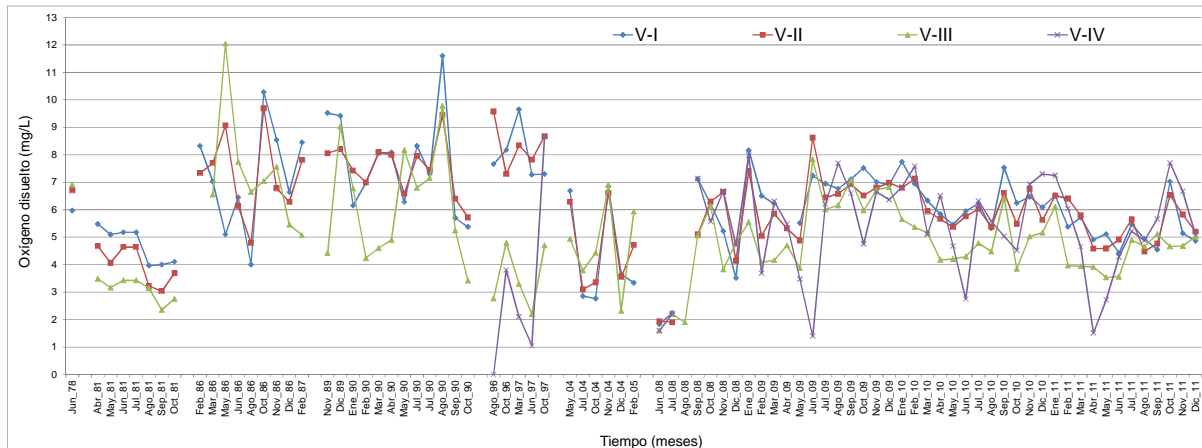
Para el periodo 2008-2011 (Tabla 4.18) los registros puntuales extremos se registraron en V-IV con 0,0 y 11,68 mg/L, en Jun_09 y Dic_10, respectivamente, no obstante observa que el mes de junio ha evidenciado tanto mínimas como máximas puntuales.

El comportamiento histórico se presenta en la Gráfica 4.23. En el periodo Abr-Oct_1981, la tendencia fue de disminución para los vasos I, II y III, registrando medias en un rango de 5.48 a 2.38 mg/L, manteniendo V-III los registros más bajos y V-I los más altos.

Tabla 4.18 Oxígeno disuelto (mg/L) mínimo y máximo puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	0.38 (Jun_11)	11.38 (Jun_09)	5.96	6.51
V-II	0.30 (Sep_10)	12.69 (Jun_09)	5.84	4.96
V-III	1.10 (Jun_08)	10.40 (Jun_09)	4.94	4.75
V-IV	0.0 (Jun_09)	11.68 (Dic_10)	5.34	6.07

En el lapso de 1986 a 1990 los registros fueron más altos, con mayor variación temporal y espacial, así como de rango, registrando valores desde 3.42 hasta 12.0 mg/L; sin evidenciar una tendencia específica, resaltando los valores más extremos en el V-III. En el periodo de Ago_96 a Oct_97, la tendencia fue de medias altas en V-I y V-II, y bajas en V-III y V-IV, resaltando en éste último la media de cero registrada en Ago_96. De May_04 a Feb_05, se homogenizan las tendencias de ascenso y descenso en los vasos I, II y III, con medias oscilantes entre 2.3 y 7.0 mg/L.



Gráfica 4.23. Comportamiento histórico de las medias de oxígeno disuelto en el SLC.

Para el periodo Jun_08-Dic_11, se presentaron inicialmente medias bajas, en alrededor de 2.0 mg/L (Jun-Jul_08) para posteriormente incrementarse con variaciones en un rango de 3.4 a 8.6 mg/L para el caso de los vasos I, II y III, ya que en el caso del V-IV, se registraron medias por debajo de 3.0 mg/L en Jun_09, Jun_10 y May_11, evidenciando generalmente V-III y V-IV, valores más bajos con respecto a V-I y V-II.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

En la Tabla 4.19 se presenta el resumen de los registros históricos de la demanda bioquímica de oxígeno del agua en el SLC.

Con los registros compilados, se observa que los valores mínimos puntuales para el periodo Feb_86-Feb_87 se presentaron en Feb_86 y Dic_86, meses correspondientes al periodo invernal. La misma tendencia se presentó en el periodo Nov_89 a Oct_90 a excepción del registro en V-III, el cual correspondió al verano y periodo de lluvias; en tanto que en el periodo Ago_96 a Oct_97, los registros mínimos se obtuvieron en agosto y octubre, meses que corresponden al otoño y periodo de lluvias. Los registros máximos puntuales se presentaron principalmente en Oct_86, Ago_90, y May_97, para cada periodo y en los vasos I y II, en tanto que para el V-III, se registraron en Ago_86 y May_90-97, por periodo, respectivamente.

Tabla 4.19 Registros históricos de la DBO (mg/L) del agua en el SLC.

PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87 Salinas Enríquez, A.M.1988	V-I	1.3 Feb_86	3.3 Oct	2.02	N.A.
	V-II	1.9 Feb_86	5.4 Oct	3.47	3.0
	V-III	1.8 Dic	4.5 Ago	3.03	4.5
Nov_89 a Oct_90 Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-I	0.8 Feb	8.1 Ago	3.1	N.A.
	V-II	0.6 Dic	9.5 Ago	3.0	2.67
	V-III	2.5 Jul	5.4 May	3.1	N.A.
Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97 Buenrostro Mariscal, A. E. 1999	V-I	3.2 Oct	176.5 May	23.41	12.60
	V-II	6.5 Oct	482.5 May	62.29	12.60
	V-III	9.0 Ago	176.5 May	36.71	17.2
	V-IV	8.3 Ago	64.0 Ago	27.34	N.A

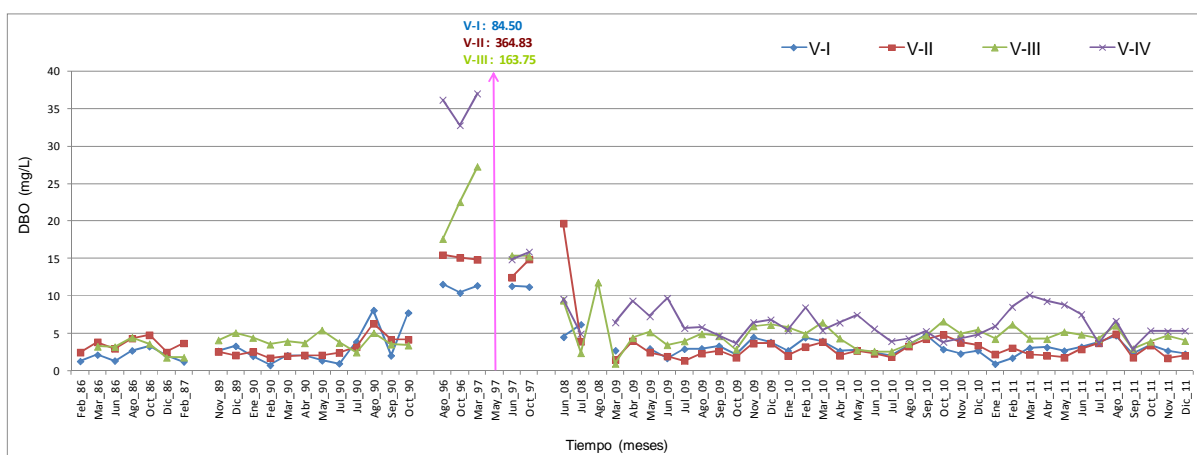
El registro de concentraciones puntuales mínimas y máximas para el periodo 2008-2011, no registró un patrón temporal (Tabla 4.20), evidenciando los mínimos en vaso I y II (>0.2 mg/L) y los máximos en los vasos II y III. El comportamiento general del parámetro se presenta en la Gráfica 4.24.

Tabla 4.20 DBO (mg/L) mínima y máxima puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	0.14 (Nov_10)	11.31 (Abr_11)	3.11	2.40
V-II	0.13 (Jun_10)	27.90 (Jun_08)	3.01	1.79

V-III	0.60 (May_09)	26.40 (Ago_08)	4.70	3.43
V-IV	1.41 (Sep_10)	20.40 (Jun_08)	5.70	5.70

De manera general las medias durante el periodo Feb_86 a Oct_90 estuvieron prácticamente por debajo de los 5.0 mg/L, aspecto contrastante con los incrementos registrados en el periodo Ago_96 a Oct_97, durante el cual se evidenciaron valores que superaron incluso los 80.0 mg/L en May_97 en los vasos I, II y III. Ya para Jun_08-Ago_09, los registros fueron menores, generando medias menores a 20.0 mg/L, para posteriormente homogeneizarse el comportamiento en los vasos I y II con medias menores 5.0 mg/L, incrementándose ligeramente para el V-III y de 5.0 a 10.0 mg/L para el caso del V-IV; en todos los casos sin evidenciar un comportamiento cíclico.



Gráfica 4.24. Comportamiento histórico de la DBO en el SLC.

Coliformes fecales

Para la evaluación de Coliformes fecales (CF), se dividieron los resultados conforme a la metodología empleada para su cuantificación; por lo que en la Tabla 4.21 se presenta el resumen de los registros históricos correspondientes, presentando inicialmente los obtenidos con cuenta en placa, seguidos de los obtenidos con la técnica del Numero Más Probable.

Con respecto a las determinaciones de cuenta en placa (Ortiz Lira, 1983 y Reyes Trotti y Serrano Pinto, 1988) hubo estaciones sin registro de presencia de CF en tanto que en otras se registraron cuentas puntuales máximas por arriba de 4500 UFC/100 mL; no obstante considerando las modas, predominaron estaciones sin la presencia de los mismos.

Conforme a la determinación del NMP, en el periodo de Feb_86 a Feb_87 se registraron altos valores, registrando mínimos puntuales por arriba de 2000 UFC/100 mL y máximos

por arriba de 20000 UFC/100 mL, disminuyendo para el periodo Nov_89 a Oct_90 tanto en valores puntuales mínimos como máximos, manteniéndose similar el periodo de Ago_96 a Oct_97.

En general e independientemente de la metodología empleada se evidenció la presencia de CF en los cuatro vasos del Sistema y sin mostrar un comportamiento o tendencia consistente en tiempo y en espacio.

Tabla 4.21 Registros históricos de Coliformes fecales del agua en el SLC.

PERIODO DE ESTUDIO	VASO	MIN.	MAX.	MEDIA	MODA
UFC/100 mL					
Abr-Oct_81 Ortiz Lira, J. H. 1983	V-I	0.0 Abr, Jun, Jul y Ago	9250	710.17	0.0
	V-II	0.0 May-Jul, Ago y Oct	9550	843.90	0.0
	V-III	0.0 May-Jul, Ago y Oct	4500	500.75	0.0
May_86 y Nov_86 Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988	V-I	0.0 May y Nov	500 May	12.0	0.0
	V-II	0.0 May y Nov	9400 Nov	2033.33	0.0
	V-III	0.0 May y Nov	100 May	20.0	0.0
NMP/100 mL					
Feb, Mar, Jun, Ago, Oct y Dic_86 Feb_87 Salinas Enríquez, A.M.1988	V-I	4600 Jun	24000 Dic	13714	11000
	V-II	1200 Ago	24000 Dic	11508	24000
	V-III	2100 Jun	24000 Dic	12940	24000
Nov_89 a Oct_90 Hinojosa Larios, J.A. 1991	V-I	2.0 May	1400 Oct	195.3	130
	V-II	2.0 May y Ago	9200 Feb	807.4	2400
	V-III	5.0 Sep	1600 Ene	294.7	94
Ago y Oct_96 Mar, May, Jun y Oct_97 Buenrostro Mariscal, A. E. 1999	V-I	0.0 Ago	1740 Oct	358.88	40.0
	V-II	0.0 Ago	2520 Oct	247.29	03.0
	V-III	0.0 Ago	1800 Oct	188.94	03.0
	V-IV	9.0 Mar	1500 Jun	362.27	N.A

En la Tabla 4.22 se presentan los datos correspondientes al periodo 2008-2011, mismos que se determinaron mediante la cuenta en placa. Cabe mencionar que los registros puntuales mínimos de cero, se registraron en todos los meses monitoreados, en tanto que los puntuales máximos si se registraron en una fecha, observando que fue en el 2010, cuando se registraron los puntuales máximos para los vasos I, II y III.

Tabla 4.22 CF (UFC/100 mL) mínima y máxima puntual, y moda por vaso, 2008-2011.

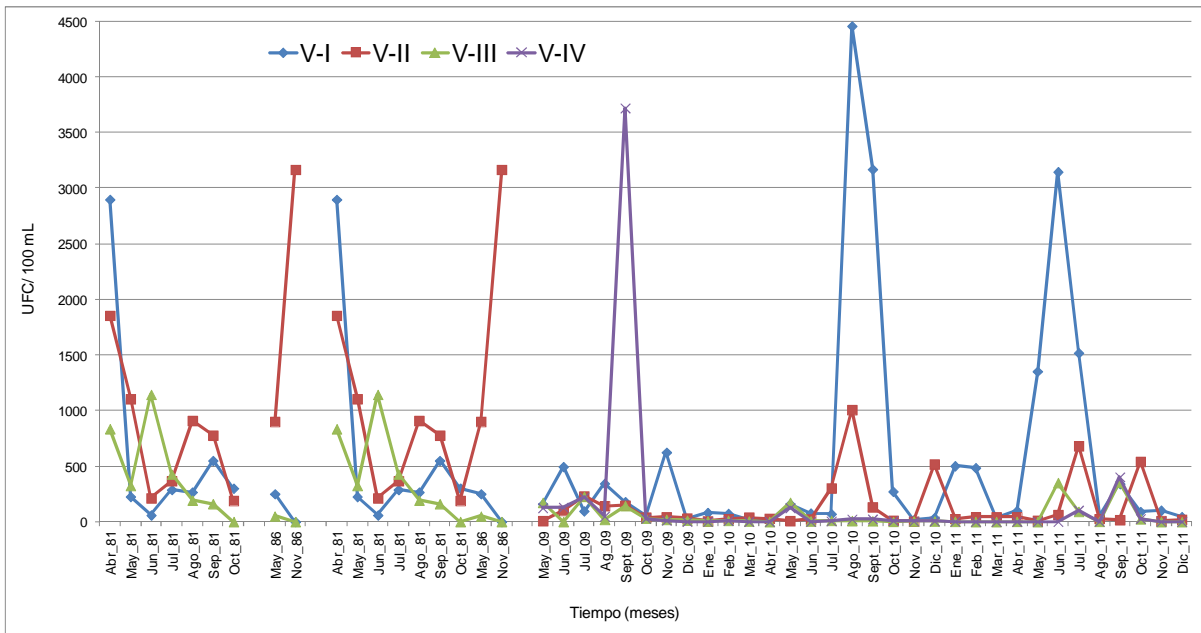
VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-I	0.0	19840 (Ago_10)	456.04	0.0
V-II	0.0	9440 (Ago_10)	112.27	0.0

VASO	MÍNIMA (MES)	MÁXIMA (MES)	MEDIA	MODA
V-III	0.0	1000 (May_10)	24.13	0.0
V-IV	0.0	24200 (Sep_09)	130.76	0.0

En las Gráficas 25 y 26, se presentan la evolución de los CF, inicialmente se presenta la obtenida mediante la cuenta en placa, y la segunda correspondería a la obtenida mediante el NMP.

Para el primer caso, las medias obtenidas en el periodo Abr_81 a Oct_81, se presentaron en un rango de 50 a 500 UFC/100 mL para el V-I, de 180 a 2900 UDC/100 mL para el V-II y de 0 a 1150 UFC/100 mL, en el V-III, siendo Abr_81 cuando se registraron las medias más altas. En cuanto a May_86 y Nov_86, en los vasos I y III, se registraron medias por debajo de 250 UFC/100 mL, no así para V-II en el cual se dio un incremento de mes a mes, alcanzando casi las 3200 UFC/100 mL.

Para el tercer periodo (Abr_81-Nov_86) y cuarto periodo (Abr_81 a Dic_11), se pueden apreciar tres rangos de medias, el primero de 0.0 a 50.0 UFC/100 mL, en el cual se presenta la mayoría de los registros, el segundo de 500 a 1000 UFC/100 mL dentro del cual se presentan registros para los vasos I, II y III, y el tercero por arriba de 1000 UFC/100 mL, en el cual se presentan registros esporádicos en los vasos I (Abr_81), II (Abr-May_81 y Nov_09) y IV, en este último de manera única en Sep_09.

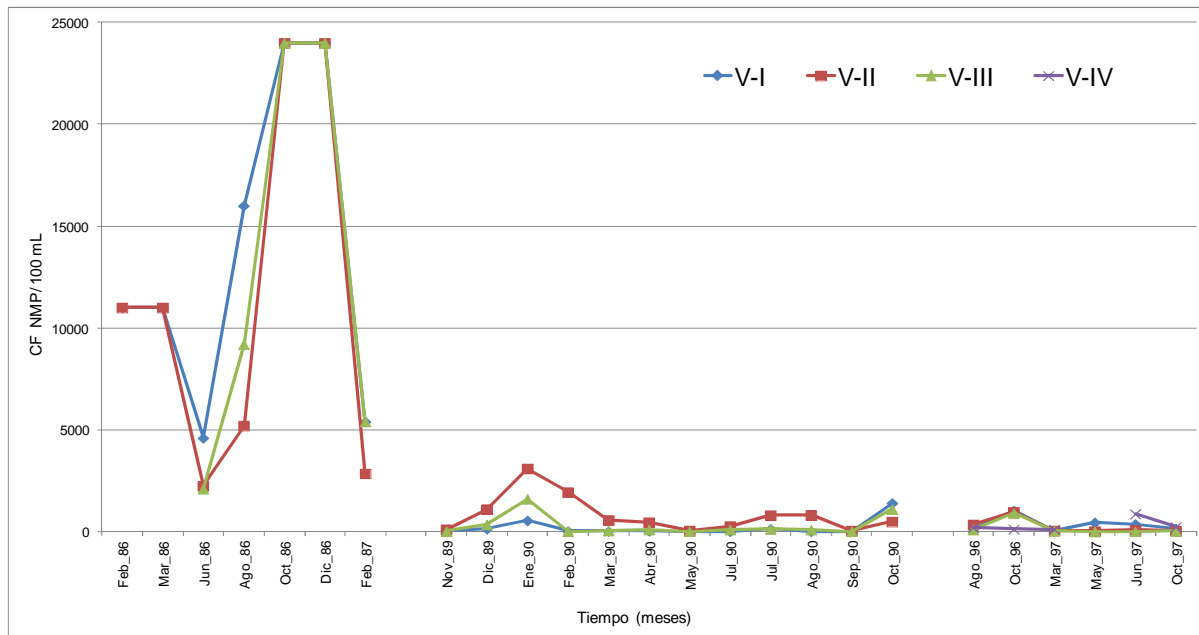


Gráfica 4.25. Comportamiento histórico de CF en el SLC (cuenta en placa).

Con respecto a los registros obtenidos mediante el NMP, las mayores medias se registraron en el periodo de Feb_86 a Feb_87, alcanzando en Oct_86 y Dic_86 valores de 24000UFC/100 mL en los vasos I, II y III.

Para el segundo y tercer periodo, si bien se aprecia una disminución en el rango de variación, en Ene_90 y Feb_90, se registraron concentraciones alrededor de 3100 NMP/100 mL y 1900 NMP/100 mL, respectivamente en V-II; y de 1500 NMP/100 mL en Ene_90 para el V-III. El resto de las medias se registró en un rango de 0 a 500 NMP/100 mL, principalmente.

En general e independientemente de la metodología empleada se observa la presencia de CF en los cuatro vasos, incrementándose los valores en los meses posteriores a las lluvias sin ser una tendencia muy evidente.



Gráfica 4.26. Comportamiento histórico de la DBO en el SLC (NMP).

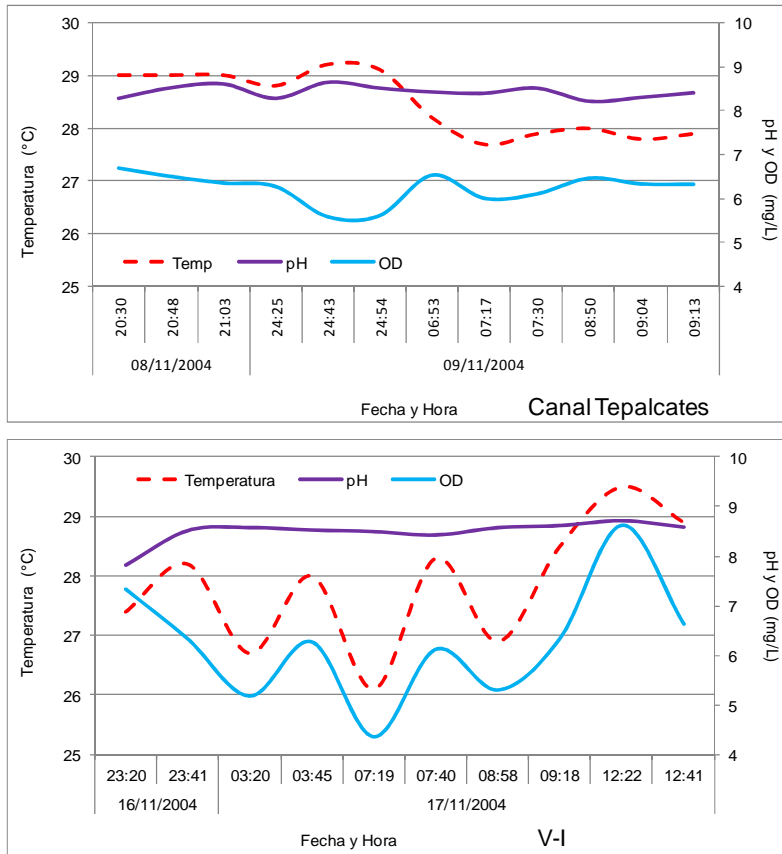
Registros continuos de parámetros de campo (12 y 48 horas)

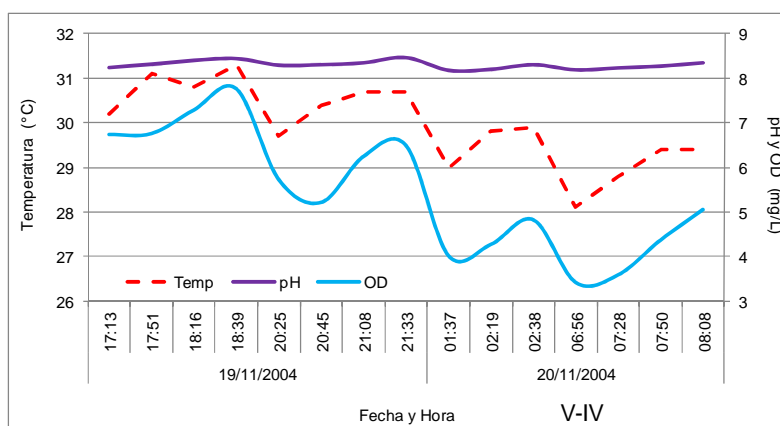
Como parte de los monitoreos registrados durante los trabajos realizados en el 2004 (CFE 2006), se llevaron a cabo tres registros, el primero en la zona del Canal Tepalcates a partir de doce puntos móviles durante un lapso de doce horas aproximadamente, el segundo en V-I con dos estaciones fijas a intervalos de cuatro horas por doce horas aproximadamente y el tercero en el V-IV, a partir de quince puntos móviles durante quince horas aproximadamente (Figura 4.14). Los parámetros de seguimiento fueron

temperatura, pH y OD. En la Gráfica 4.27, se presentan los resultados por sitio, dada la diferencia en fechas y tiempos de registro.



Figura 4.14. Monitoreo continuo en Canal Tepalcates, V-I y V-IV.





Gráfica 4.27. Monitoreo continuo en Canal Tepalcates, V-I y V-IV, respectivamente.

Considerando inicialmente a la temperatura, en el Canal Tepalcates (CT) se mantuvo en un rango de 27.7 a 29.2 °C, evidenciando una tendencia general de descenso, el cual fue más evidente de media noche a la madrugada manteniéndose así hasta entrada la mañana (9:00 horas); en el V-I se registró en un rango de 26.1 a 29.5 °C, con un comportamiento oscilatorio y tendencia general de ascenso, registrando las máximas alrededor de las 24:00, 4:00, 8:00 y 12:30 horas y las mínimas alrededor de las 3:00, 7:00 y 9:00 horas, en este caso cabe mencionar que al ser solo dos puntos fijos de medición, se establece que los máximos corresponden a la que se ubicó en la entrada del Canal Ventanas y las más bajas a la ubicada al norte del vaso. En el caso del V-IV, se registró en un intervalo de 28.1 a 31.3 °C, con oscilaciones y una tendencia general de descenso, registrando la máxima a las 17:30 y 18:30 horas y la mínima alrededor de las 7:00 horas.

Con respecto al pH, prácticamente en los tres sitios se mantuvo casi lineal al variar en menos de una unidad.

En cuanto al OD, en el CT se registró en un rango de 5.6 a 6.7 mg/L, observando un descenso alrededor de media noche para después recuperarse en la madrugada a valores similares a los de la noche anterior. En el caso del V-I el rango de registro fue de 4.3 a 8.62 mg/L evidenciando mayor variación, registrando las concentraciones más altas alrededor de las 4:00, 7:40 y 12:20 horas, predominantes en la estación cercana al Canal Ventanas; y las mínimas alrededor de las 3:00, 7:00 y 9:00 horas, predominantes en la estación ubicada más hacia el norte del vaso. En el V-IV los registros estuvieron en un rango de 3.42 a 7.75 mg/L, con una tendencia oscilatoria de descenso, registrando la más alta alrededor de las 18:30 horas y la más baja alrededor de las 7:00 horas.

Durante el periodo 2010-2011, se realizaron cuatro monitoreos continuos de 48 horas de manera simultánea, colocando estaciones fijas en cada uno de los cuatro vasos del SLC (Figura 4.15) y en las inmediaciones del Canal Ventanas (CV). En el 2010 se realizaron en julio y octubre en tanto que en el 2011 se realizaron en marzo y agosto.

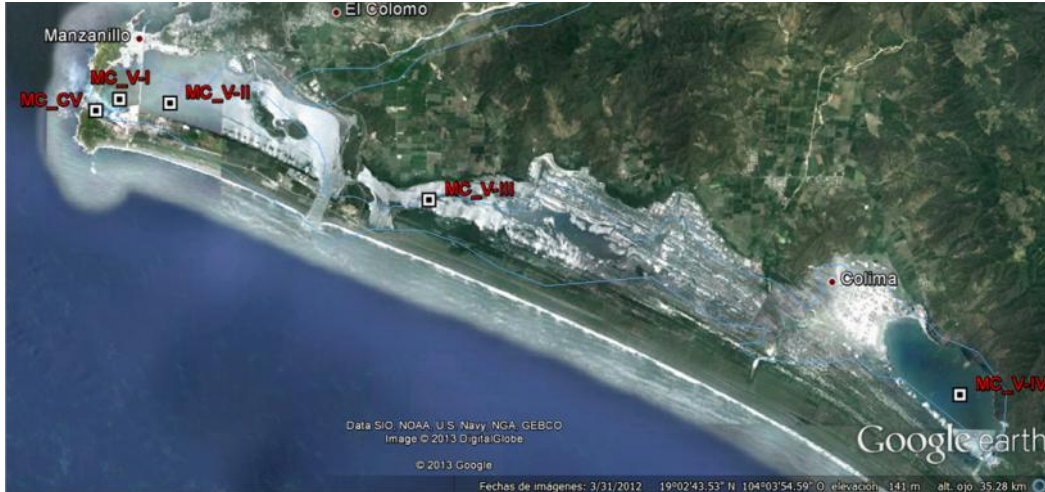
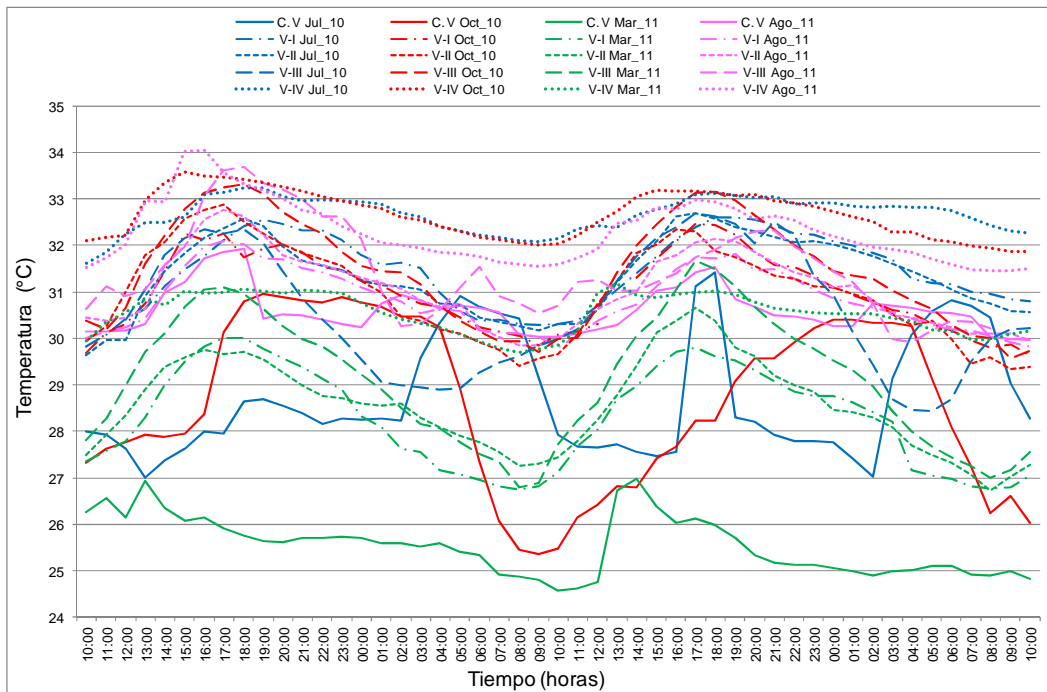


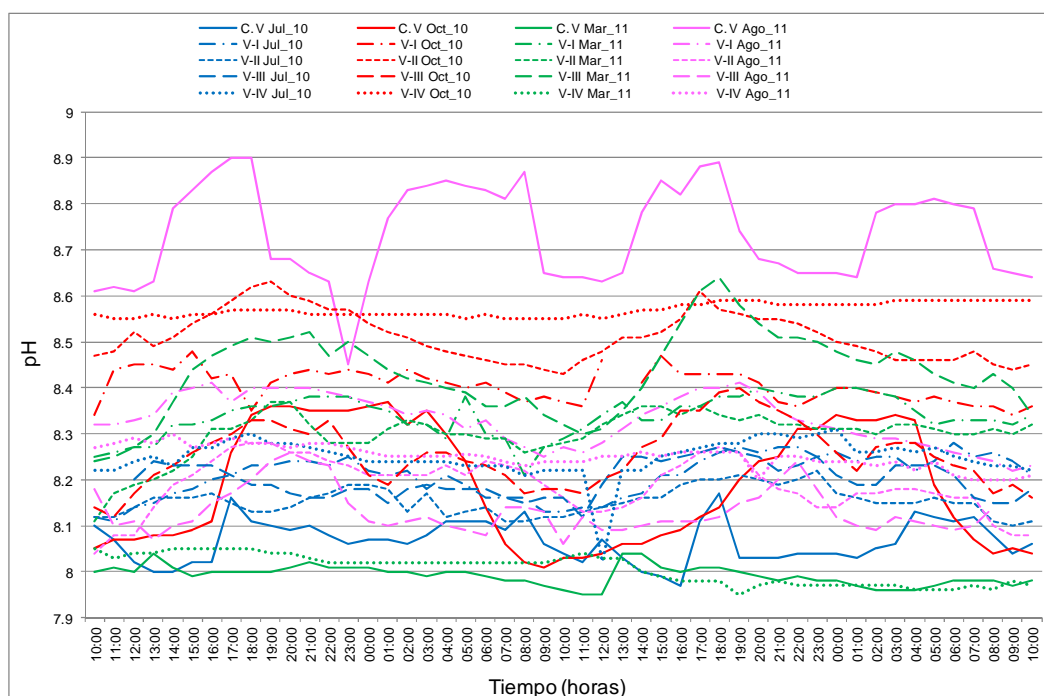
Figura 4.15. Monitoreo continuo simultaneo en el SLC, 2010-2011.

Para facilitar las comparaciones temporales se presentan los resultados por parámetro iniciando con la temperatura del agua (Gráfica 4.28). Como se observa, de manera general en los tres vasos se evidenció un comportamiento cíclico coincidente en horarios, es decir las más altas temperaturas se registraron el intervalo de las 14:00 a las 20:00 horas y las mínimas de 05:00 a 11:00 horas; de manera independiente a la fecha; no obstante en el V-IV la oscilación fue más atenuada, esto a razón de ser el vaso más alejado de las entradas de agua de mar. Para el caso del Canal Ventanas solo en Oct_10 se registró el mismo comportamiento, en tanto que durante los otros tres monitoreos el comportamiento fue errático considerando el resto de las tendencias. Por otra parte, se observan diferencias estacionales en los cuatro vasos, destacando el descenso de temperaturas para Mar_11, correspondiendo al término del invierno, efecto que fue más acentuado para el V-I.



Gráfica 4.28 Evolución de temperatura durante los monitoreos de 48 horas en el Canal Ventanas (C.V) y los cuatro vasos (I, II, III y IV) del SLC.

Con respecto al pH (Gráfica 4.29) se observa que el comportamiento cíclico fue más atenuado con respecto al observado para la temperatura, registrando ligeros incrementos pasado el mediodía, mismos que se prolongan hacia el atardecer y descensos en la madrugada para continuar hasta el amanecer. En este sentido sobresale nuevamente el comportamiento en el Canal Ventanas, en el cual se registraron comportamientos erráticos incluso entre los diferentes monitoreos, registrando mayor variación en Oct_10 y Ago_11, no así en Jul_10 y Mar_11. No obstante es de resaltar que las variaciones tanto en tiempo como en espacio, se mantuvieron prácticamente en la unidad (rango de 7.9 a 8.9 unidades).

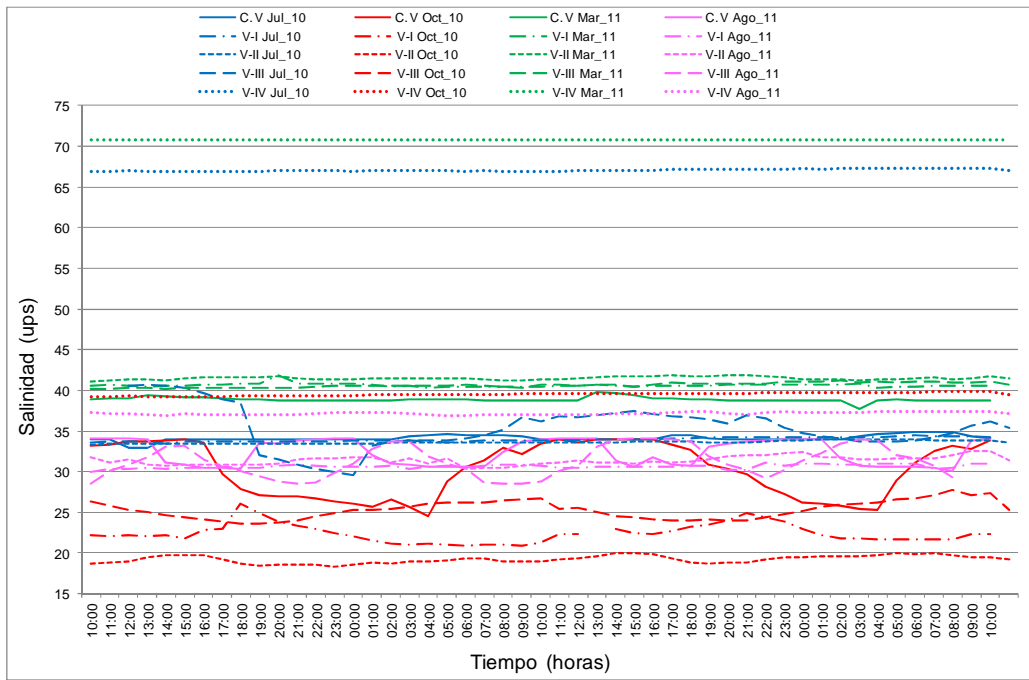


Gráfica 4.29 Evolución del pH durante los monitoreos de 48 horas en el Canal Ventanas (C.V) y los cuatro vasos (I, II, III y IV) del SLC.

En cuanto a la salinidad (Gráfica 4.30), se observan comportamientos tanto lineales y como cíclicos, para el primer caso y prácticamente sin cambios, se presentaron los registros en V-IV, en Jul_10 y Mar_11, con altas concentraciones y manteniendo un promedio de 67.04 y 70.74 ups, respectivamente; así como en Oct_10 y Ago_11 con un promedio de 39.52 y 37.17 ups, respectivamente. Por otra parte, en el V-III en Mar_11 también se presentó una tendencia lineal con un promedio de 40.65 ups, así como en V-II en Mar_10, Jul_10 y Mar_11 con promedios de 41.48; 33.63 y 41.48 ups, respectivamente; esa misma instancia se presentó en V-I en Ago_11 y Jul_10 con promedio de 30.65 y 36.96 ups, respectivamente; finalmente en canal ventanas se presentó en Jul_10 y Mar_11 con promedios de 34.12 y 36.89 ups, respectivamente.

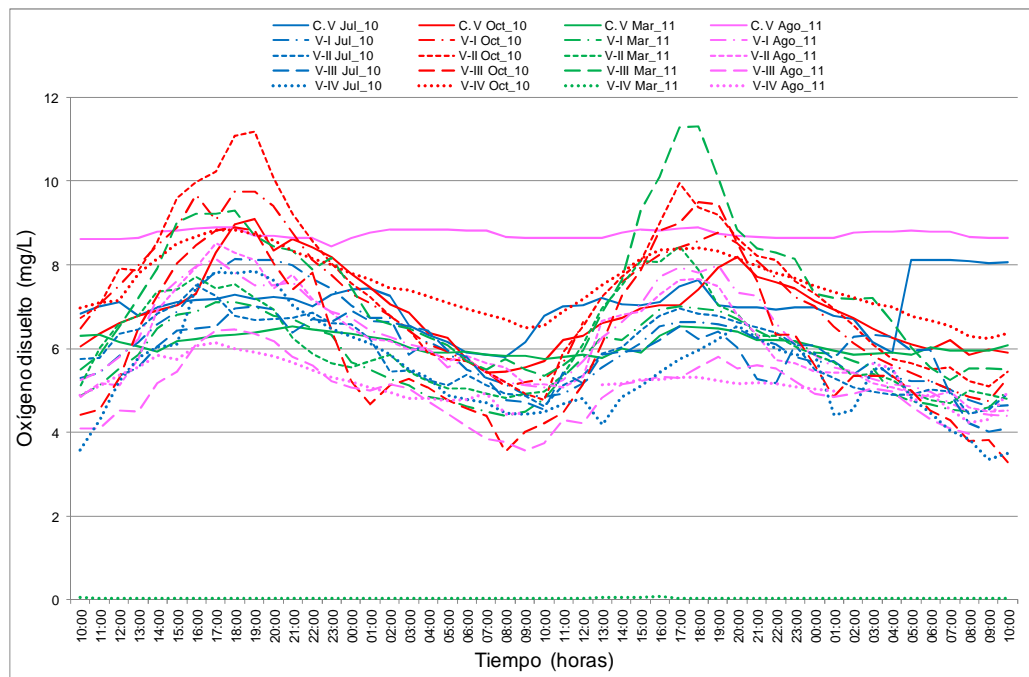
Comportamientos cíclicos se registraron de manera atenuada en V-I en Oct_10 con máximas entre las 18:00 y 22:00 horas, V-II en Oct_10 con máximas entre las 14:00 y 16:00 horas, V-II en Oct_10 con máximas entre las 14:00 y 16:00 horas, en V-III en Oct_10 con máximas entre las 8:00 y 10:00 horas; oscilaciones más pronunciadas se presentaron en V-III en Ago_11 con máximas entre las 14:00 a 16:00 y 02:00a 04:00 horas, y en Canal Ventanas en Oct_10 y Ago_11 con máximas entre las 12:00 y 14:00, y 20:00 a 00:00 y de 10:00 a 14:00 horas, respectivamente.

En general, e independientemente de la tendencia, las más altas salinidades se registraron en el V-IV, a razón de ser el vaso más alejado de la influencia de la entrada de agua marina y principalmente por la regulación de flujo de agua por parte de los salineros.



Gráfica 4.30 Evolución de la salinidad durante los monitoreos de 48 horas en el Canal Ventanas (C.V) y los cuatro vasos (I, II, III y IV) del SLC.

En la Gráfica 4.31 se observa el comportamiento del oxígeno disuelto, resaltando que a excepción de Canal Ventanas en Ago_11 y V-IV en Mar_11, en donde el oxígeno prácticamente se mantuvo lineal en aproximadamente 8.7 y 0.02 mg/L, respectivamente; el resto presentó un comportamiento cíclico bien marcado, registrando los más altos entre las 17:00 y 18:00 horas y los mínimos entre las 8:00 y 9:00 am.



Gráfica 4.31 Evolución del oxígeno disuelto durante los monitoreos de 48 horas en el Canal Ventanas (C.V) y los cuatro vasos (I, II, III y IV) del SLC.

5. INTEGRACIÓN Y DIAGNÓSTICO

5.1 Generalidades

A lo largo de la historia de México, los asentamientos humanos se habían desarrollado inicialmente a razón de las condiciones climáticas y posteriormente por la prioridad que se le dio a las actividades propias de los altiplanos como la minería, la agricultura y la ganadería, por lo que los principales centros poblacionales se ubican en dichas zonas, dejando la zona costera en un segundo plano; no obstante esta tendencia está cambiando y la franja costera ha aumentado su tasa de crecimiento poblacional, ejerciendo presiones sobre los ecosistemas costeros y evidenciando la falta de una política explícita integral para el manejo de dichos ecosistemas, ya que si bien se han dado líneas como la Política Ambiental Nacional para Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México en el 2006, en el cual se reconoce la complejidad de dichos ecosistemas, y se puntualizan sus principales problemas, se siguen presentando problemas de gestión desarticulada con planteamientos sectoriales aislados.

En el caso particular de Colima, fue en el año de 1880 cuando se autorizaron las primeras concesiones que impactarían a las poblaciones del Océano Pacífico, específicamente para el trazado de las vías de ferrocarril, el cual en su primera etapa consistió en la construcción de la vía angosta del Puerto de Manzanillo a la ciudad de Colima, la segunda correspondió al proyecto de muelles y vías de ferrocarril para el año de 1899, resaltando que la población en dicha época no superaba los 3,000 habitantes y que implicaba un crecimiento urbano; finalmente la tercera etapa consistió en la modificación de la vía angosta por la vía ancha, misma que se conectaría con la ciudad de Guadalajara, inaugurada en 1908 por el Presidente Porfirio Díaz (Mendoza Pérez, 2008).

A partir de dicho progreso, se puede establecer el inicio del impacto al entorno dado que la población siempre ha establecido estrechas relaciones positivas y negativas con su entorno, en función de la dependencia que se tiene para obtener alimento, vestido, abrigo, herramientas; no obstante ya se está evidenciado que las relaciones negativas se acrecientan a razón de una actividad antropogénica mal planeada y de alguna manera asociada a los avances tecnológicos, poniendo en peligro la productividad y diversidad de los diversos ecosistemas, en particular los costeros.

En la costa se está dando la búsqueda de nuevas orientaciones en diferentes territorios, acordes con la perspectiva de globalización y las tendencias económicas mundiales que están produciendo significativas modificaciones por lo que en un nivel “macro” se establece la oportunidad de enfocar los estudios sobre la costa hacia escenarios que resulten operativos en vías del desarrollo puntualizando en algunas correlaciones espaciales entre el monto poblacional y la longitud de costa” (Padilla y Sotelo, 2000).

Como se mencionó, históricamente el SLC ha sufrido modificaciones en su estructura y funcionamiento, pudiendo establecer una secuencia de actividades que han impactado el sistema en la zona, iniciando con la construcción de las vías de ferrocarril para el desarrollo y auge del Puerto de Manzanillo, en tanto que el SLC en menor grado pero no en importancia se estableció con el tiempo la explotación de sal y el desarrollo de la pesca.

En los ochentas, el SLC era catalogado como un sistema en deterioro ambiental evidenciado en la calidad del agua, en el incremento de azolvamiento y disminución de su productividad a razón de la obras construidas (terraplenes) y por la descarga de diversos desechos, sugiriendo su rehabilitación y manejo racional de los recursos naturales, aspecto que consideraban incluía modificaciones que involucraban aspectos urbanos, industriales, pesqueros y de protección o preservación ecológica (Reyes Trotti y Serrano Pinto, 1988).

5.2 Evaluación de las condiciones ambientales del SLC

5.2.1 Factores bióticos

La atmósfera terrestre se encuentra en constante cambio, no obstante se asocian altas presiones con cielos despejados y sol brillante y bajas presiones con cielos nublados y lluvia. En ese sentido, durante el periodo 2008-2012 en las inmediaciones del SLC, las presiones altas se presentaron en el periodo de marzo a junio, mismo que abarca la primavera, y corresponde al periodo de estiaje; en tanto que las bajas presiones corresponderían al periodo de julio a octubre, periodo que comprende el verano, otoño y

al periodo de lluvias, resaltando que durante este último se presentaron incidencias de radiación solar máxima por arriba de las registradas en el periodo de estiaje.

El periodo de lluvias, se registró de julio a octubre, con precipitaciones eventuales en noviembre, enero y febrero. La precipitación pluvial acumulada en ese mismo periodo fue variable, siendo septiembre el mes que presentó mayor volumen acumulado y de manera anual el 2010 (1,436.33 mm) y la mínima en el 2009 (660.24 mm). Con respecto a la precipitación acumulada arrojada por los fenómenos atmosféricos se observó que anualmente en 2009 y 2011, se registró la mayor cantidad de eventos con una precipitación acumulada de 201.62 mm y 469.87 mm, respectivamente; éste último derivado del gran aporte que dejó el Huracán “Jova” con 263.38 mm; en tanto que en el 2010, con tres eventos se acumuló sólo 84.58 mm; con lo cual se establece que el aporte de precipitación por parte de los eventos puede ser alta o baja, pero no es la que establece la tendencia que guarda el periodo de lluvias, de ahí que el porcentaje de aporte por parte de los eventos registrados en el 2010 representó sólo el 5.88%.

El periodo de estiaje, se registró de diciembre a mayo, siendo más intenso durante marzo y abril; periodo que comprende el invierno y la primavera; registrando el descenso de temperatura en diciembre para iniciar el ascenso entre abril y mayo, para posteriormente alcanzar las máximas de julio a octubre, etapa que coincide con el periodo de lluvias y con las mayores variaciones de evapotranspiración en asociación con las variaciones de la incidencia de radiación solar máxima; en tanto que en el periodo de estiaje dichas variaciones disminuyen, manteniendo valores tanto de evapotranspiración como de radiación solar máxima, generalmente altos.

Por otra parte cualquier instancia de gestión en el SLC deberá considerar que cada año se generan ciclones tropicales que impactan en dicho territorio, resaltando los monitoreo mediante estaciones climatológicas federales o institucionales para evidenciarlos y conocer su evolución.

5.2.2 Factores bióticos

Conforme a lo observado a partir de los mapas de la INECC (2012), de 1976 a 2008 ha predominado la agricultura de riego y humedal, así como vegetación primaria en las inmediaciones del SLC. Durante el periodo 2008-2012, la cobertura de los cultivos perenes fue más consistente con respecto a la selva caducifolia y a la vegetación halófila; en tanto que las áreas agrícolas reflejaron un incremento, frenado temporalmente en el 2008 a razón de la sequía que se presentó; de ahí que si bien las zonas agrícolas pudieran seguir incrementándose como se observó en 2012, se debe considerar esos frenos a razón de periodos de estiaje severos.

Referente a los manglares, el 53.7% de su superficie presente en el país se encuentra dentro de ANP estatales y federales, no obstante Colima es uno de los dos estados que no cuenta con áreas protegidas estatales ni federales (CONABIO, 2009), considerando que las cuatro especies de mangles registrados en el SLC están Sujetas a Protección Especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001, se debería propiciar su recuperación y conservación, considerando el relieve, el tipo de sustrato, el grado de inundación, los gradientes ambientales y las perturbaciones naturales y humanas; que se presentan en el SLC.

Según estudios de la CONABIO (2009), existe una gran discrepancia entre las estimaciones sobre la extensión del manglar, asociado básicamente a la variedad de métodos y escalas de análisis utilizadas en cada estudio, ya que históricamente de un año a otro se han registrado incrementos y pérdidas masivas, que no pudieron asociarse a un factor o factores determinados. En el caso del SLC, en las inmediaciones del bordo salinero (Figura 5.1) se evidenció un mangle deteriorado, no obstante, en los siguientes cuatro años se ha logrado regenerar tanto de manera natural como por reforestación.



Figura 5.1 Cambio temporal del estado del mangle en la zona del bordo salinero, en el SLC.

Dicha afectación se ha asociado principalmente a los efectos de un estiaje severo, no obstante, habría que considerar aspectos como son: incremento de salinidad,

enfermedades, otros factores bióticos, tasa de sedimentación y hundimiento de suelos, entre otros; como probables causas de muerte o debilitamiento del mangle, considerándolos también como posibles factores de monitoreo dentro de un programa de manejo forestal, ya que como se puede observar en el 2012 se observó la presencia de *Pistia stratiotes* conocida como "lechuga de agua", "lechuguilla" o "repollo de agua", entre otros, originando la disminución de oxígeno en el agua, misma que puede llegar a ser también una plaga (Paris, *et al.*, 2005).

Por otra parte, considerando que en la zona de SLC la precipitación acumulada anual en los últimos 4 años fue de 300 a 1500 mm, éste sería otro factor a evaluar para el seguimiento del buen desarrollo del mangle a razón de que para que alcance su máximo potencial se requieren de precipitaciones anuales de 1500 a 2500 mm (Téllez García, 2010).

Si bien los estudios de la CONABIO (2009) continuarán en torno a la estimación de la tasa de cambio de los manglares en el país en un periodo de 30 años, identificando los principales factores que a lo largo del tiempo han afectado la cobertura de manglar, así como los factores que han favorecido su conservación y las actividades que han resultado en una pérdida de la superficie, es necesario continuar con los monitoreos en tiempo actual para poder integrar las distintas alternativas de desarrollo sustentable, así como a largo plazo, sobre todo al SLC al establecerse como un sitio prioritario de conservación pudiendo incluirse en los Programas de Restauración y Compensación Ambiental convocados por la misma CONABIO y en el Grupo de Monitoreo de Manglares de México.

De acuerdo a los estudios de fauna realizados en el SLC, se ha reportado la presencia de aves marinas, acuáticas y playeras, con una fuerte variación temporal asociada a los procesos de migración. (Mellink, E. y de la Riva, G., 2005); resaltando la gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*) y corcomorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*), ambas especies con reproducción en el SLC y sin protección especial conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Por otra parte, se evidenció la mayor abundancia en las zonas menos influenciadas por las actividades humanas, registrando el menor número de individuos en la zona de la C.T. Manzanillo y en la Glorietta, misma que se ubica en el trayecto de la C. T. al centro de la ciudad de Manzanillo.

Para el semestre Jul-Dic_12, las aves representaron casi el 70% de la fauna evaluada, seguida de los reptiles, los mamíferos y los anfibios. Considerando el periodo completo, 2008-2012 y de manera semestral, los cuatro grupos presentaron una baja de riqueza (Jul-Dic_09) y posteriormente una recuperación (Jul-Dic_11 y Jul-Dic_12), misma que se vio reflejada por la abundancia registrada en esos dos semestres, principalmente para aves y anfibios; siendo la diversidad el indicador más constante, principalmente para aves, no tanto para los anfibios al registrar den descenso de Sep-Dic_08 a Jul-Dic_10, para incrementarse finalmente para Jul-Dic-12.

5.2.3 Espejos de agua

Durante el periodo 2005-2012, el SLC presentó variaciones de incremento y decremento en cuanto a la superficie que comprende el espejo de agua, aspecto que está muy ligado a la intensidad de los periodos de estiaje y de lluvias, así como de ingreso de agua marina a partir de las aperturas artificiales; efecto que varió según el vaso.

De manera general el espejo de agua durante los periodos de estiaje, se incrementaron en superficie en los cuatro vasos, siendo más evidente en el V-IV, seguido de V-III y en menor grado en V-II y V-I; no obstante se debe considerar la regulación de flujo que mantiene el V-IV por parte de los salineros y que se ve reflejado también en el espejo de agua.

Con respecto a los periodos de lluvia, el espejo registró descenso en V-I y V-IV y ascenso en V-II y V-III; efecto asociado a la apertura de entradas de agua que funcionan así mismo como desfogue y alimentación del SLC.

Con respecto a la pesca, al ser las lagunas costeras cuerpos litorales semiprotegidos presentan una variabilidad de condiciones por lo que suelen presentar una gran diversidad de especies, no obstante los organismos que las habitan están constantemente bajo tensiones a razón del territorialismo, la competencia por el espacio y comida, así como por las interacciones complejas de las especies (Cabral Solís, 2011).

La actividad pesquera en el SLC se realiza prácticamente todo el año bajo el régimen de propiedad de acceso abierto, con altos costos de exclusión y trampa social, con mínima o nula participación estatal y carente de medidas de regulación que permitan alguna forma de manejo; de ahí que la estimación del esfuerzo de pesca como variable para la estimación de la abundancia del recurso, es un proceso complejo al considerar los viajes de pesca, el número de pescadores, inmersiones diarias, número de anzuelos, tipo de carnada y el tiempo; índice estratificado por área y por época de pesca, unidad económica de pesca (total de embarcaciones activas por unidad de tiempo), variable empleadas para la estimación *per se* o en combinación (González-Becerril, *et al.* 2000).

La principal captura es de crustáceos, principalmente de camarón café (*Penaeus californiensis*), camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y jaiba (*Callinectes arcuatus*), y peces de valor comercial como la mojarra (*Gerres cinereus*), lisa (*Mugil curema*), malacapa (*Diapterus peruvianus*), cuatete (*Ariopsis liropus*), pargo (*Lutjanus sp.*) y sardina crinuda (*Opisthonema libertate*).

En general en los estuarios la mayor abundancia está representada por pocas especies y de tallas juveniles dado que se utilizan como áreas de alimentación y crecimiento (Cabral Solís, 2011).

La apertura del Canal Tepalcates, al ser artificial, modifica la estructura y composición de especies, incrementa la diversidad de especies y por ende expande la actividad pesquera en las laguna (Cabral Solís, 2011); no obstante el mismo Cabral Solís (2011) y Espino Barr (2004) estimaron que los pescadores resentirán el cambio, ya que si bien el número de especies aumentó, el número de organismos se redujo, por lo que el volumen de captura ha disminuido; no obstante es posible que los organismos estén en fase de adaptación al nuevo y cambiante hábitat.

5.2.4 Calidad del agua

Con la finalidad de sintetizar la información concerniente a los parámetros fisicoquímicos evaluados en el SLC, se establecieron dos pruebas, una de cajas, y otra de anomalías, resaltando que el periodo a considerar es el de 2008-2011, el cual corresponde al periodo de actualización, por lo tanto se cuenta con los datos, uniformidad de métodos y ubicación de las estaciones de muestreo. Posteriormente se incluyen la evaluación con respecto al comportamiento en continuo mediante un análisis de ANOVA de dos vías y finalmente la integración con lo histórico.

En la Figura 5.2 se esquematiza la variación por cajas para la temperatura del agua.

En general la temperatura en el SLC presentó un comportamiento cíclico anual, atendiendo a los cambios estacionales, en el primer caso las temperaturas más bajas se presentan a finales del invierno en tanto que las más altas entre la primavera y el verano, antes del periodo de lluvias.

La dispersión de los datos entre los datos obtenidos para cada vaso y considerando sólo las asociaciones contiguas de vasos dada la estructura del sistema, es decir entre vasos contiguos (VI v.s VII, VII v.s VIII y VIII v.s IV), fue menos evidente entre V-I y V-II, los cuales presentaron un mayor grado de asociación entre los valores de temperatura al registrar la correlación más alta con respecto a las otras dos asociaciones (VII v.s VIII y VIII v.s IV-Tabla 5.1); disminuyendo la correlación entre el V-II y V-III, registrando este último vaso una mayor dispersión de datos a mediados del 2009 y finales del 2010, principios del 2011 (Figura 5.2). La correlación entre el V-III y V-IV fue la más baja evidenciando V-IV una dispersión más evidente pero constante con presencia de valores más extremos a lo largo del periodo evaluado (Figura 5.2).

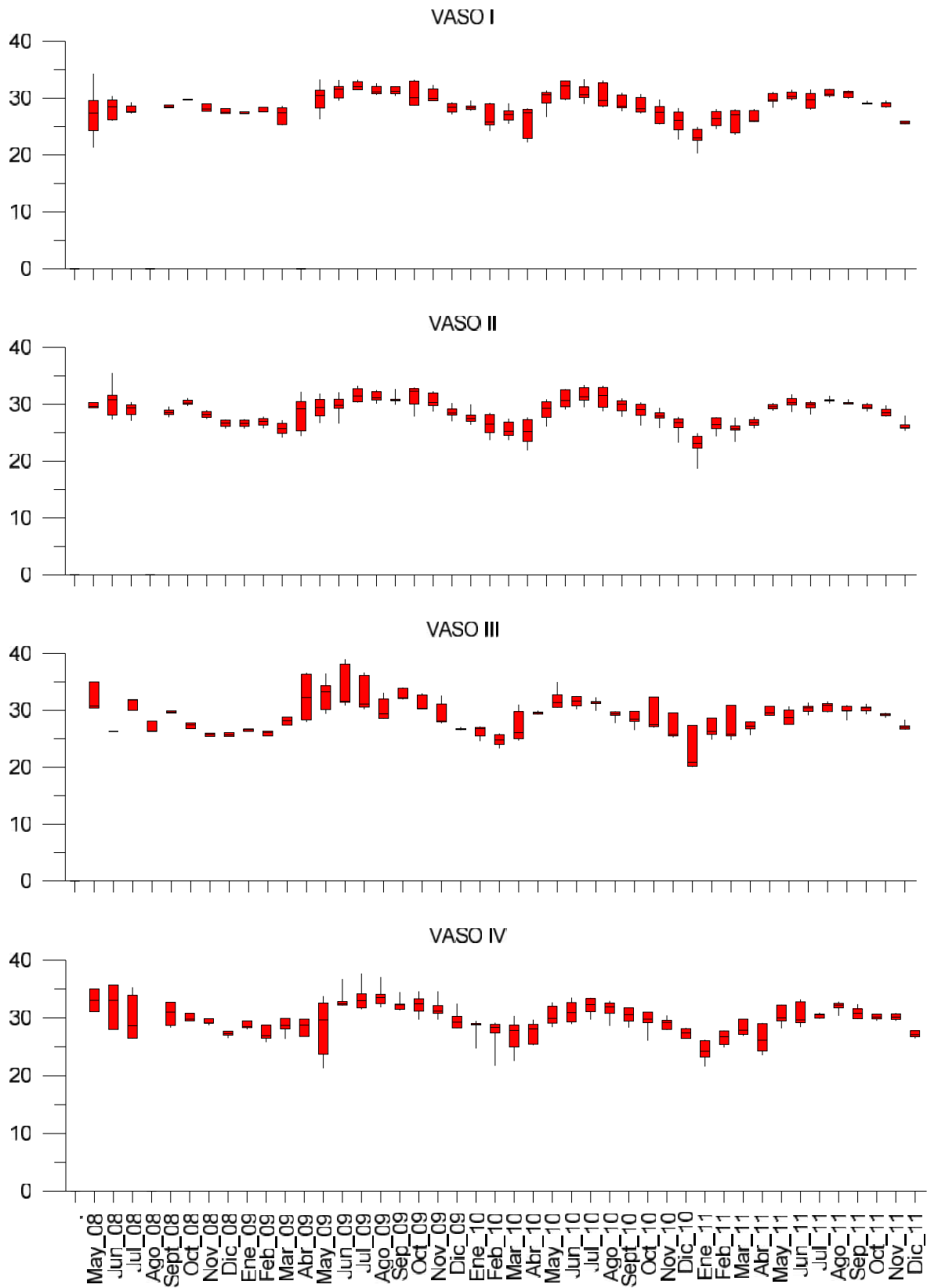


Figura 5.2 Gráficos de cajas para la temperatura del agua (°C), 2008-2011.

Tabla 5.1 Correlación entre vasos para la temperatura del agua, 2008-2011.

COMPARACIONES	V-I v.s V-II	V-II v.s V-III	V-III v.s V-IV
R ²	0.840	0.786	0.753

Por otra parte, considerando los eventos de cierre y apertura del Canal Tepalcates en el periodo 2008-2011 (Tabla 4.1), se observó que si bien no se tiene una fecha exacta del cierre, se evidenció un periodo de cinco meses bajo dicha condición (May_08 a Oct_08), en el cual hubo mayor diferencia entre el comportamiento de los cuatro vasos, y posterior a la apertura se observó una mayor homogenización de tendencias, durante 11 meses, ya que para Oct_09 se presentó nuevamente la condición de azolvamiento, siendo en Dic_09 cuando se llevó a cabo el dragado para su apertura; no obstante durante esos tres meses no se observó el comportamiento tan diferenciado entre vasos, aspecto que se repitió en otro periodo de cierre de siete meses (Sep_10 a Mar_11), previo a un periodo de apertura de ocho meses, por lo que se podría inferir que la temperatura puede mantener su comportamiento estacional ante el cierre del Canal Tepalcates, si los periodos de apertura no superan los ocho meses, periodo que le sirve de estabilización.

En la Figura 5.3 se presentan las anomalías por vaso, con las cuales también se evidencia la oscilación con respecto a los periodos estacionales, comportamiento mencionado anteriormente. En ese sentido las anomalías en el caso del V-I oscilan en +/- 4.0 unidades a excepción de la obtenida en Ene_11 que alcanza poco más de las 5.0 unidades.

En el caso del V-II se presentan variaciones en rangos similares, repitiéndose la anomalía en Ene_11 en magnitud semejante, misma que se evidencia en V-III y V-IV, siendo de mayor magnitud en el primero al alcanzar las siete unidades, adicionalmente en este vaso se registraron dos más que superaron las cuatro unidades, en Jul_09 (+) y Mar_10 (-); en tanto que en el V-IV el resto de las anomalías se mantuvo dentro del rango de las cuatro unidades (+/-).

Con respecto al monitoreo del comportamiento continuo, los cambios por día evidenciaron el incremento de temperatura al atardecer y el descenso en la madrugada alcanzando las mínimas hasta antes del mediodía; resaltando la tendencia a registrar un incremento en la temperatura de la entrada de Canal Ventanas hacia el V-IV, aspecto que se evidencia en la Figura 5.4 con el análisis espacio temporal.

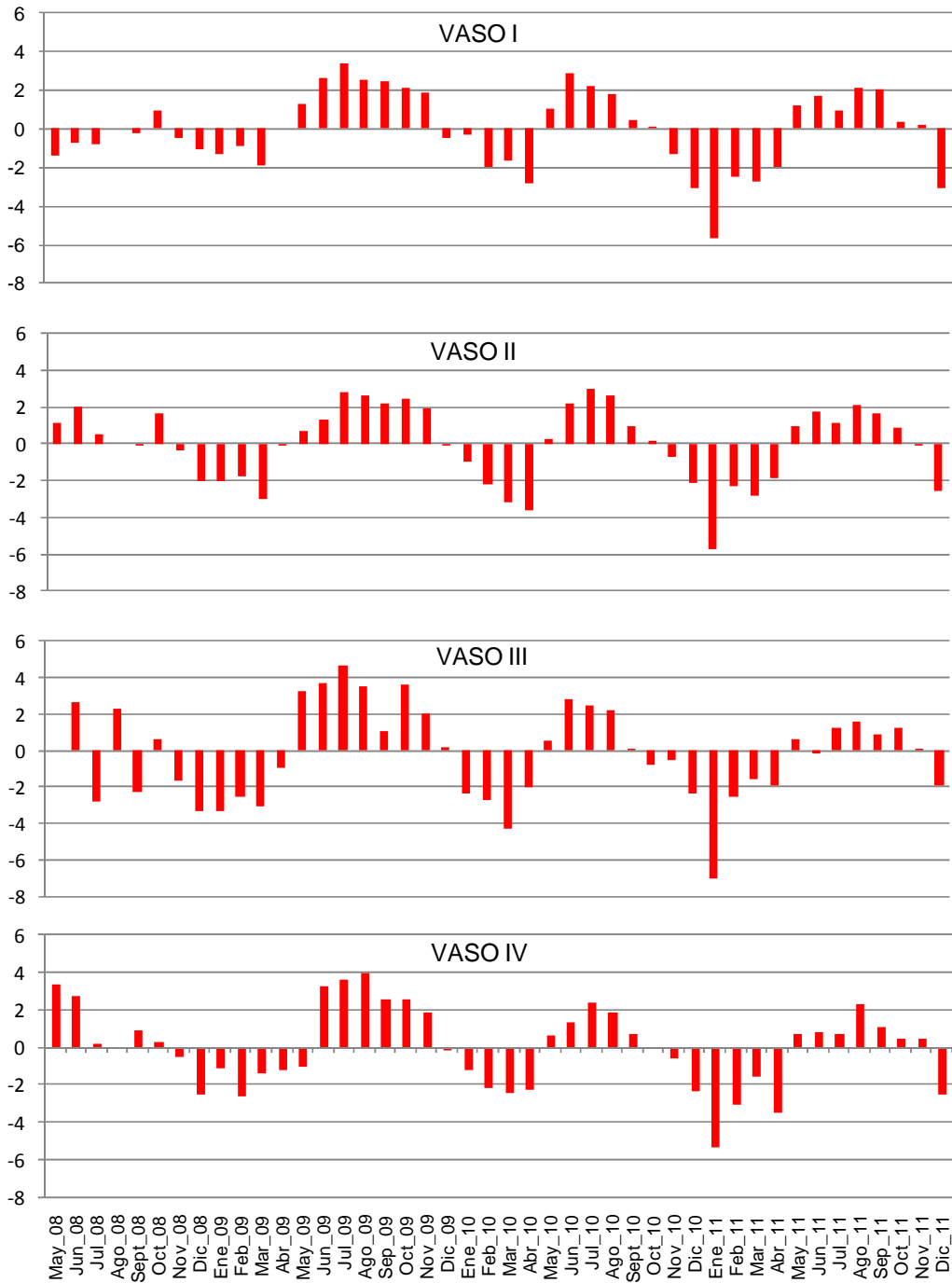


Figura 5.3 Anomalías para temperatura (°C), 2008-2011.

Con el análisis espacio temporal mediante la aplicación de una ANOVA, considerando los datos de los cuatro monitoreos continuos par cada vaso del SLC, se observó el incremento de temperatura del Canal Ventanas hacia el V-IV de manera independiente a la fecha, efecto asociado a la entrada de agua fresca por el Canal Ventanas hacia V-I y V-II principalmente, así como por el Canal Tepalcates hacia el V-II y V-III principalmente. Por otra parte se observa mayor homogeneidad entre los vasos I, II y III, siendo V-IV en donde se registraron las más altas temperaturas. En cuanto al comportamiento estacional,

se observa que en Mar_11 se registraron las temperaturas más bajas a razón del término del invierno, en tanto que en los otros tres monitoreos correspondieron al periodo de lluvias, así como al verano-otoño.

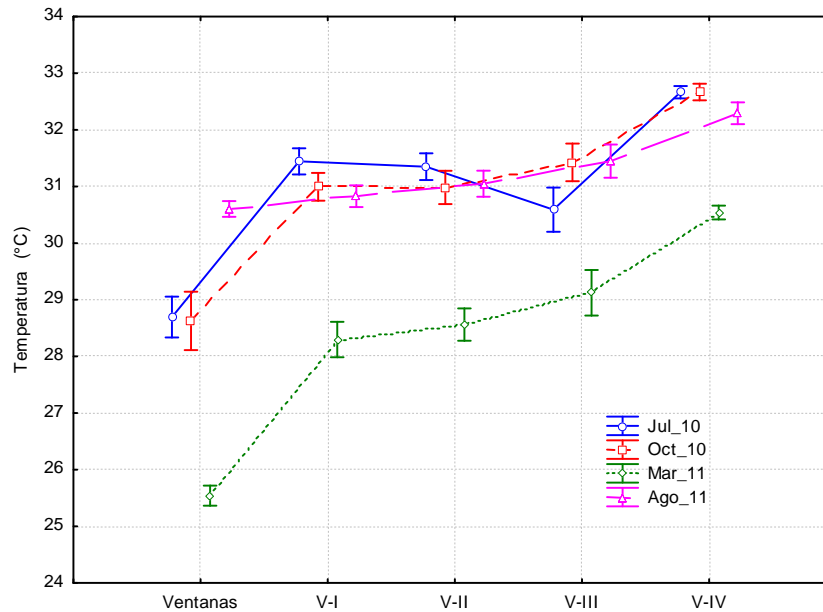


Figura 5.4 Análisis espacio temporal para la temperatura del agua por vaso y durante los cuatro monitoreos continuos de 48 horas.

Históricamente, los cierres y aperturas documentados (Tabla 2.2) sin mayor precisión fueron: en 2005-2006 (azolvamiento y dragado) y 2000 (comunicación con el mar al terminar la construcción del canal); periodos de los cuales no se obtuvieron registros, no obstante durante 1996 y 1997, años en los que se inició y se desarrolló la construcción del Canal Tepalcates, se evidenció también mayor discrepancia en el comportamiento de los cuatro vasos, pudiendo asociar de manera general que los eventos de construcción y cierre con lapsos prolongados (mayores a ocho meses pueden originar discrepancias en el comportamiento de la temperatura en el SLC, no obstante se recupera la homogeneidad entre los vasos en base a los tiempos de apertura.

Por otra parte, la temperatura cambia en el espacio y en el tiempo, originando gradientes horizontales y verticales que modifican los patrones de circulación, mismos que a su vez se relacionan con las condiciones morfológicas del sistema, las profundidades, aportaciones de flujos externos (mareas, aportaciones fluviales y subterráneos) e incidencia de los vientos (Vergara Sánchez, 2007); en el caso del SLC, se detectó que en las zonas con menor profundidad la temperatura puede variar en mayor grado a razón de la intensidad de los vientos que en las zonas más profundas en las cuales las mareas (zonas aledañas a las entradas de agua marina) y corrientes (en zonas más alejadas al dichas entradas) también influyen en los cambios de la temperatura durante el día.

La temperatura del agua es uno de los parámetros de calidad del agua que afecta la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos, dado que influye en la cantidad de oxígeno disuelto, velocidad de fotosíntesis y metabolismo, épocas de reproducción, migración y estivación, por lo que la tendencia de la misma estaría influenciando en el comportamiento de dichos procesos.

En la Figura 5.5 se presentan los gráficos de cajas para el caso del pH, en este caso su comportamiento no fue estacional, manteniendo una tendencia homogénea a excepción del periodo de Dic_08 a Oct_09, el cual correspondió al lapso posterior a la apertura del Canal Tepalcates y periodo de estiaje, y en el cual se evidenció una mayor dispersión de datos, siendo el V-III en donde se registró mayor dispersión de datos a lo largo del periodo evaluado, en tanto que en el V-IV fue en donde se registraron medianas extremas de 9.7 y 5.93 unidades; posteriormente a dicho periodo, si bien el Canal Tepalcates se azolvó manteniendo a los sumo un metro de tirante por un lapso de tres meses, el comportamiento se homogenizó, registrando generalmente valores ligeramente más altos en V-I y V-II; evidenciando en general pocos valores extremos.

En la Tabla 5.2 se presentan las correlaciones entre los vasos contiguos, la cuales resultan ser bajas, y si bien se repite el patrón de disminución de correlación entre los vasos, VI v.s VII más alta y V-III v.s V-IV más baja, a diferencia de la temperatura, en donde la disminución de la correlación se dio en decimales y centesimales, en este caso en ambos casos fue de decimales en más de dos unidades.

Tabla 5.2 Correlación entre vasos para el pH del agua, 2008-2011.

COMPARACIONES	V-I v.s V-II	V-II v.s V-III	V-III v.s V-IV
R ²	0.721	0.542	0.247

En la Figura 5.6 se representan las anomalías, observando de manera general que las mismas se registraron en un rango de +/- 1 unidad, a excepción de la registrada en May_09 en V-IV, que superó ligeramente las dos unidades; por otra parte, las de mayor magnitud se presentaron en el periodo May_09 a Oct_09, predominando las negativas, en tanto que el resto del periodo predominaron las positivas aunque en órdenes de magnitud inferiores, manteniendo con ello un comportamiento similar en tendencia de anomalías entre los vasos.

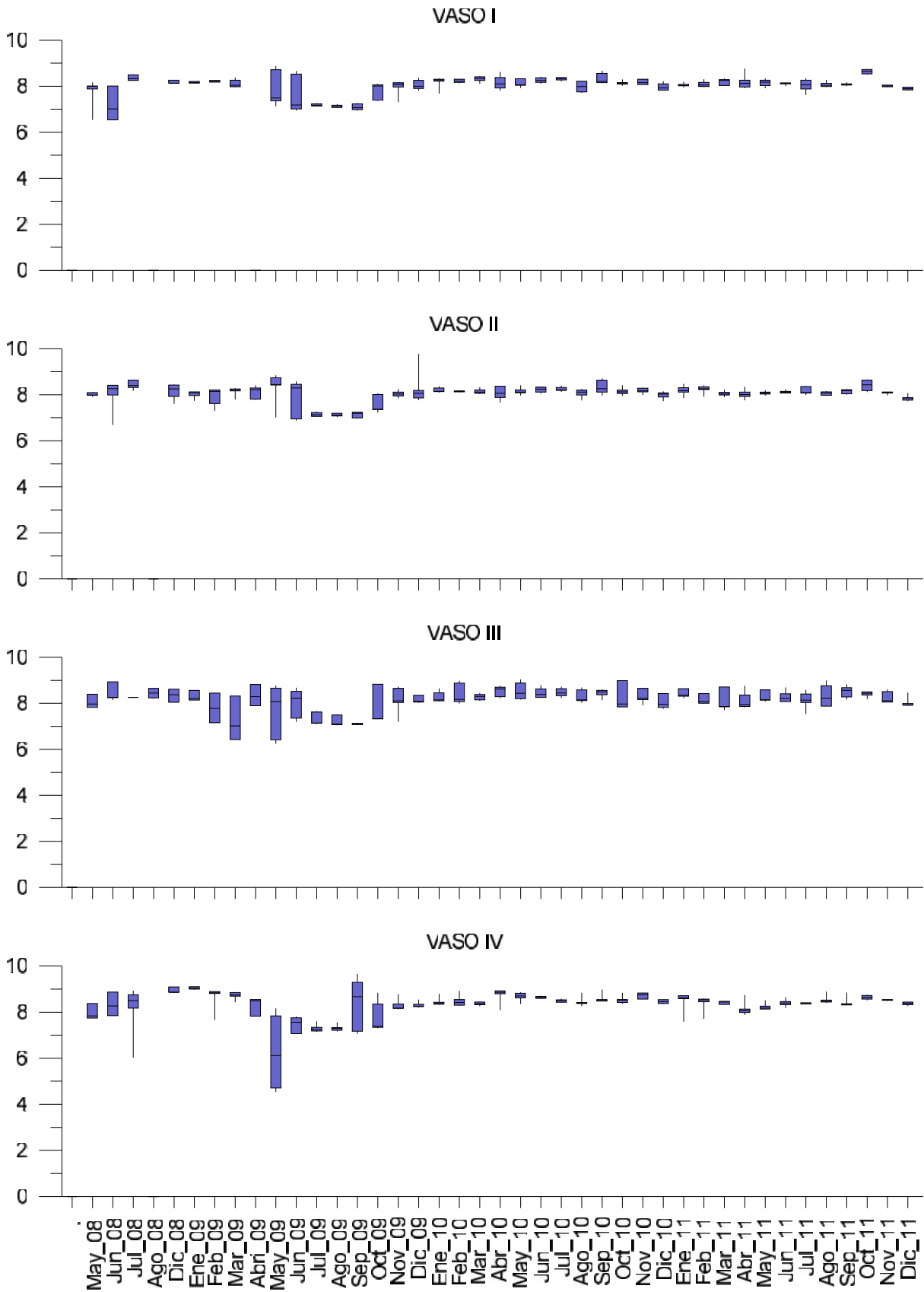


Figura 5.5 Gráficos de cajas para pH del agua, 2008-2011.

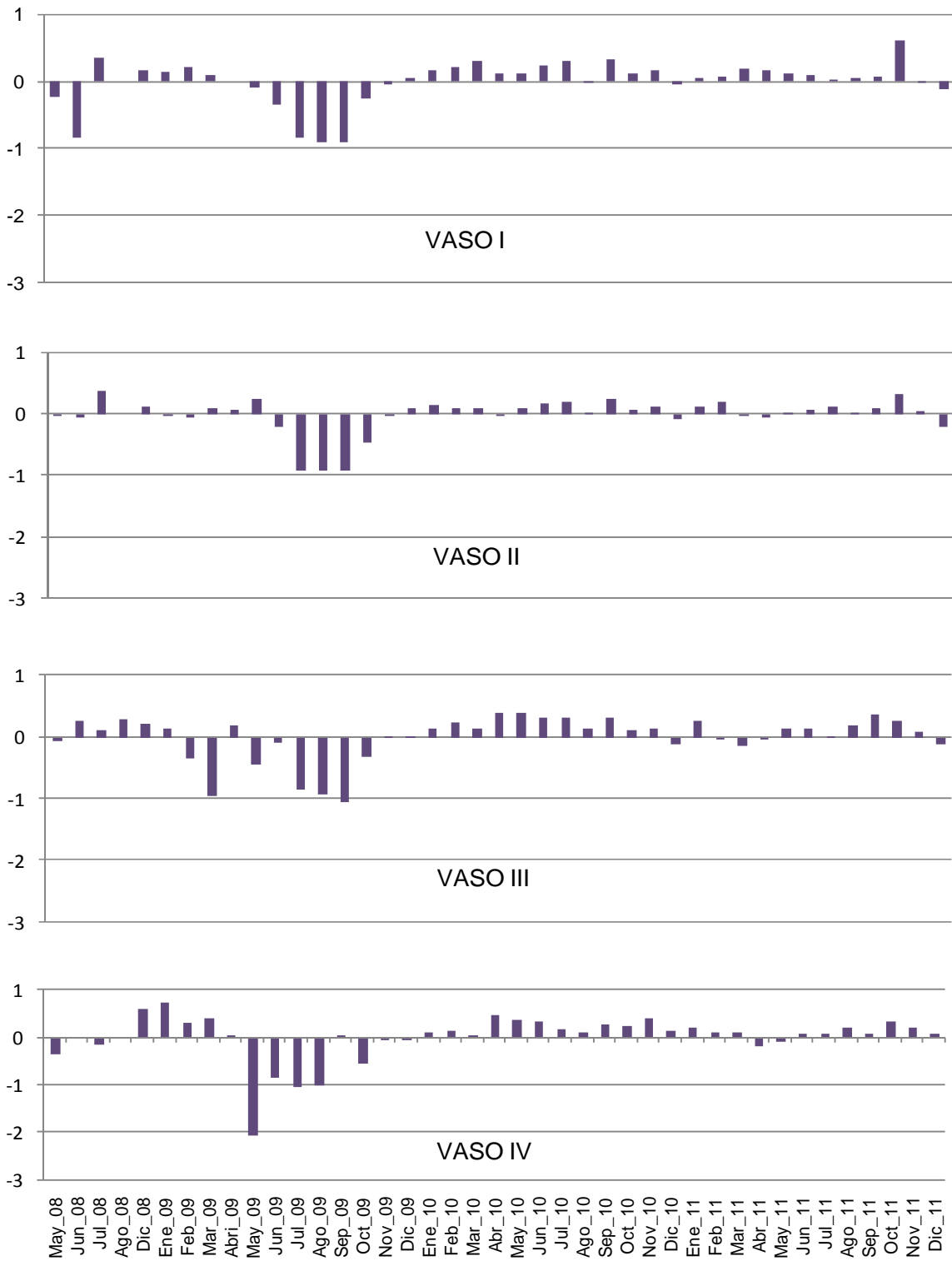


Figura 5.6 Anomalías para pH, 2008-2011.

Por otra parte, en cuanto a las variaciones diarias, evidenciaron un ligero comportamiento cíclico con medias en un rango de la unidad (7.9 – 8.9), registrando los incrementos de medio día al atardecer y los descensos de la madrugada al amanecer; comportamiento

que coincide en cierta forma con el de la temperatura en el lapso de 24 horas; no así en cuanto a la tendencia general en el sistema, ya que para ésta parámetro, no hubo tendencia de incremento sino de variación, siendo en la entrada de Canal Ventanas y V-IV los que más variación registraron entre monitoreos.

En la Figura 5.7 se presenta el análisis espacio temporal, observando que el comportamiento de incremento de Canal Ventanas hacia el V-IV ya no fue tan evidente, como en el caso de la temperatura, resaltando el comportamiento contrario en el monitoreo de Ago_11, en el cual se presentó un en ese mismo sentido, Ventanas a V-I. En general los valores más altos se registraron en Oct_10 y los más bajos en Jul_10.

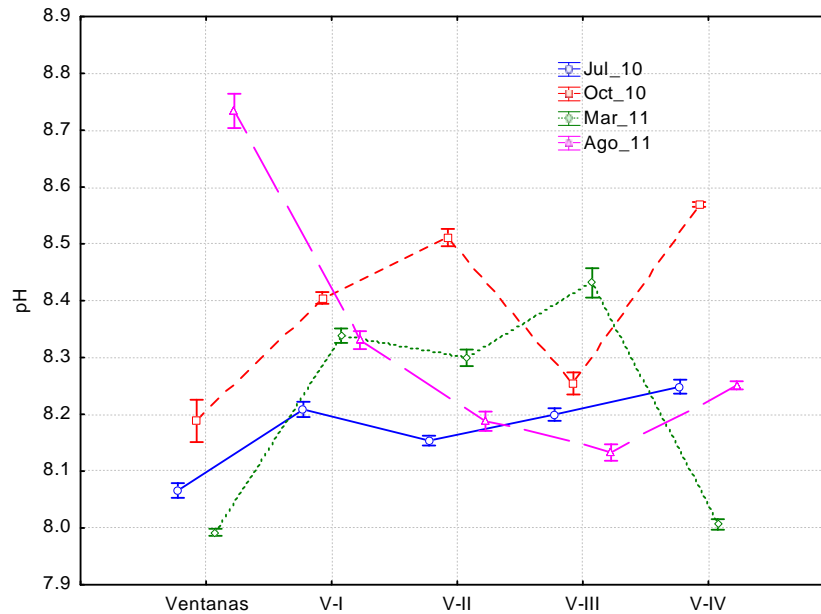


Figura 5.7 Análisis espacio temporal para el pH del agua por vaso y durante los cuatro monitoreos continuos de 48 horas.

Históricamente el comportamiento en los vasos I, II y III (V-IV sin registro) era constante en el periodo 1989-1990, no así para el periodo comprendido de Ago_96 a Oct-97 con variaciones y descensos principalmente en los vasos II y IV, periodo correspondiente a la construcción del Canal Tepalcates y al cual se asocian dichas variaciones; en relación a los eventos de cierre y apertura posteriores, prácticamente la respuesta fue similar al de la temperatura, con variaciones entre vasas pasando la apertura en Oct_08, y sin variaciones en los eventos de 2009 y 2010-2011, durante los cuales el pH se mantuvo homogéneo en los cuatro vasos.

En general el SLC ha mantenido medias de 8.0 a 8.5 unidades, es decir con tendencia alcalina, misma que se puede asociar a la liberación de carbonatos de moluscos y bivalvos, resaltando que de manera puntual si se lograron registros por debajo de 6.0

unidades reflejando acidez asociada a la descomposición de materia orgánica y liberación de ácidos favoreciendo a la vez la proliferación bacteriana, misma que agota el oxígeno.

Con respecto a la salinidad, en la Figura 5.8 se presentan las gráficas de cajas y bigotes, para el caso del V-I se observan cinco descensos registrados entre Jul_08 y Dic_08, Jul_10 y Sep_10 y, entre Sep_11 y Oct-11, en el primer periodo asociado inicialmente a las condiciones de lluvia y Canal Tepalcates cerrado con apertura del mismo en (Oct_08), en el segundo periodo se asocian a la temporada de lluvia y al cierre del canal (Sep_10), en tanto que en el tercer periodo sólo se asocian al periodo de lluvias y a la presencia del Huracán Jova (Oct_11) aportando un acumulado de 263.78 mm. En el V-II se observaron también disminuciones en los periodos mencionados anteriormente para el V-I, asociados a las condiciones de periodo de lluvia y condiciones de canal para cada periodo. De igual forma en ambos vasos, no se evidenció un descenso de valores en el periodo de lluvias correspondiente al 2009, asociado a la precipitación acumulada de 660.24 mm, la cual representó casi el 50% de la acumulada en el 2010 y 2011, con 1,436.33 y 1,251.78 mm, respectivamente.

Para el V-III también se observó la disminución de valores con respecto a las asociaciones antes mencionadas, resaltando en este caso la mayor dispersión de datos asociada a los periodos de estiaje, y a la variación del tirante de agua en algunas de las estaciones de muestreo ubicadas en este vaso, llegando a ser incluso de alrededor de los 10 cm de espesor, no obstante sobresalen los registros correspondientes al 2008, asociados al un estiaje más severo que en los años posteriores, efecto que se reflejó también en el V-IV, en el cual adicionalmente se observó de igual forma el efecto de los periodos de lluvia y estiaje, aunque a diferencia de los primeros tres vasos, en éste las disminuciones en el periodo de lluvia son de menor magnitud, en tanto que la dispersión de datos no es evidente como en el V-III, resaltando la presencia de una mayor cantidad de valores extremos altos en los periodos de estiaje.

En la Tabla 5.3 se presentan las correlaciones obtenidas con la salinidad, obteniendo buenas correlaciones entre V-I y V-II, y V-III y V-IV, rompiendo el esquema de disminución de correlación entre vasos al interior de la laguna, es decir, registrando la máxima correlación entre VI y VII y la más baja entre V-III y V-IV, como se evidencio para el caso de la temperatura y el pH.

En la Figura 5.9 se presentan las anomalías, observando las de menor magnitud en los vasos I y II (menores a 20 unidades), en tanto que las registradas en los vasos III y IV alcanzaron de -41 a 66 unidades, reflejándose con mayor intensidad el efecto de la estacionalidad del año en los registros de salinidad en últimos dos vasos.

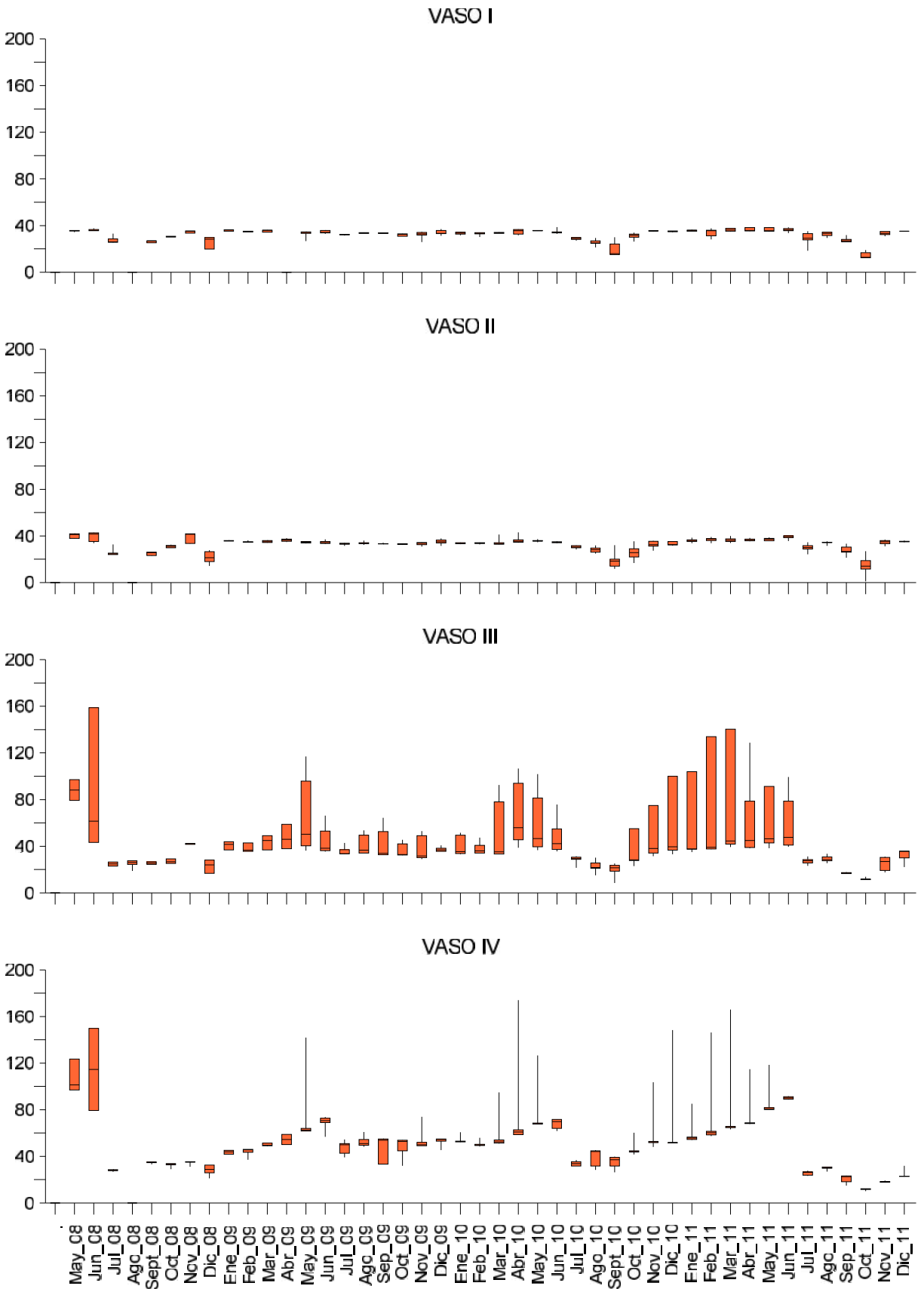


Figura 5.8 Gráficos de cajas para la salinidad (ups) del agua, 2008-2011.

Tabla 5.3 Correlación entre vasos para la salinidad del agua, 2008-2011.

COMPARACIONES	V-I v.s V-II	V-II v.s V-III	V-III v.s V-IV
R ²	0.882	0.549	0.864

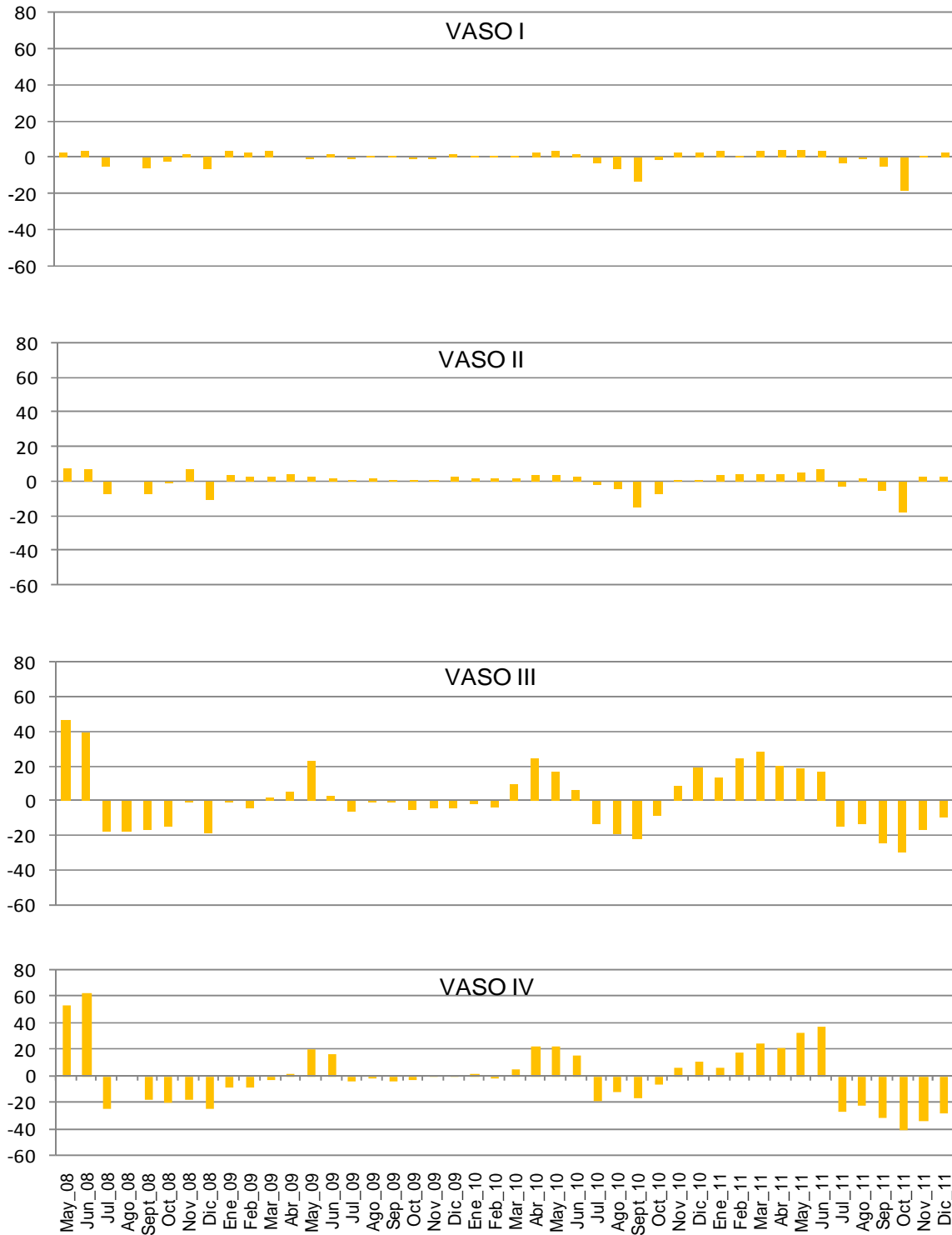


Figura 5.9 Anomalías para salinidad (ups), 2008-2011.

Considerando los monitoreos continuos, se observó que los altos registros en periodo de estiaje (Jul_10 y Mar_11) mantuvieron una tendencia lineal en tanto que en periodo de lluvias (Oct_10 y Ago_11) con el descenso de valores, se originó también un comportamiento cíclico aunque con diferencias horarias al registrar los máximos y mínimos, a excepción del V-IV en el cual, incluso en este periodo evidencio un comportamiento lineal.

En la Figura 5.10 se presenta el análisis de la salinidad, observando que en Ago_11 la salinidad en el SLC fue más homogénea, registrando los valores más bajos en Oct_10 y los más altos en Mar_11, siendo V-IV el que presentó mayor salinidad, siendo más homogéneos los otros tres (V-I, V-II y V-III).

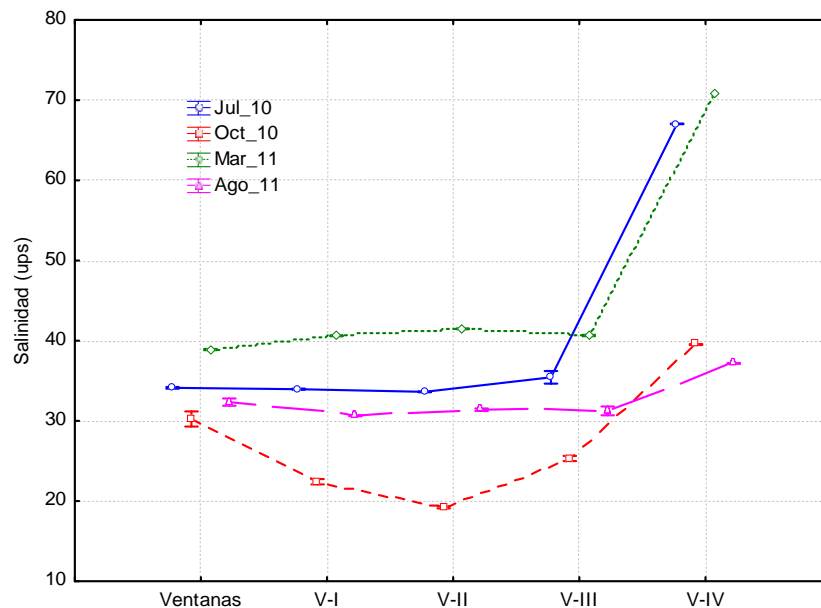


Figura 5.10 Análisis espacio temporal para la salinidad del agua por vaso y durante los cuatro monitoreos continuos de 48 horas.

En contraste, históricamente se identificó el efecto de los periodos de estiaje y lluvias, observándose incluso un efecto similar en los tres vasos (I, II y III), resaltando que incluso V-I y V-II evidenciaron incrementos y decrementos más pronunciados que en el periodo 2008-2009, en el cual se observó incluso un descenso en las medias para estos dos vasos.

El oxígeno disuelto es un factor indispensable para la realización de los procesos biológicos aerobios, en la Figura 5.11 se presenta los gráficos de cajas y bigotes correspondientes a cada vaso.

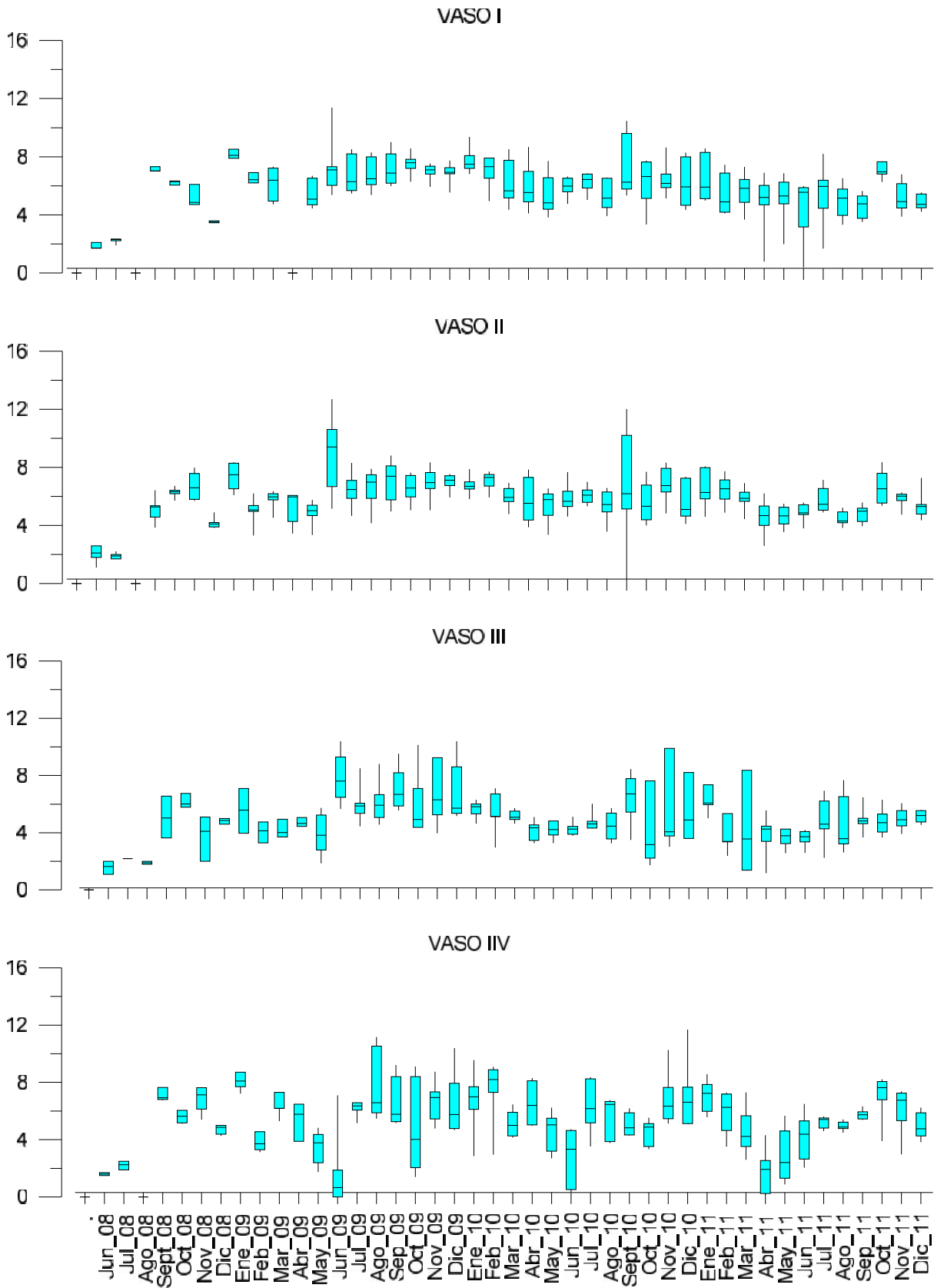


Figura 5.11 Gráficos de cajas para el OD (mg/L) del agua, 2008-2011.

En este caso, al igual que con la temperatura y el pH la dispersión de datos es más homogénea con respecto a la de la salinidad en donde se evidenció una discrepancia entre el V-I y V-II con respecto a V-III y V-IV.

Para el caso del V-I, durante el periodo de Jun_08 a Feb_09, se registró poca dispersión de datos sin valores extremos, pero sin mostrar una tendencia clara, comportamiento asociado a las condiciones de cierre del Canal Tepalcates y apertura del mismo en Oct_08 entrando en un periodo de estabilización; posteriormente se regulariza la tendencia disminuyendo los valores en el periodo de estiaje y aumentando por lo regular durante el periodo de lluvia.

En el V-II, también se evidenció ese periodo inicial posterior a la apertura del canal en Oct_08, para posteriormente mantener un comportamiento similar al V-I en cuanto a la estacionalidad del año.

El comportamiento mencionado anteriormente para los vasos I y II con respecto al periodo Jun_08 a Feb_09, y estacionalidad del año, se registró también en el V-III, no obstante la dispersión de datos en los periodos de lluvia fue de mayor magnitud. Por otra parte, para el V-IV, dichas tendencias fueron más marcadas y con mayor dispersión de datos durante todo el periodo de seguimiento, en este sentido cabe resaltar que el descenso de oxígeno disuelto en este vaso llegó a ser considerable, registrando medias por debajo de 2.0 mg/L al término del periodo de estiaje (junio), coincidiendo con las salinidades más altas registradas en este vaso y con la presencia de peses muertos.

En la Tabla 5.4 se presentan las correlaciones, como se observa la mayor se registró entre el V-I y V-II, sin ser una buena correlación, disminuyendo para las siguientes comparaciones, por lo que para este parámetro cada vaso tiene un comportamiento particular.

Tabla 5.4 Correlación entre vasos para el OD del agua, 2008-2011.

COMPARACIONES	V-I v.s V-II	V-II v.s V-III	V-III v.s V-IV
R²	0.757	0.644	0.191

En la Figura 5.12 se presentan las anomalías, observando que durante los tres primeros meses de monitoreo predominaron anomalías negativas en los cuatro vasos, posteriormente se registraron tanto positivas como negativas asociadas sin estar asociadas a los periodos de lluvia o estiaje, dentro de un rango de magnitud similar en los cuatro vasos.

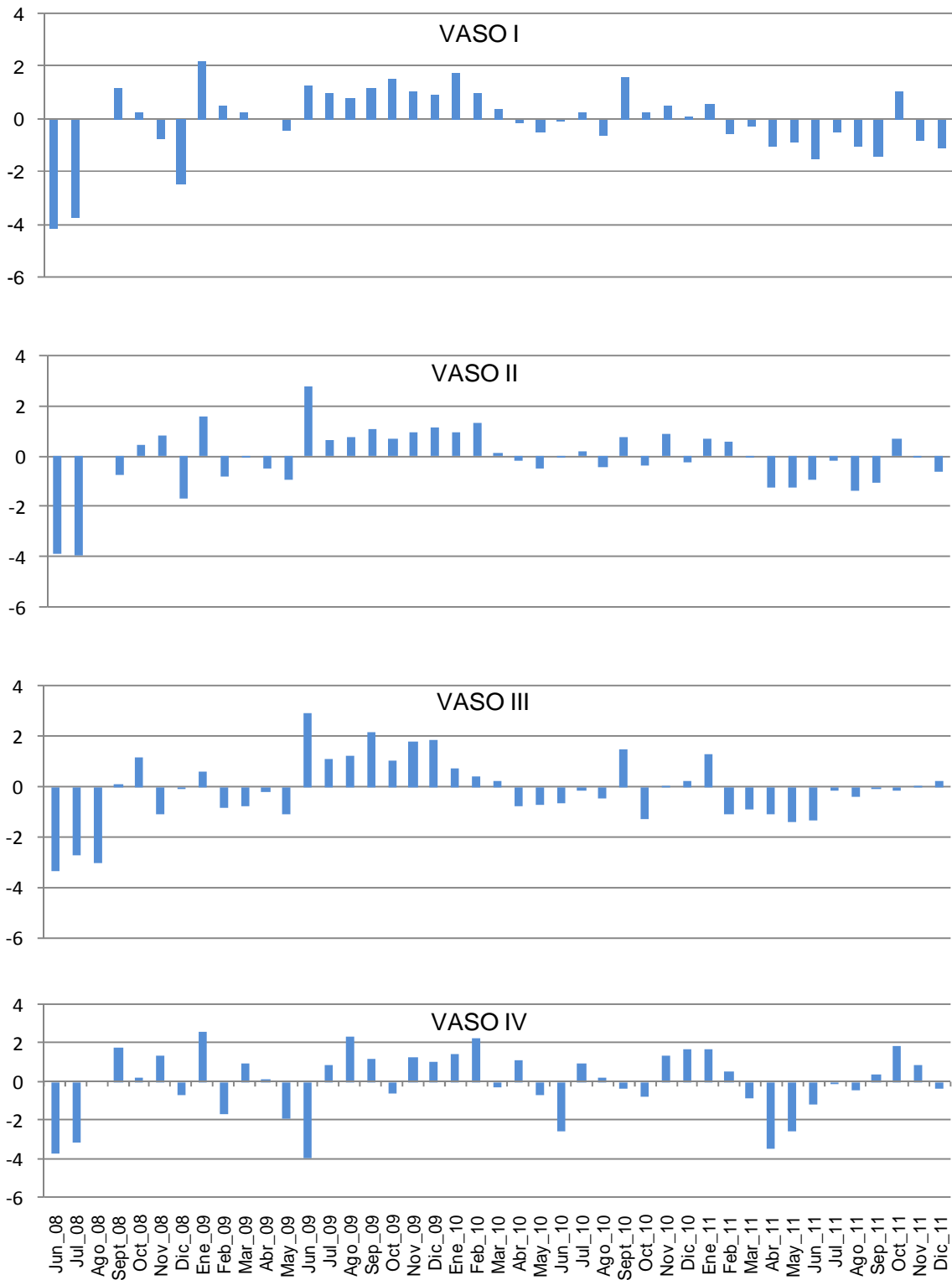


Figura 5.12 Anomalías para el oxígeno disuelto (mg/L), 2008-2011.

En relación a los cambio diarios, se evidenció un comportamiento cíclico bien marcado, registrando las mayores concentraciones al atardecer y la menores durante la mañana, registrando una excepción en Mar_11 y Ago_11 para V-IV, a razón de registrar un

comportamiento lineal con medias casi de cero y de 8.7 mg/L, respectivamente, aspecto asociado al registro de concentraciones de sal elevadas (media de por arriba de 75.0 ups) y bajas (media por debajo de 30.0 ups), respectivamente. En la Figura 5.13 se presenta el análisis espacio temporal, resaltando el descenso atípico en el V-IV (Mar_11), registrando los valores más altos en Oct_10, en tanto que en Jul_10 y Ago_11 predominó una tendencia de descenso de Ventanas a V-IV, presentando V-I y V-II menor variación con respecto a Ventanas y V-IV.

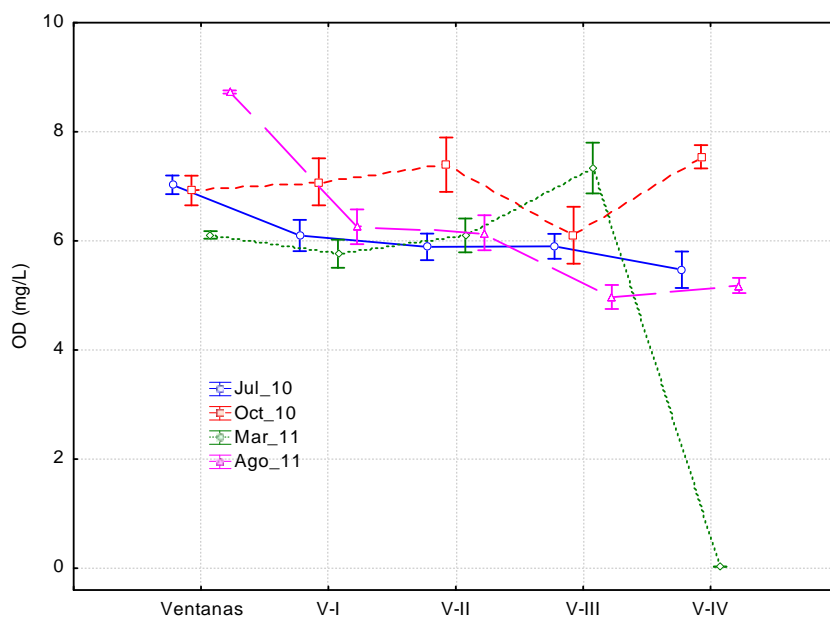


Figura 5.13 Análisis espacio temporal para el oxígeno disuelto en el agua por vaso y durante los cuatro monitoreos de 48 horas.

Históricamente, para V-I y V-II se evidenció el mismo comportamiento en relación al contenido de sal, ya que hasta antes de la construcción del canal las concentraciones de oxígeno evidenciaron medias de 4.0 hasta 12.0 mg/L, aspecto asociado a las salinidades registradas en dicho periodo, mismas que fluctuaron con medias menores a 50.0 ups, y si bien no se obtuvo registro para el V-IV, en el V-III se registró una baja al incrementarse su salinidad aún dentro de esos rangos. Caso especial se registró en el periodo 1996-1997, durante el cual se construyó el canal ya que se registraron altas concentraciones en V-I y V-II y muy bajas en V-III y V-IV, en el caso de los dos primeros si se asoció a concentraciones bajas de salinidad, sin embargo para V-III con rangos de salinidad semejantes es esos vasos, se puede establecer que el efecto fue a razón de la construcción del canal, sin poder corroborarlo al no tener registro de salinidades para V-IV durante dicho periodo.

En general, las tendencias de oxígeno anual están muy relacionadas al comportamiento de la salinidad, en tanto que el comportamiento temporal se puede asociar a otros factores como las mareas, procesos fotosintéticos locales y descomposición de materia orgánica.

Con respecto a la DBO, en la Figura 5.14 se presentan los gráficos de cajas y bigotes.

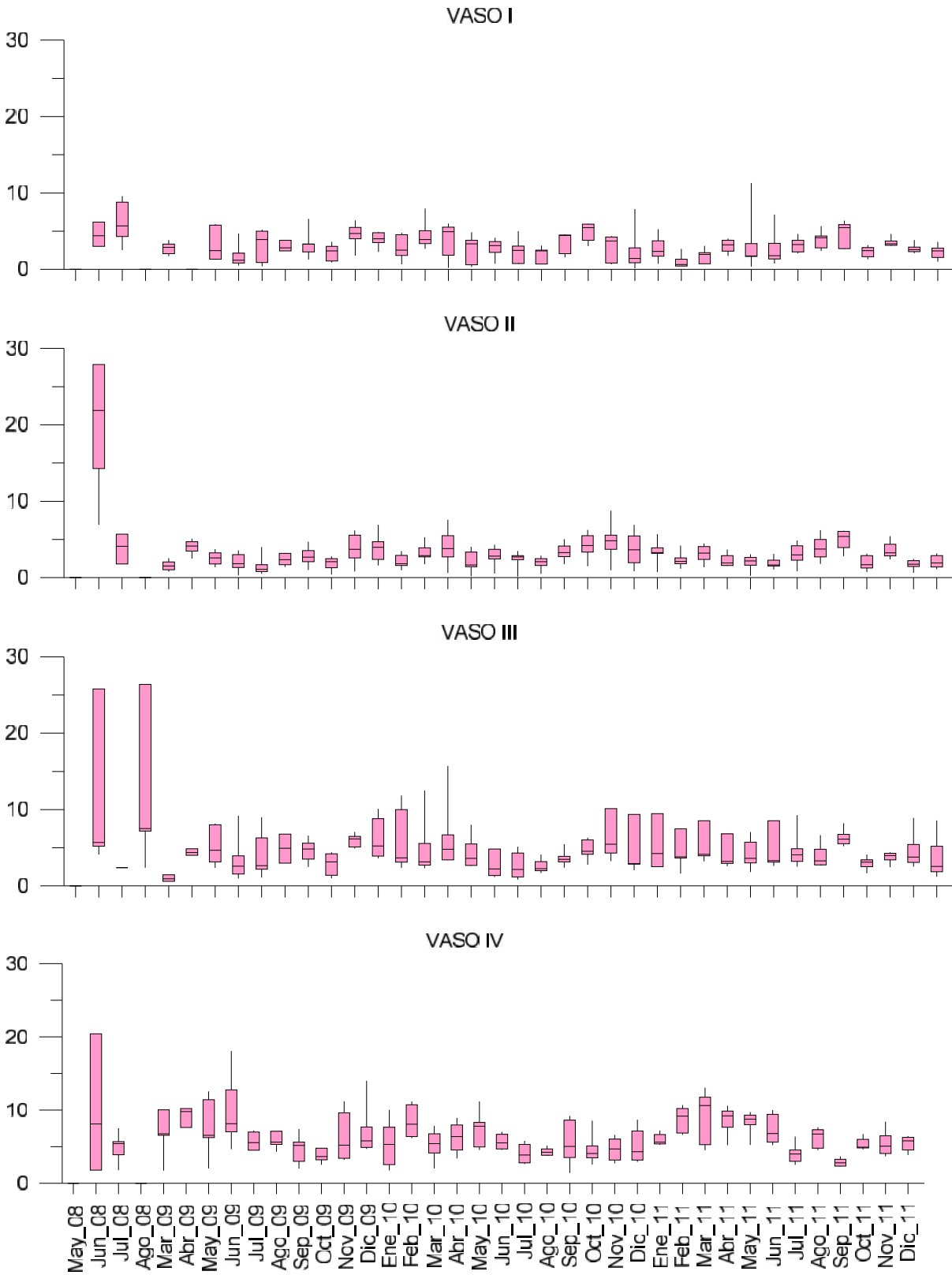


Figura 5.14 Gráficos de cajas para el DBO (mg/L) del agua, 2008-2011.

Durante el periodo de Jun_08 a Ago_08 en el V-I, no se registraron concentraciones por arriba de los 10.0 mg/L a diferencia de los otros tres vasos, aspecto asociado al hecho de que a pesar de estar cerrado el Canal Tepalcates, este vaso tiene comunicación con aguas marinas a través del Canal Ventanas, por lo que en su momento no se generó tanta demanda como en los otros casos en donde al estar con menor circulación de agua hay estancamiento y mayor demanda. El resto del periodo se mantuvo con una dispersión de datos más o menos constante.

En el V-II, después del periodo antes citado con registro de altas concentraciones también se evidenció un comportamiento con una dispersión de datos constante e igualmente en concentraciones bajas; en este sentido si bien en esta vaso junto con el V-I, es en donde se concentran las manchas urbanas más grandes, se debe recordar que la ubicación de las estaciones de monitoreo no estuvieron cercanas a las orillas en donde las influencias de descargas pudieran incrementar dichos valores.

En el caso de los vasos III y IV, se registró mayor dispersión de datos, y en el caso particular del V-IV, se observa un ligero comportamiento cíclico con respecto al periodo de estiaje y lluvia, alcanzando las más altas concentraciones en los meses de abril y mayo.

En la Tabla 5.5 se presentan las correlaciones entre los vasos, observando que para este parámetro no existe una correlación alguna

Tabla 5.5 Correlación entre vasos para el DBO del agua, 2008-2011.

COMPARACIONES	V-I v.s V-II	V-II v.s V-III	V-III v.s V-IV
R ²	0.169	0.445	0.095

En la Figura 5.15 se presentan las anomalías correspondientes, observando que a excepción de las registradas en Jun_08 en V-II y Ago_08 en el V-III, el resto no supero los +/- 5 unidades. Por otra parte tampoco se evidencia una tendencia cíclica o patrón de las mismas.

Con respecto a los eventos de cierre y apertura del Canal Tepalcates, no se observó efecto aparente, más bien se asocia a la presencia de actividades hantropogénicas y descargas de aguas residuales, mismas que si bien han sido señaladas históricamente, a la fecha no han sido controladas. Así mismo, con dichas descargas y actividad antropogénica está asociada la presencia Coliformes fecales en el SLC, mismos que si bien no evidencian un patrón bien definido, durante el periodo de lluvias se registraron incrementos puntuales asociados a la disminución salina y por ende a la migración de dichos microorganismos por el SLC.

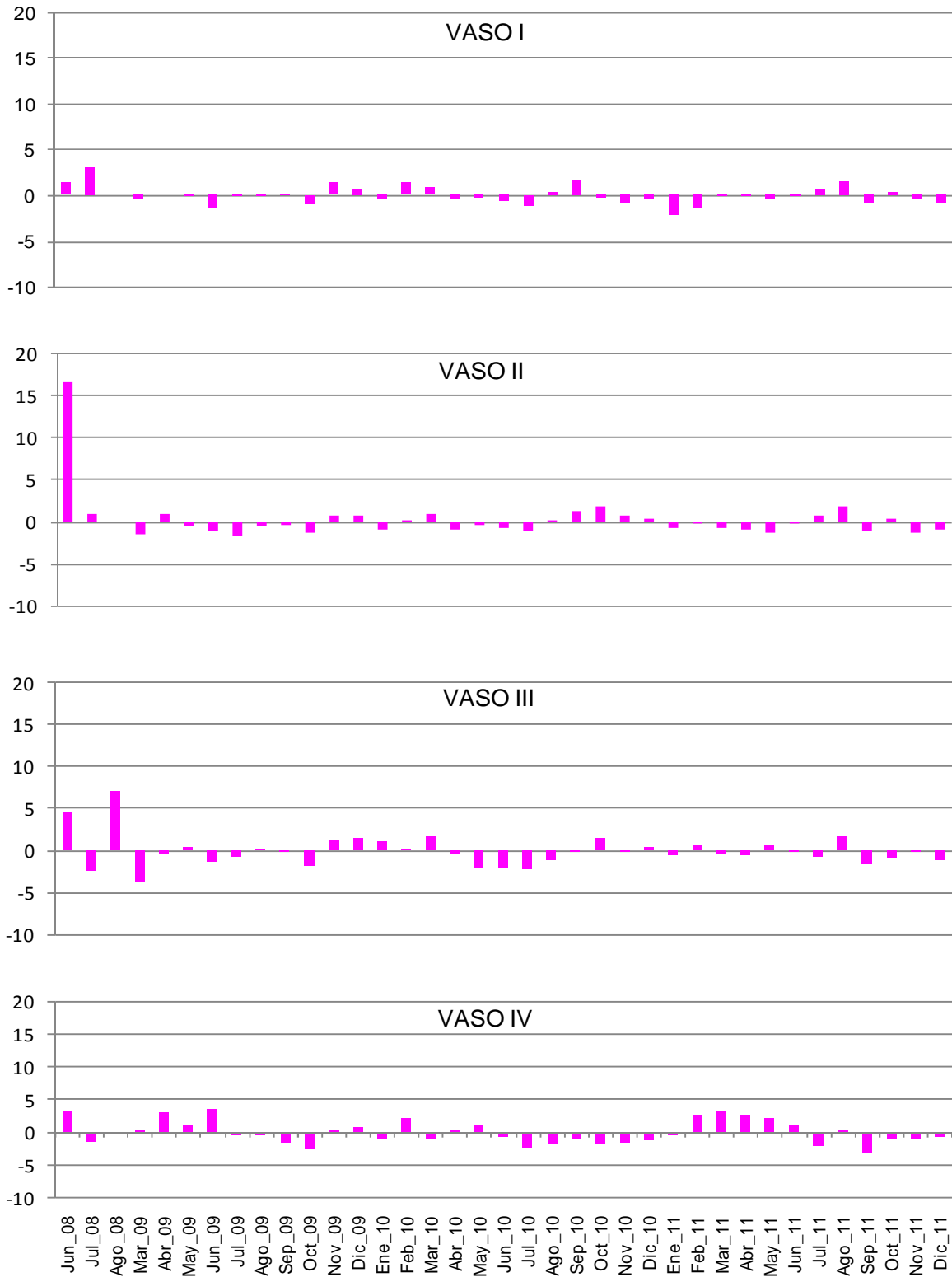


Figura 5.15 Anomalías para la DBO (mg/L), 2008-2011.

Considerando la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, en la

Tabla 5.6 se enlistan los límites máximos permisibles para la temperatura y demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 5.6 Límites establecidos para aguas costeras y humedales en la NOM-001-ECOL-1996.
(P.M: promedio mensual; P.D: promedio diario)

PARÁMETRO	EXPLOTACIÓN PESQUERA, NAVEGACIÓN Y OTROS USOS		RECREACIÓN		ESTUARIOS		HUMEDALES NATURALES	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Temperatura (°C)	40	40	40	40	40	40	40	40
DBO ₅ (mg/L)	150	200	75	150	75	150	75	150

Con respecto a la temperatura del agua, durante el periodo 2008-2011, no se registraron temperaturas promedio diario o promedio mensual por arriba de los 40°C, durante el histórico retrospectivo tampoco se superó dicha instancia. En el caso de la DBO, a excepción de los promedios mensuales registrados en May_97, que superaron los 84 mg/L, no se han sobrepasado dichos límites.

En la Tabla 5.7 se presentan los valores de referencia establecidos en los Criterios de Calidad del Agua que aplican para la presente evaluación; siendo los Coliformes fecales los que estarían estableciendo la mala calidad del agua presente en el SLC para los usos.

Tabla 5.7 Límites establecidos en los Criterios de Calidad Agua.

PARÁMETRO	RECREATIVO CON CONTACTO PRIMARIO	PROTECCIÓN A LA VIDA ACUÁTICA (agua marina-áreas costeras)
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	200 10% de muestras mensuales 400	200 10% de muestras mensuales 400
Oxígeno disuelto (mg/L) Valor mínimo	N.A	5.0

5.3 Desarrollo integral y sustentable

Si bien se han evidenciado impactos ambientales en los sistemas lagunares, no es un opción detener el progreso, ya que el desarrollo de regiones fuera del altiplano central del país es una alternativa viable para dar salida a las concentraciones urbanas, no obstante debe considerarse la sustentabilidad, requiriendo acciones y políticas que integren dicho desarrollo; lo anterior en función del compromiso internacional que tiene México en cuanto

al desarrollo sostenible, adquiriendo derechos y obligaciones sobre la protección del medio marino, costero y sus recursos; ordenación y desarrollo del medio ambiente.

En ese sentido, ya desde 1908 se estableció la inquietud de tener varios muelles en el Puerto de Manzanillo, involucrando la posibilidad de abrir un canal que uniera la Bahía de Manzanillo con el SLC, aspecto que implicaba la reubicación de la población ya asentada y por el cual pasarían barcos de mayor envergadura a 9 muelles dispuestos al interior del SLC, dicho proyecto se llamó Proyecto de Puerto de Manzanillo, en la Figura 5.16 se presenta una fracción de dicho proyecto (Mendoza Pérez, 2008).

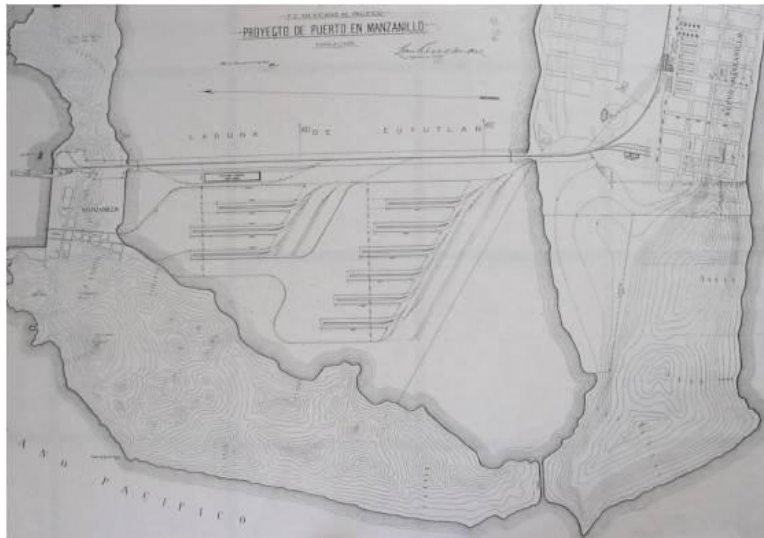


Figura 5.16 Fracción de plano para proyecto, 1908 (Mendoza Pérez, L. A. 2008).

En diciembre de 2011 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “Decreto de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, ubicado en el Municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima”, se establece considerando la estrategia de desarrollo y competitividad sectorial prevista en el eje 2 denominado, “Economía competitiva y generadora de empleos” del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (DOF, 2011). Con ello se contempló la construcción de una terminal de gas natural licuado (Figura 5.17) para substituir el combustóleo por gas natural que es menos contaminante e incrementar la capacidad de producción y abastecimiento en la región centro occidente del país.



Figura 5.17 Terminal de gas licuado en V-II del SLC (Google, 2013, foto propia).

Por otra parte, la construcción del desvío ferroviario fue otra de las obras proyectadas, misma que corrió a través de tres kilómetros sobre la margen norte del V-II del SLC (Figura 5.18). Adicionalmente se establece como proyecto un “Recinto Fiscal Estratégico Colima” (Sedur, Colima, 2013).



Figura 5.18 Desvío ferroviario sobre la margen norte del V-II en el SLC (González Gottdiener, 2013).

Así mismo, se deberá considerar que la parte oriental del SLC es utilizada por cooperativas par la producción de sal (2211 ha), actividad que se realiza de febrero a junio con una producción de 17, 876 toneladas anuales (Mellink y de la Riva, 2005).

Considerando así la complejidad de los sistemas lagunares y la gran cantidad de información que se debe manejar en una integración, se deberá considerar también el factor impredecible en todos los sectores incluyentes: social, político, ambiental y económico. Cabe mencionar que el manejo integral es un proceso dinámico y continuo, e

implica que muchas de las decisiones podrán ser modificadas a lo largo del tiempo y en espacio en función de la capacidad del sistema y de las demandas de la población.

Hoy en día muchos sistemas lagunares están siendo afectados en función del aprovechamiento de los recursos naturales, por lo que es imperioso evitar que el desarrollo socioeconómico deteriore los ecosistemas lagunares por falta de una planeación adecuada o falta de conocimiento más amplio y detallado de dichos ecosistemas, o ambas situaciones; en el caso del SLC se debería establecer un programa a largo plazo y permanente, que favorezca la integración de investigaciones multidisciplinarias que originen opciones para evaluar el potencial real del sistema y establecer los cambios producidos por agentes naturales o por agentes contaminantes, evitando la duplicidad de esfuerzos para optimizar los recursos, enfocados a instrumentar estrategias de manejo que optimicen y equilibren el beneficio alcanzado y la productividad a futuro.

Por otra parte, si bien dentro del marco jurídico y normativo existen instrumentos legales y dependencias con atribuciones en el manejo de los recursos marinos y costeros, no se ha garantizado su manejo integral, de ahí que se busque la participación complementaria a los tres órdenes de gobierno, como las organizaciones de la sociedad civil, la iniciativa privada, la academia y sobre todo de las comunidades litorales. En ese sentido, Mac Donald (2012) comenta la necesidad de incrementar los esfuerzos para consolidar los instrumentos de coordinación, superar los retos legales y avanzar en la integridad del régimen de competencias para la gestión de los recursos marinos y costeros.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los aspectos atmosféricos en las inmediaciones del SLC evidenciaron un comportamiento cíclico asociando altas presiones con el estiaje y bajas con el periodo de lluvias, en el cual la precipitación acumulada varía y no en función directa con la presencia de fenómenos atmosféricos, ya que un mayor aporte a partir de un fenómeno, no se vio reflejado en un incremento anual acumulado. En este sentido se deberán considerar los volúmenes más constantes para el desarrollo de proyectos en cuanto a disponibilidad de agua y programas de ordenamiento, lo anterior sin dejar de considerar los aportes puntuales elevados que puedan dañar u ocasionar pérdidas.

Las condiciones que presenta la apertura del Canal Tepalcates en la dinámica del espejo de agua en el SLC, favorecieron el incremento de superficie inundada en el periodo de estiaje y disminución en el periodo de lluvia, asociado al incremento de velocidad del recambio de agua al modificase las velocidades de flujo.

Por otra parte es evidente el beneficio que otorga el SLC a las aves acuáticas, no obstante la urbanización puede ir marginando las zonas para el establecimiento temporal o permanente de las mismas, de ahí que debe ser abordado como parte esencial, al establecer el potencial de asentamientos humanos o industriales ya que estos organismos están sujetos a potenciales impactos antropogénicos. Por otra parte, al ser pocos los estudios específicos de la zona, no se ha podido hacer una evaluación para que el sistema sea considerado como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves.

Actualmente el SLC presenta problemas en cuanto a la presencia de Coliformes fecales, asociados a las descargas de aguas negras al SLC, presentes tanto en las zonas urbanas

como en los asentamientos irregulares en las márgenes del sistema; de ahí que surja la necesidad de establecer una regulación más eficaz de las descargas mediante la construcción del sistema de drenaje adecuado y proveer de sistemas de tratamiento para las aguas negras antes de ser vertidas al SLC, priorizando las zonas que emiten desechos directos al mismo.

Por otra parte, el oxígeno disuelto representa una problemática en el caso del V-IV, dadas las condiciones de hipersalinidad que se presentan, y si bien, con la apertura del Canal Tepalcates, favorece la disminución de las concentraciones en dicho vaso, favoreciendo el desarrollo de vida acuática, deberá evaluarse en función de la regulación de flujo que hacen los productores de sal durante el periodo de estiaje, para conciliar intereses entre ambas instancias.

Al ser el mangle una especie con protección ambiental, es imperiosa la necesidad de conservarlo mediante la implementación de un aprovechamiento forestal, vigilancia de la regeneración natural y seguimiento del programa de monitoreo sistematizado a largo plazo de los manglares de México, establecido por la CONABIO; así como del espejo de agua en el SLC mediante el desazolve de los canales que permiten la entrada de agua marina, con lo que se proveerá las condiciones de hidroperíodo para favorecer las condiciones de desarrollo del manglar y la continuidad de las actividades de pesca y recolecta de crustáceos para autoconsumo y comercialización. Así mismo considerando algunas características esenciales para el establecimiento óptimo de los manglares como lo son: temperatura ambiental con cierto rango, sustrato lodoso, ambiente protegido, agua de mar, rango de mareas, corrientes marinas y playas someras (INE, 1996), se establece que de no ser por la presencia de fenómenos meteorológicos que pueden afectar el desarrollo del manglar, el SLC cumple con todas ellas.

Como región costera, será necesario considerar su análisis como un potencial de espacio para asentamientos humanos en respuesta a la aparición de actividades económicas potenciales como la turística, la petrolera, la portuaria, la agrícola o la industrial, dado que la orografía de alrededor del SLC es prácticamente nula, ya que como lo estableció Bonilla Jiménez (2003), el 77% de la superficie en las inmediaciones de los valles aledaños al SLC, se contempla como área de inundación interior terrestre, misma que es dedicada a las actividades agrícolas. Adicionalmente habría que considerar la erosión, misma que pudiera disminuir a razón de una regulación integral de las actividades forestales, agrícolas y ganaderas, en conjunción con los factores ambientales como la precipitación y el relieve, entre otros.

Urge realizar estudios con enfoques diversos que generen las bases para el manejo de los recursos pesqueros, bajo las condiciones que prevalecen en el SLC ya con el Canal Tepalcates abierto y funcionando para el paso de los buques metaneros.

Promocionar estudios y programas sociales que se vinculen con el desarrollo integral y sustentable del SLC, atendiendo los cambios que ocurren a través del tiempo; ya que la información histórica empleada que recopiló, se generó bajo diferentes métodos y estructura de muestreo, por lo que sólo se pudo establecer una tendencia general y estado del SLC; mismos que deberán irse compilando para contar con el conocimiento en vías de conservar el ecosistema.

Se deberá considerar también, el antecedente de que antes de la apertura del canal de navegación marítima "Tepalcates", dicho canal tendía a azolverse periódicamente (principalmente en la temporada de estiaje), ocasionando una reducción en el espejo de agua de la laguna de Cuyutlán, provocando alteraciones en la hidrodinámica del sistema lagunar, asimismo deterioro y mortandad de la vegetación de manglar.

Si bien tradicionalmente el incremento poblacional y los cambios culturales han exigido una mayor explotación de los recursos; ahora es necesario reorientar ambas instancias a la optimización de dicha explotación, en ese sentido la información recopilada en el presente trabajo, ha permitido crear un marco de referencia para poder establecer líneas de trabajo y determinar impactos potenciales en función de las directrices consideradas para el SLC, tanto estatales como federales.

BLIBLIOGRAFÍA

- Aburto-Oropeza, O., Ezcurra E., Danemann G., Valdez V., Murray J., y Sala E. 2008. Los manglares del Golfo de California incrementan la Producción Pesquera. Traducción de artículo. Proceedings of the National Academy of Sciences. Julio.
- Amaya Molinar, C. M., Conde Pérez, E. M., y Covarrubias Ramírez, R. 2008. La competitividad turística: imperativo para Manzanillo, Colima. *Teoría y Praxis* 5 (2008:17-21).
- Andrade Tinoco, E. 1998. Análisis de la pesquería del camarón de la laguna de Cuyutlán, Col., México. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima.
- Brenes Rodríguez C. L., Benavides Morera R., y Ballestero D. 2009. Características hidrográficas del sistema lagunar los Micos-Quemada en el Caribe Hondureño. *Rev. Mar. y Cost.* ISSN 1659-455X. Vol 1, 215-229, Diciembre.
- Bonilla Jiménez, C. 2003 El Tránsito hacia el Desarrollo Sostenible en los Principales Valles de la Cuenca de la Laguna de Cuyutlán, Colima. Fondo "Dr. Ramón Álvarez Buylla de Aldana". Universidad de Colima. Facultad de Economía.
- Buenrostro Mariscal, A. E. 1999. Evaluación y diagnóstico de la calidad del agua en la Laguna de Cuyutlán, Colima 1996-1997. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Colima.
- Cabral Solís, E. G. y Espino Barr, E. 2004. Distribución Espacio-Temporal de los peces en la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Oceánides*, 19(1): 19-27.
- Cabral Solís E. G. 2011. Efectos antropogénicos sobre la calidad del agua, diversidad y abundancia de la fauna nectónica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México: Recomendaciones para su manejo. Tesis. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C.
- Casco Montoya. R. 2004. Zona Costera de México: Definición. En "El Manejo Costero en México". Editores: Rivera Arriaga, E., Villalobos Zapata, G. J., Azuz Adeath. I., y Rosado May, F. 2004. Universidad Autónoma de Campeche, SERMARNAT, CETYS-Universidad, Universidad de Quintana Roo. 654p.
- CEA-Jalisco. 2013. Comisión Estatal del Agua Jalisco. <http://www.ceajalisco.gob.mx/index.html>
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2006. MIA "Terminal de Gas Natural Licuado Manzanillo (TGNLM).
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2012. Estudio para dar respuesta a las condicionantes emitidas por la DGIRA en el Resolutivo de Impacto Ambiental para el Proyecto de la Terminal de Gas Natural Licuado en Manzanillo, Colima.

- Ciau, C. E. 2010. Rehabilitación de Manglares en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún. En JICA-CONANP. 2010. Manual práctico para la rehabilitación del ecosistema de manglares en Yucatán México. 3ª edición. Ría Celestun, JICA y CONANP.
- Cobo P. D., Villarroel M. M., Treviño Acuña L., Orta, M., Iturbe Arguelles R., Morales R. y Rangel D. C. 1978. Determinación de los efectos de Termoelectrica de Manzanillo en la flora y fauna de la Laguna de Cuyutlán, Col. Instituto de Ingeniería UNAM, PROY-SA-7038. Elaborado para la Comisión Federal de Electricidad.
- CONABIO. 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. pp. 35.
- CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. pp. 100.
- Contreras Espinoza, F. 2001. Caracterización de lagunas costeras mexicanas a través de variables ecológicas seleccionadas. Tesis. División Ciencias Biológicas y de la Salud. Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Contreras E. F. y Castañeda L. O. 2004. Lagunas Costeras. Ciencias, Octubre-Diciembre. Pp. 46 – 56.
- Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (CE-CCA-001/89). Diario Oficial de la Federación, Miércoles 13 de diciembre de 1989.
- DOF, 2011. Decreto de habilitación del Puerto de Laguna de Cuyutlán, Ubicado en el Municipio de Manzanillo, en el Estado de Colima. 23 de diciembre de 2011.
- González Becerril, A., Espino Barr, E., Cruz Romero M., y Ruiz Luna A. 2000. Determinación de la Unidad de Esfuerzo en Manzanillo, Colima, México. Ciencias Marinas, vol. 26, núm. 1, marzo, 2000, pp. 113-124.
- González Gottfried, I. 2013. En pro del desarrollo- Pieza fundamental del proyecto integral Manzanillo, el desvío Ferroviario Vaso II en la Laguna de Cuyutlán es el viaducto ferroviario más largo de América Latina y uno de los más largos del mundo. Construcción y tecnología en concreto. Vol 2. No.10. enero 2013. pp 44-47.
- Hernández López, H. 2006. Distribución de nutrientes inorgánicos en la Laguna de Cuyutlan, Colima. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima.
- Hinojosa Larios, J. A. 1991. Evaluación de parámetros físico-químicos, microbiológicos y de productividad primaria en la Laguna de Cuyutlán, Col., antes de la apertura del nuevo canal en el área de Tepalcates, Colima. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima.
- INAFED, 2009. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del estado de Colima. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/colima/>
- INE. 1996. La calidad del Agua en los Ecosistemas Costeros de México. <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/biblioteca/ecologia/308.pdf>
- INECC, 2012. Mapoteca de temas selectos del medio ambiente de México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Semarnat. Dirección de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas. Dirección de ordenamiento Ecológico. Subdirección de Sistemas de Información Geográfica. <http://www2.inecc.gob.mx/emapas/index.html>.
- INEGI, 2013. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/>
- Lara-Lara, J.R., Arreola L.J., Calderón, A.L. Camacho, I.V., de la Lanza E.G., Escofet G.A., Espejel C.M., Guzmán A.M., Ladah L., López H. M., Meling L.E., Casasola B.P., Reyes B.H., Ríos J.E. Zertuche G.J., 2008. Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales, en Capital natural de México, vol.I: Conocimiento actual de la Biodiversidad. CONABIO, México, pp. 109-134.
- López Portillo J. y Ezcurra E. 2002. Los manglares de México: Una revisión. Madera y Bosques. Número especial, 27-57.
- Mac Donald, L. F. 2012. Régimen de competencia de los recursos marinos y costeros, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, publicado en: <http://www.abogadojesusbecerra.com/2012/11/20/regimen-de-competencia-de-los-recursos-marinos-y-costeros/>
- Manzanillo. 2012-2015. Página Oficial del Municipio. <http://www.manzanillo.gob.mx/>

- Mendoza Pérez, L. A. 2008. Planimetría del ferrocarril y poblados de Colima. Memoria IV Foro Colima y su Región. Arqueología, antropología e historia. Colima, México; Gobierno del Estado de Colima, Secretaría de Cultura, 2008.
- MEPG (Mangrove Environmental Protección Grup), 2001. Diagnostico Socioambiental de la zona Estuarina y de Manglar del Municipio de San Blas, Nayarit. <http://www.elmanglarsanblas.com/docs/DiagnosticoManglar.pdf>
- Mellink E. y de la Riva, G. 2005. Non-breeding waterbirds at Laguna de Cuyutlán and its associated wetlands, Colima, México. J.field Ornithol. 76(2): 158-167.
- Moreno C. P., Rojas G. J., Zárate L. D., Ortiz P. A., Lara D. L. y Saavedra V. T. 2002. Diagnóstico de los Manglares de Veracruz: Distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. Madera y Bosques. Vol. 8. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México, pp 61 – 68.
- Ortiz Lira, J. H. 1983 Evaluación de los Niveles Microbiológicos de coliformes fecales y estreptococos fecales alcanzados en la Laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Col. México. Tesis. Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM.
- Padilla Lozoya, R. 2006. El Huracán del 59: Historia del desastre y reconstrucción de Minatitlan, Colima.
- Padilla y Sotelo, L.A. 2000. La población en la región costera de México en la segunda mitad del siglo XX. Investigaciones Geográficas (Mx). Instituto de Geografía, UNAM. Número 44,2000. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904106> ISSN 0188-4611.
- Paris C., Hadad H., Maine M. A., y Suñe N., 2005. Eficiencia de dos macrófitas flotantes libres en la absorción de metales pesados. Limnetica, 24(3-4):237-244.
- PMD, 2009-2012. Plan Municipal de Desarrollo. Manzanillo. 2009-2012. <http://www.manzanillo.gob.mx/2009/plan/index.html>
- Quijano-Schegia, A.; Olivos-Ortiz, A.; Gaviño-Rodríguez J. H.; Castro-Ochoa,F.; Rivera.Vilarelle M., Galicia Pérez, M., y Patiño-Barragán M. 2011. First report of *Pseudo-nitzschia brasiliensis* and *P. micropara* (*Bacillariophyceae*) found in Cuyutlan Lagoon, México. Revista de Biología marina y Oceanografía. Vol.46, No.2: 189-197, agosto.
- Reyes Trotti, C. E. y Serrano Pinto, V. V. 1988. Prospección Hidrológica de la Laguna de Cuyutlán, Colima, previo a la apertura del Canal Malecón. Tesis Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM.
- RHRAP. Red Hemisférica de Reservas para Aves Playeras. 2009. Marismas Nacionales. <http://www.whsrn.org/es/perfil-de-sitio/marismas-nacionales>
- SAGARPA- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación, 2004. Ecosistemas Lagunares Costeros. Diario Oficial de la Federación. 15 de marzo de 2004.
- Salinas Enríquez, A. M. 1988. Cuantificación de los niveles de coliformes y su relación con algunos parámetros físico-químicos en las lagunas Barra de Navidad y Cuyutlán, Col. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias de Mar. Universidad de Colima.
- Sedur Colima, 2013. Secretaría de Desarrollo Urbano, Colima. Proyectos Estratégicos. <http://www.sedur.col.gob.mx/proyectos.php>
- SEMARNAT, 2006 Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México. Estrategias para su conservación y uso sustentable. Secretaria de Planeación y Política Ambiental, Dirección General de Política Ambiental.
- SEMARNAT, 1996. NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación, 06 de enero de 1997.
- SEMARNAT, 2006. NOM-152-SEMARNAT-2006. Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas. Diario Oficial de la Federación, 17 de octubre de 2008.
- SEMARNAT, 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.
- SMN. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. <http://smn.cna.gob.mx/>

- Vergara Sánchez, M. A. 2007. Desarrollo integral y sustentable de lagunas costeras mexicanas. Trabajo de ingreso como miembro de la Academia de Ingeniería. México, F. F. 20 de septiembre de 2007.
- Téllez García, C. P. 2010. Caracterización dasonómica del bosque de mangles en el Estero Palo Verde, Laguna de Cuyutlán, Colima. Tesis. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, Edo. de México, Marzo, 2010.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación de fauna

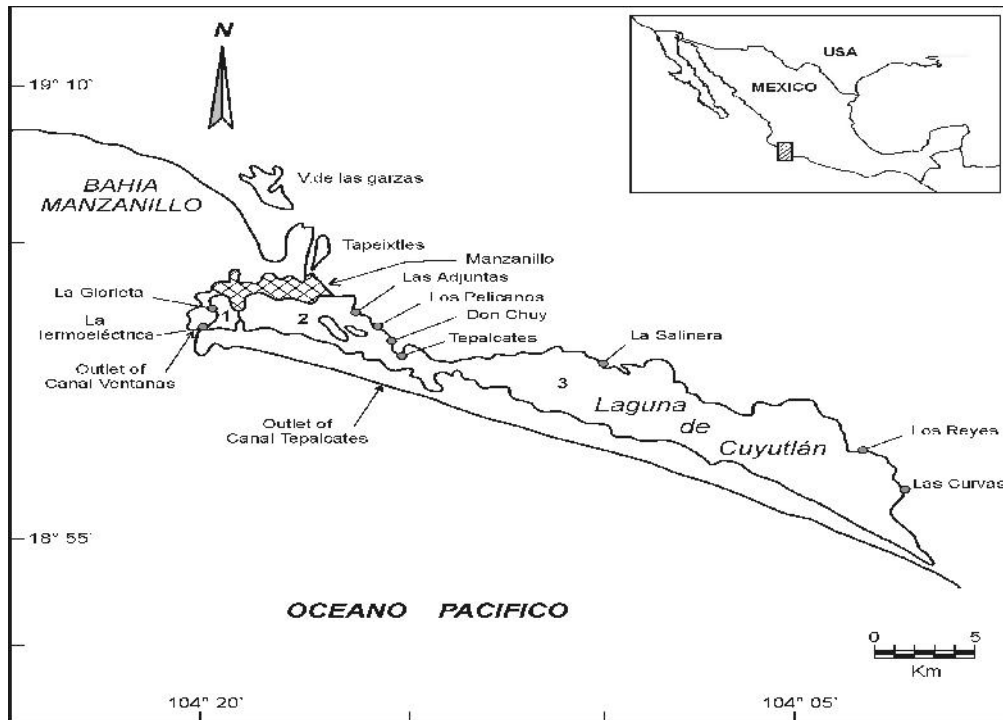


Figura A1.1 Estaciones de estudio Sep_1996 a Mar_1997 (Mellink y de la Riva, 2005).



Figura A1.2 Estaciones de estudio biodiversidad.

Anexo 2. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación de fauna acuática

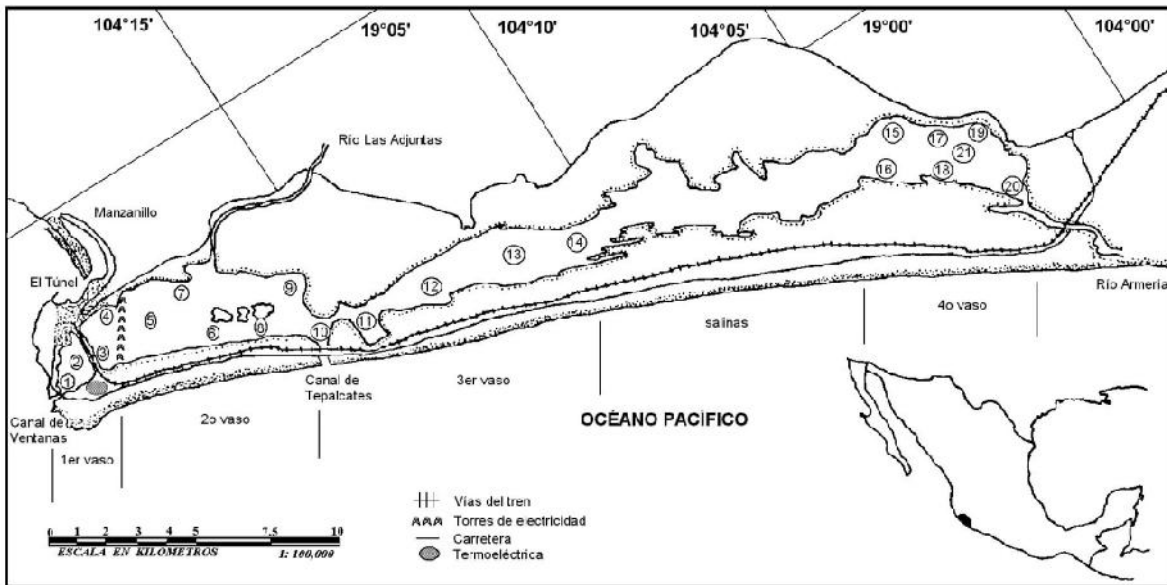


Figura A2.1 Estaciones de muestreo 1999-2000 (Cabral Solís y Espino Bar, 2004).

Anexo 3. Ubicación de puntos de muestreo históricos para la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua

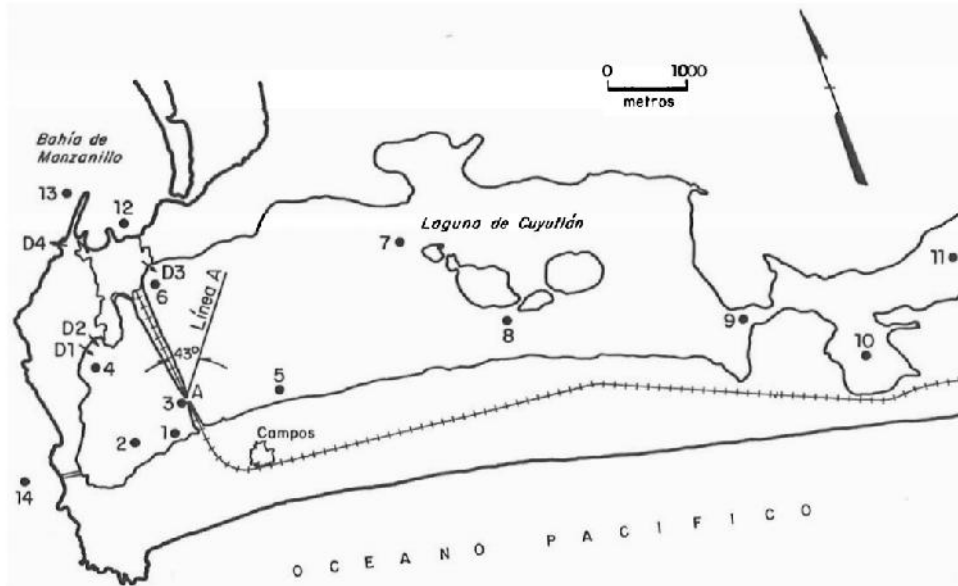


Figura A3.1 Estaciones de muestreo 1978 (Cobo, et al., 1978).

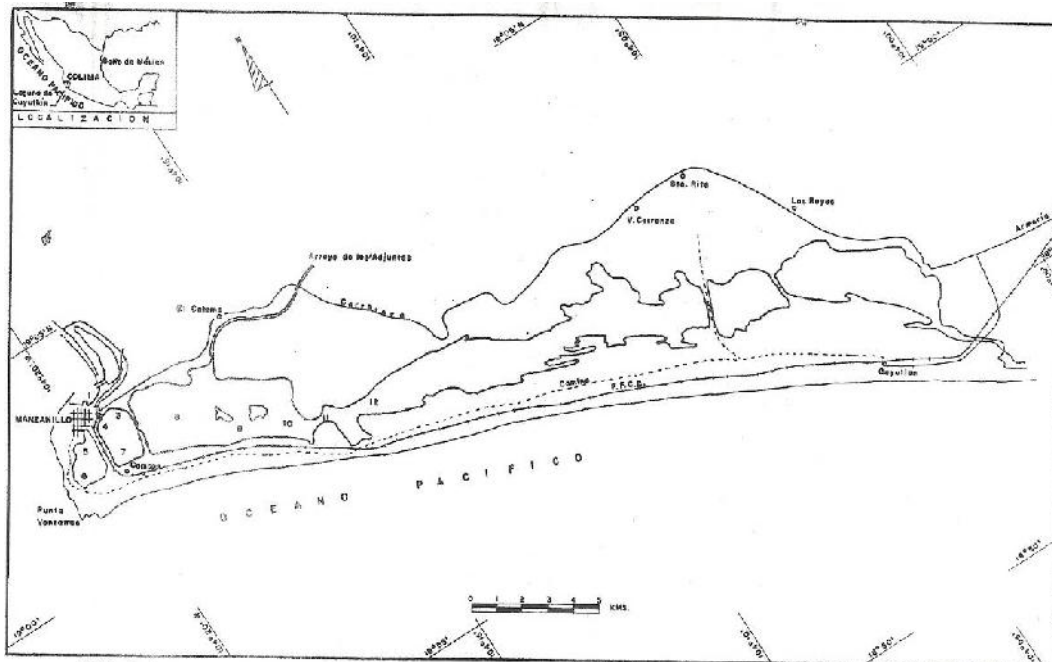


Figura A3.2 Estaciones de muestreo 1981 (Ortiz Lira, 1983).

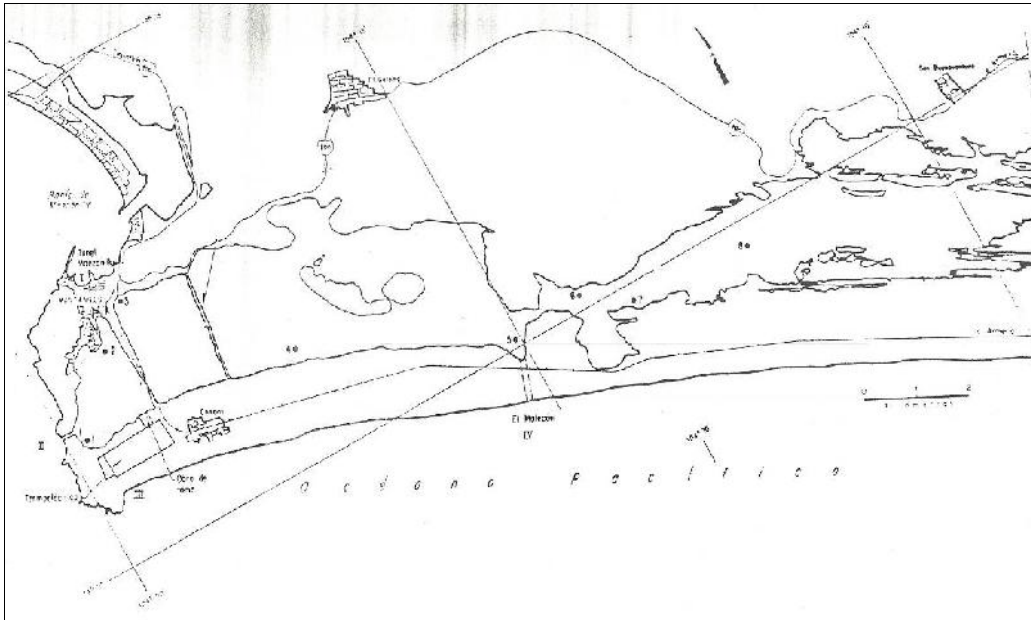


Figura A3.3 Estaciones de muestreo 1986 (Reyes Trotti y Serrano Pinto, 1988).

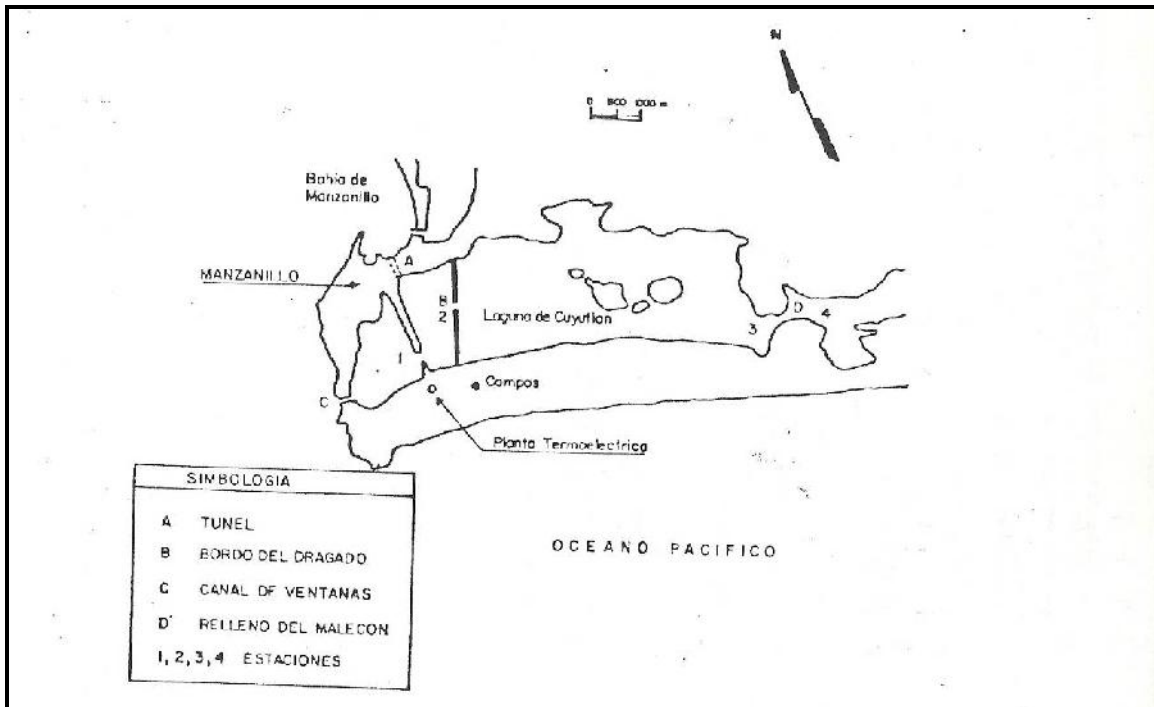


Figura A3.4 Estaciones de muestreo 1986-1987 (Salinas Enríquez, 1988).

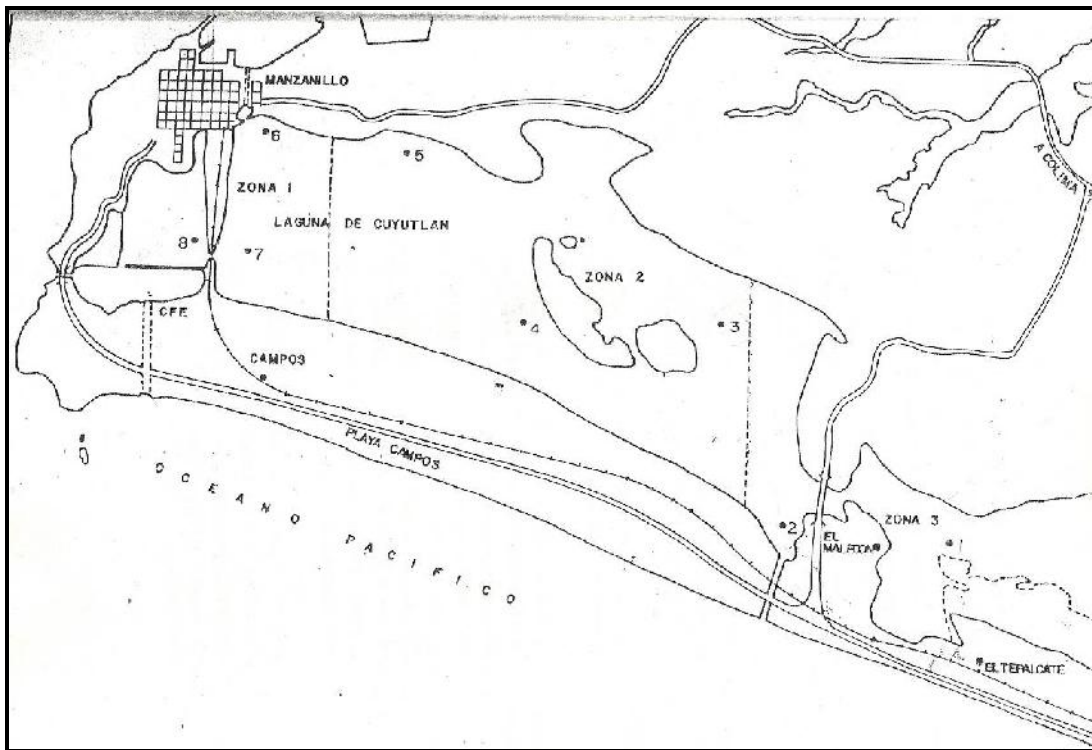


Figura A3.5 Estaciones de muestreo 1989-1990 (Hinojosa Larios, 1991).

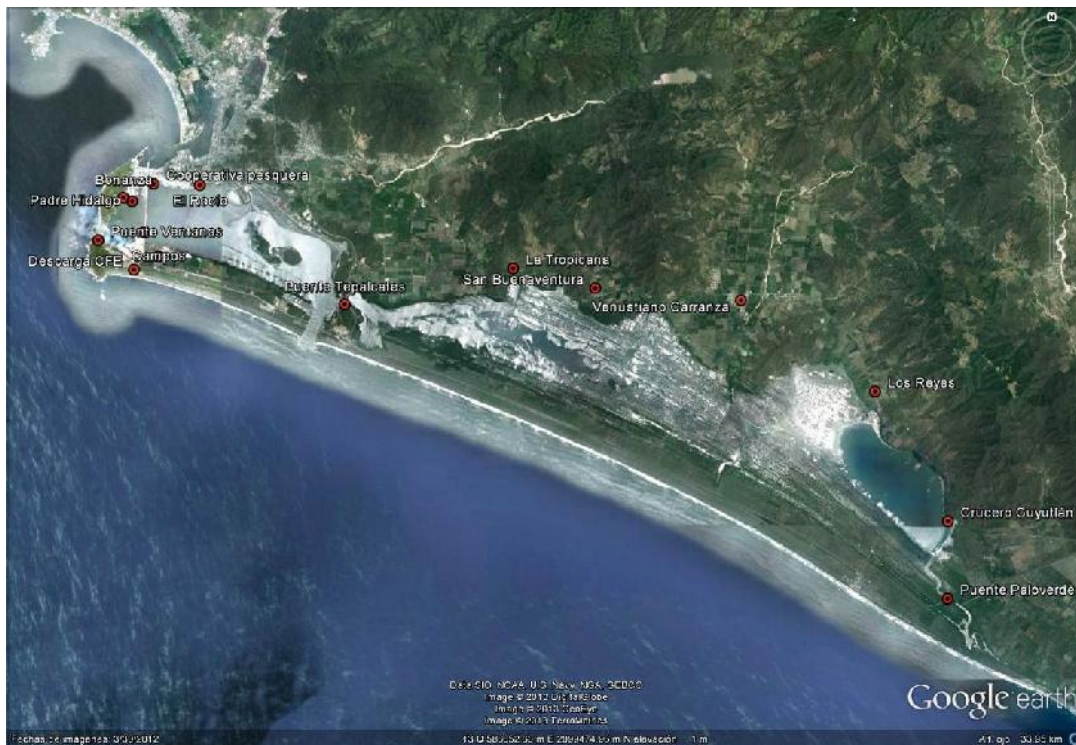


Figura A3.6 Estaciones de muestreo 1996-1997 (adaptado de Buenrostro Mariscal, 1999).

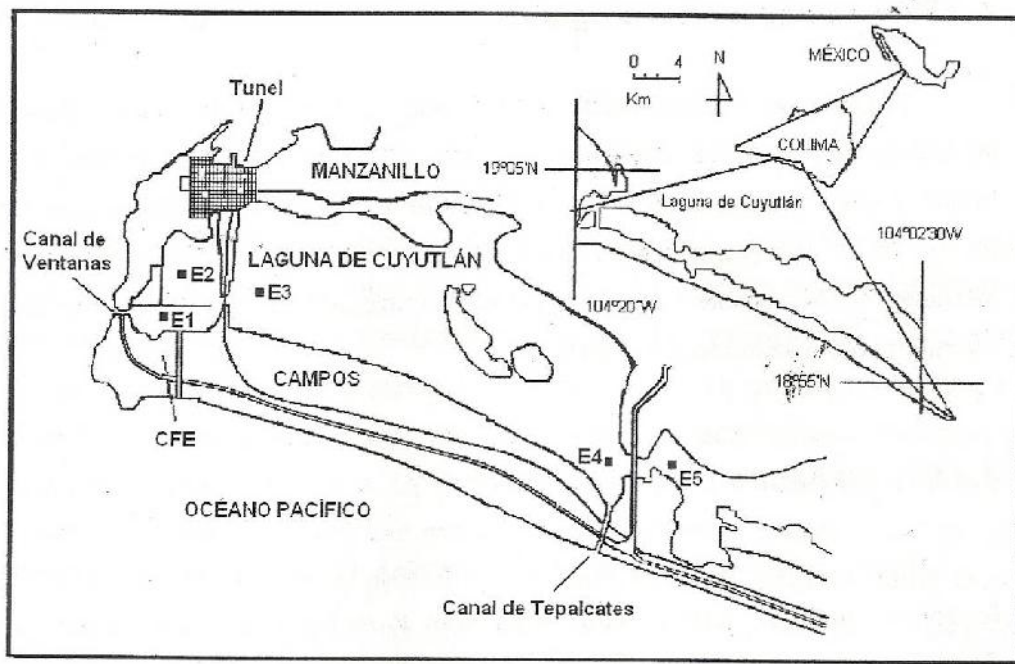


Figura A3.7 Estaciones de muestreo 2004-2005 (Hernández López, 2006).