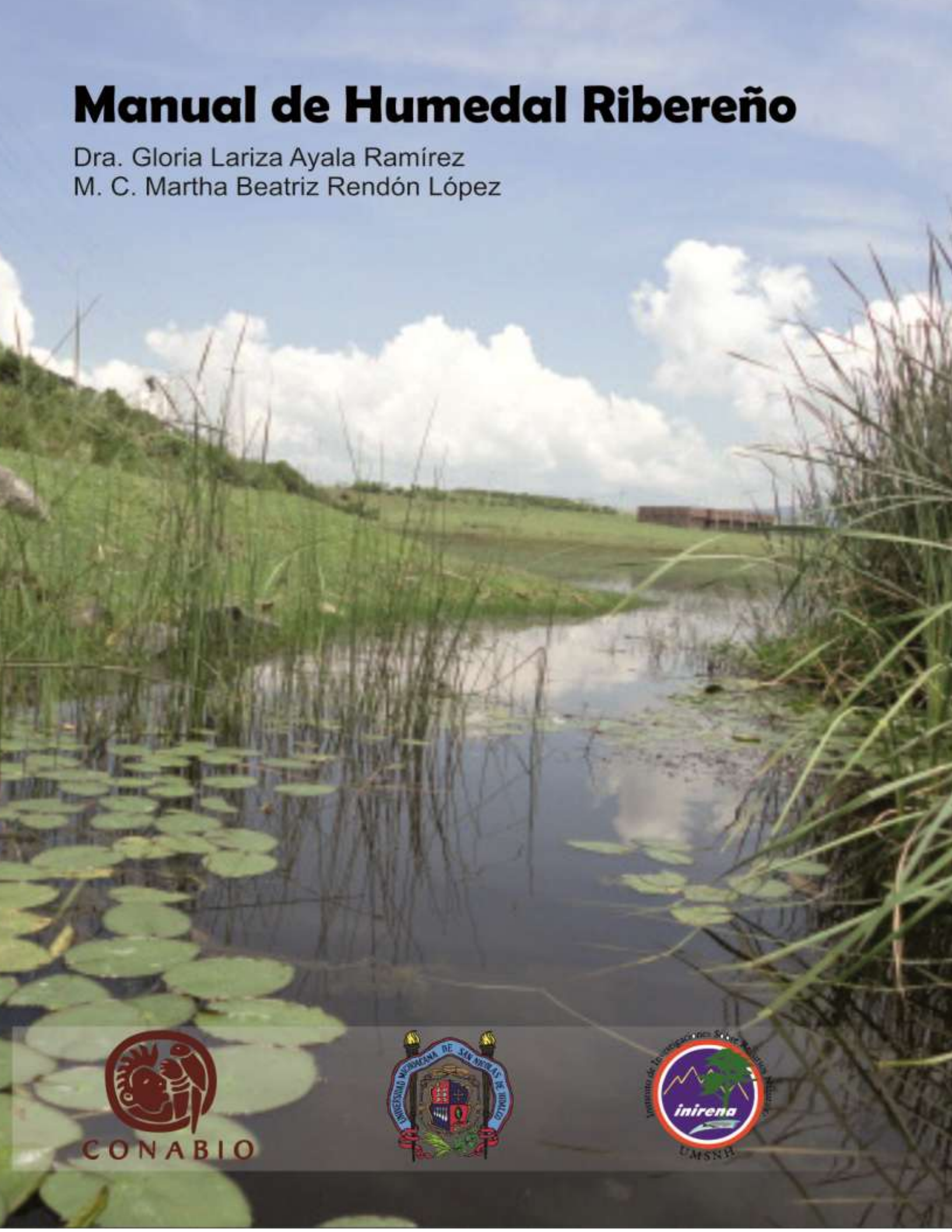
Manual de Humedal Ribereño

Dra. Gloria Lariza Ayala Ramírez
M. C. Martha Beatriz Rendón López



CONABIO
UMSNH
inirena

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el principal compuesto de nuestro planeta, sirvió de base para la formación de la vida, el desarrollo de los pueblos y culturas. Sin embargo, el futuro de la especie humana y otras especies pueden estar en riesgo si no se logra mejorar la administración y reutilización del agua. El manejo irracional de los recursos naturales, que existe todavía, traerá como consecuencia una pelea por la adquisición de los principales recursos que necesitamos para sobrevivir, como es el caso del agua. (Carpio Utrilla 2010).

Actualmente la contaminación y falta del líquido es un problema local, regional y mundial, relacionado con la contaminación del aire y el modo en que usamos el recurso tierra. El crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana contribuyen a crear una amenaza para el medio ambiente. La escasez del agua amenaza el desarrollo de ciertas urbes, generando conflictos sociales y de supervivencia, por lo que se reconoce que la escasez y la contaminación de los recursos hídricos son de los problemas de deterioro ambiental más graves que enfrenta México en nuestros días (Carpio Utrilla 2010).

La cantidad creciente de aguas residuales llega a exceder la capacidad natural de absorción del medio natural, dichas aguas pueden ser la causa de una eutrofización de los ecosistemas (acumulación de los nutrientes provocando un crecimiento acelerado de la vegetación hasta la sofocación del medio). La descarga de aguas residuales domésticas e industriales, propicia en los cuerpos receptores, el aumento de materia orgánica, nutrimentos, compuestos tóxicos y microorganismos indeseables.

La Convención RAMSAR ha definido a los humedales como*: "ecosistemas tanto naturales como artificiales que se caracterizan por estar permanente o temporalmente inundados, ya sea por aguas dulces, estuarinas, o salinas, las cuales pueden estar estancadas o corrientes que incluyen las regiones ribereñas, costeras y marinas que no excedan los 6 metros de profundidad con respecto al nivel medio de las mareas bajas"* (RAMSAR 2005,).

En los últimos años cada vez más personas han tomado conciencia de que los humedales naturales desempeñan muchas funciones valiosas en mayor o menor medida, destacando las siguientes:

- Proveedores de agua para uso doméstico, agrícola e industrial;
- Recuperación y reuso de agua, y recarga de los mantos freáticos;
- Sirven de protección contra fenómenos naturales (como: escudo natural contra fuertes vientos, control y riesgo de inundaciones);
- Estabilizadores de microclimas;
- Son fuentes y transformadores de múltiples materiales biológicos, químicos y genéticos;
- Controlan la erosión (las raíces de la vegetación impiden que vientos se lleven las arenas o tierras);
- Retienen una importante cantidad de carbono, lo que tiene un efecto importante en relación al calentamiento global;

- Depuradores naturales, contribuyendo al mejoramiento de la calidad del agua, tanto subterránea como superficial;
- Zonas de megadiversidad (hábitats únicos que albergan una amplia variedad de flora y fauna silvestres, incluyendo aves migratorias);
- Tienen una importancia turística y recreativa para la observación de las aves (Flores-Verdugo 1996, Davies y Claridge 1993, Tabilo 1999, Canevari *et al*., 1999, De la Lanza, 1999 y ECOYUC, 2002)

Las funciones depurativas en los humedales dependen de cuatro componentes:

1. Vegetación.
2. Capa de agua.
3. Sustrato.
4. Asociación de poblaciones microbiológica

La reducción o eliminación de contaminantes de las aguas residuales ocurre por procesos biológicos y fisicoquímicos en los que participan las plantas del humedal. A este proceso se le considera fitodepurativo (phyto= planta, depurare = limpiar, purificar)

Los humedales naturales y artificiales representan una alternativa de tratamiento para aguas residuales, su importancia en la sustentabilidad ambiental es reconocida en todo el mundo, pues han sido descritos como los riñones de la tierra gracias a las funciones que pueden desempeñar en los ciclos hidrológicos y químicos, con un elevado potencial depurador (Llagas y Gómez, 2006), con un bajo consumo de energía y mantenimiento; promoviendo la recuperación y reúso de agua en beneficio de las pequeñas comunidades que no pueden disponer de sistemas de tratamiento convencionales.

Si bien el tratamiento de aguas residuales no es prioridad en las grandes ciudades, imaginemos el rezago presente en pequeñas comunidades rurales las cuales en muchas ocasiones no cuentan con agua potable, sistema de drenaje, ni tratamiento de aguas residuales, por lo que comúnmente se vierte el agua residual en el terreno o a un cuerpo de agua cercano, repercutiendo en la calidad del suelo, del agua superficial y de aguas subterráneas llevando a cuestas el mayor grado de deterioro hídrico: desabasto y mala calidad del agua; lo anterior ha impulsado la búsqueda de un tratamiento efectivo para aguas residuales que no ocasione costos excesivos de implementación y mantenimiento.

Con el propósito de contribuir al conocimiento de los humedales y con el interés de proporcionar información precisa y comprensible sobre la que puedan generarse estrategias de recuperación ambiental y de gestión para el humedal sur de Pátzcuaro, este manual sintetiza los resultados obtenidos del proyecto HH009/09 denominado *"Dinámica del flujo bidimensional y propiedades sortivas del Humedal RAMSAR de Pátzcuaro"* apoyado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), incluyen una descripción de la cuenca de captación del humedal, del clima, morfometría, factores fisicoquímicos de sus aguas y sedimentos, capacidad sortiva, clasificación funcional, y balance hídrico.

II. ÁREA DE ESTUDIO

El humedal del presente estudio se localiza en el Sur del lago de Pátzcuaro, constituye parte del litoral del lago, fue registrado como sitio RAMSAR en el año 2005, con el número 1447, el área del decreto fue de 707 ha. El lago de Pátzcuaro se encuentra situado a 53 km al Oeste de la Ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán; y el humedal a 6km al Noroeste de la ciudad de Pátzcuaro. Con dirección Sur – Oeste el humedal inicia en la zona de Uranden y concluye en la localidad de Napízaro (Figura 1).

2.1 Topografía de la microcuenca

El humedal se originó entre 1980 y 1990 a partir del desplazamiento de la línea litoral somera del lago en la zona suroeste (Gómez-Tagle et al, 2002). De las ocho subcuencas que forman la cuenca del Lago de Pátzcuaro, sólo dos de ellas inciden hidrológicamente sobre el humedal.

La primera de ellas, la subcuenca de Ajuno, ubicada al Sur del humedal, posee antiguos volcanes de los que destaca el volcán de “El Estribo”(2400 msnm), en donde la pendiente es más abrupta (lo que corresponde a las faldas del volcán) en una menor distancia (3 km) al humedal seguido de una planicie con lomas de material volcánico que alcanzan hasta los 60.0 m de altura, originadas por el depósito de una avalancha. Estas lomas favorecieron la formación de las islas de Urandén de Morelos, Urandén de Morales y Carián, y de los montículos en donde se ubican las localidades de Tzetzénguaro, Huecorio, La Tzipecua y el actual muelle de San Pedrito. Cabe destacar que en esta zona no existe una superficie agrícola considerable (Tabla 1).

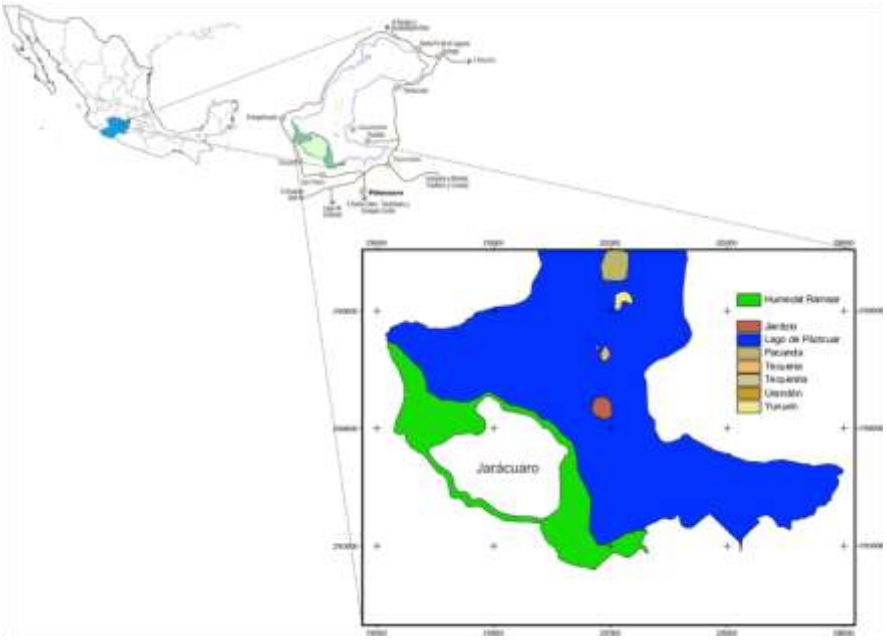


Figura 1

La segunda zona, (o subcuenca de Erongarícuaro) que es una de las vertientes más largas, se ubica en la parte Oeste del humedal. Siguiendo un perfil altitudinal en dirección Oeste – Este, el humedal está precedido, a una mayor distancia (6 km), por conos volcánicos entre los que destaca el volcán “La Taza” (2300 msnm), se continua con una unidad geológica denominada “malpaís”, seguida de un extenso valle de terrenos agrícolas que cubre la mayor superficie de esta zona el cual presenta pendientes suaves (Tabla 1). Derivado de la modificación del litoral y zonas de anegamiento, por las actividades agropecuarias, acumulación progresiva de azolve, aunado a las variaciones de nivel en el lago, se ha ocasionado la pérdida de profundidad y la consolidación de los sedimentos lo que unió la isla de Jarácuaro con tierra firme, la continuación de este proceso ha provocado la disminución en la profundidad de la columna de agua y el azolve continua avanzando y está uniendo la isla de Jarácuaro con la isla de Janitzio.

2.2 Tipo de suelo de la microcuenca

Los tipos de suelo se encuentran asociados con el origen volcánico de la región. En el humedal sur del lago de Pátzcuaro se encuentran suelos de tipo Luvisol y Gleysol, éste último es el componente primario de la ribera del lago y en consecuencia del humedal (Gómez-Tagle, 1997).

2.3 Hidrología de la microcuenca

La Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago (No. 12) localizada en la porción norte del Estado de Michoacán, incluye las regiones lacustres de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén. En consecuencia el humedal pertenece a esta región.

El patrón de drenaje se caracteriza por ser de tipo dendrítico en donde la mayoría de las corrientes superficiales convergen eventualmente en el lago, aunque en los conos volcánicos se identifica un tipo de drenaje superficial radial centrípeto y la mayor parte de sus escurrimientos son temporales o se infiltra hacia el subsuelo en la zonas de derrames de lava conocidas como “malpaís”. Por lo tanto el humedal no cuenta con efluentes ni con tributarios importantes; es alimentado por los flujos de agua que derivan exclusivamente de la lluvia estacional y de la infiltración, por lo que las variaciones de nivel son continuas (De Buen, 1944c; Gorenstein y Pollard, 1983, Chacón et al, 1991).

Tabla 1. Características morfométricas de las subcuencas de Erongarícuaro y Ajuno, Michoacán, México.

VARIABLES	SUBCUENCAS	
	Ajuno	Erongarícuaro
Área total (ha)	10,337.01	22,996.96
Perímetro (m)	61102.97	130096.1
Amplitud media (m)	89916.75	10402.27
Longitud (m)	31161.84	31161
Pendiente (%)	12.64	5.73

2.4 Morfo-batimetría del humedal

La profundidad que domina el humedal por su extensión (48%) son 0.20 m en un área de 690.15 ha. Existen algunas profundidades mayores, derivadas de las actividades de dragado y corte de la vegetación acuática, en los canales de navegación con un promedio de 2.0m, (Figura 2). La estimación planimétrica digital de las isolíneas, sugiere que en la zona sur del lago de Pátzcuaro posee una extensión de 2,104.29 ha con profundidades menores a 1.0 m. Se estima un área de humedal de 14018.08 ha, en donde se registró una profundidad promedio de 1.00 m, con un volumen de agua estimado de 639Mm^3.

2.5 Modelo hidrodinámico.

En el humedal predomina la incidencia de vientos de la región sur de la cuenca con dirección hacia el norte (58.3%). El promedio estimado de la velocidad del viento fue de 8 m/s. Los resultados de *hidrodinámica* en el área de estudio indican el dominio de corrientes conocidas como deriva superficial. Este tipo de movimiento se genera por la acción del viento sobre la superficie del agua y su intensidad depende de la velocidad, su duración y la distancia sobre la cual el viento ejerce su fuerza sin obstáculos en la superficie del agua (Bhowmik y Stall, 1978) (Figura 3). Derivado del estudio morfométrico se estimó que la longitud máxima efectiva de viento es de 3.5 Km. en dirección noroeste (318°). La corriente superficial en los sitios de muestreo indica un estancamiento hídrico en el sistema natural con velocidades de corriente mínimas de 0.0 a 0.11 cm/s, con un valor promedio de 0.04 cm/s.

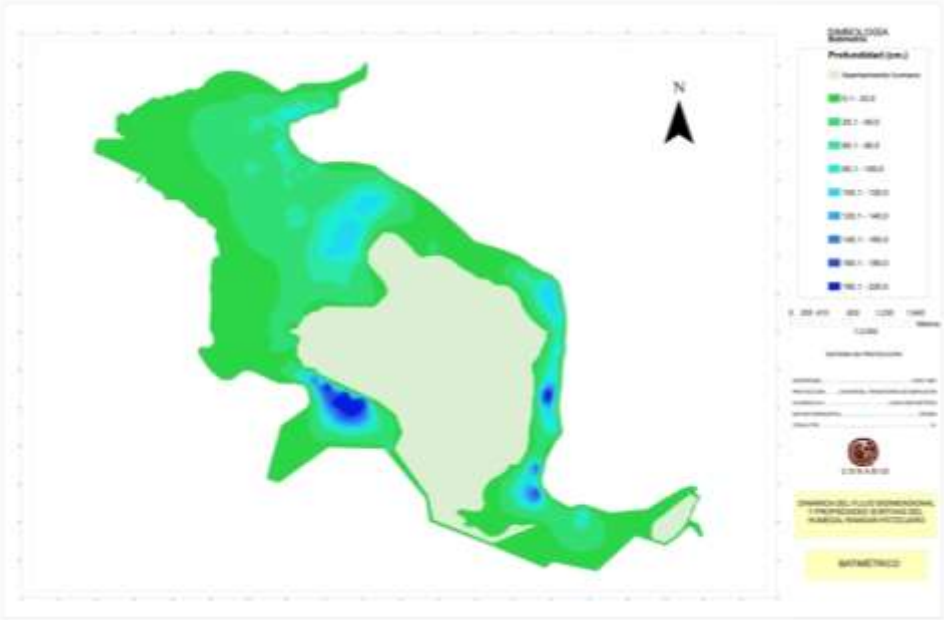


Figura 2 Mapa morfo-batimétrico del humedal

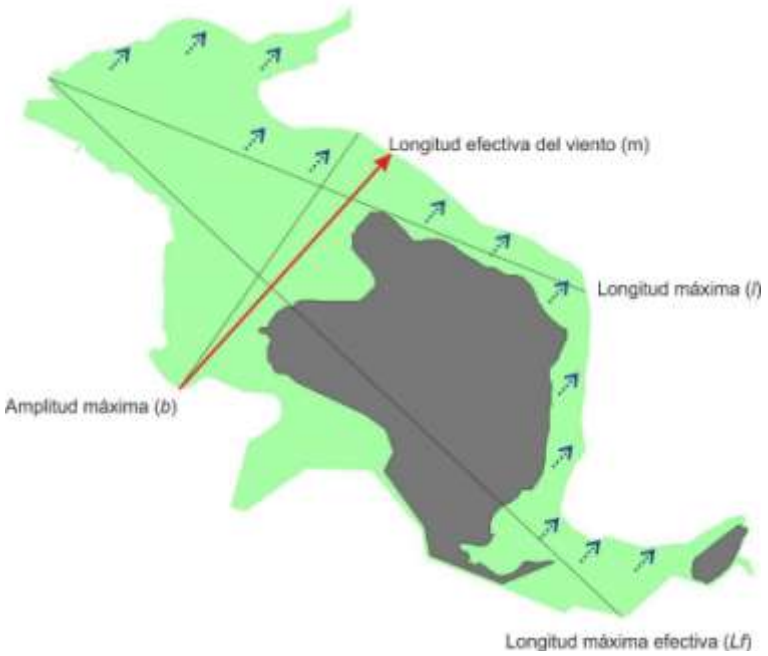


Figura 3 Modelo de Hidrodinámica del humedal

2.6 Clima

El clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano, cuyo porcentaje de precipitación invernal es menor de 5%. Pertenece al tipo de clima más húmedo de los templados subhúmedos, clasificado como C (w2)(w) bi'g(INEGI 2008).La temperatura máxima se presenta entes del solsticio de verano. El área se caracteriza por presentar temperaturas medias de 16 ºC, máximas de 37 ºC y mínimas de 5 ºC; una precipitación anual de 900 a 1,400 milímetros, la mayor parte de la cual ocurre durante el periodo que va de fines de mayo a octubre y que alterna con una estación seca, de noviembre a principios de mayo (Toledo y Barrrera-Bassols, 1984). (Figura 4)

III BALANCE DE AGUA.

La precipitación es el componente más importante como fuente de aporte de agua a los humedales. Tanto la cantidad de agua que entra por esta vía, como la pérdida por la evaporación depende de la altitud, latitud y orografía de los humedales (Mölg et al, 2009, Marvel y Bonfils, 2013). En el caso de los ecosistemas acuáticos tropicales, como el humedal sur de Pátzcuaro, la precipitación y la evaporación varían tanto a escala anual como interanual.

La evapotranspiración es el principal mecanismo de pérdida de agua de los ecosistemas acuáticos. Su variación depende de los flujos de calor continuos (temperatura), pero también de la magnitud del uso de suelo (Sellers et al, 1997; Daniels et al, 1999; Gudulas et al, 2013), que cambia la dinámica de los procesos hidrológicos en los ecosistemas (Finkelestein y Cowlins, 2011).

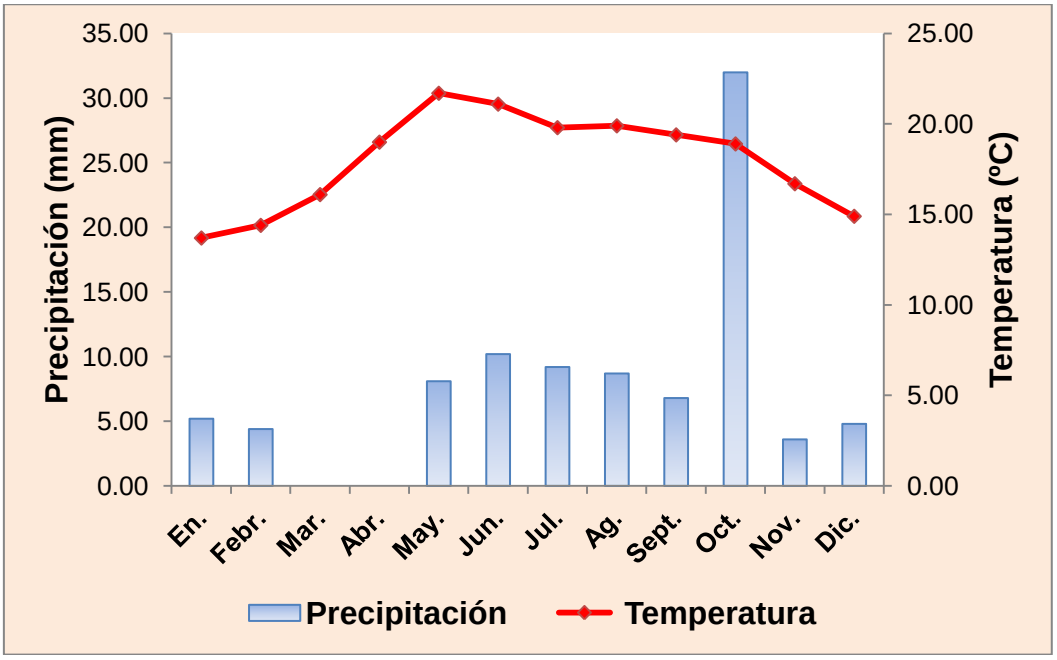


Figura 4. Climograma del humedal Ramsar- Pátzcuaro (Año 2010).

En el humedal de Pátzcuaro la evapotranspiración domina la mayor parte del año (8 meses), y es mayor que la precipitación, excepto cuando hay presencia de eventos climáticos como tormentas tropicales y huracanes (Chacón, 1993; Bradbury, 2000; González et al, 2010). La evapotranspiración continua durante todo el verano supera la cantidad de agua por precipitación hasta en un 54.45%.

La escorrentía superficial junto con la precipitación son las fuentes de entrada de agua más importantes en el balance de agua. La escorrentía superficial esta en función de la precipitacíión de la región, así como de las dimensiones de la cuenca de captación del humedal (Gasca y Ros, 2009; González et al, 2010; Acreman y Holden, 2013).

En el caso de los humedales tropicales (como el de Pátzcuaro) la escorrentía superficial suele ser más abundante y tienden a retener el agua más eficientemente durante el periodo húmedo que en el periodo de seco (Sigmon et al, 2013). En el humedal sur de Pátzcuaro se observó un evidente incremento de escorrentia en el mes de septiembre con presencia de lluvias por arriba de la normal climática.

El humedal sur de Pátzcuaro se ha clasificado como un humedal dominado por el agua pluvial y se considera como un ecosistema de recarga natural indirecto (Acreman y Holden, 2013; Ruiz, 2003), característico de zonas de cota elevada, terrenos metamórficos ígneos y condiciones climáticas que no favorecen los caudales fluviales (Alcalá y Custodio, 2008; Tesón, 2011; Acreman y Holden, 2013).

Los resultados obtenidos para el humedal muestran que la escorrentía superficial es el segundo componente más importante que aporta el 28.45% del agua anual al humedal. Lo cual coincide con la variación del volumen de agua debida a las escorrentías y manantiales en la parte sur de la cuenca del lago de Pátzcuaro (Bradbury, 2000; Tapia et al, 2000; Metcalfe et al, 2007). En este humedal se presenta mayor volumen de escorrentía superficial en áreas con vegetación característica de este tipo de ambientes, que en las zonas con un uso agrícola y/o pecuario.

En los humedales tropicales (como el humedal sur de Pátzcuaro) el agua subsuperficial refleja una repuesta estacional (sequía y lluvias) recargando el acuífero en la temporada de mayor precipitación y con una menor pérdida de agua por evapotranspiración (Bischoff et al, 2004; Custodio et al, 2010; Daniels et al, 2000).

El porcentaje de agua de precipitación que se incorpora por infiltración es del 62.61%, siendo por lo tanto el agua subsuperficial la de mayor importancia en el proceso de recarga del acuífero para el mantenimiento del nivel de agua en el humedal. El humedal recarga el acuífero y el lago recibe el agua proveniente de éste manifestando su salida en los manantiales subacuáticos cerca del litoral del humedal (Bischoff et al, 2004).

El almacenamiento presenta variaciones en el nivel de agua como resultado del régimen hidrológico de la cuenca. El área de inundación (almacenamiento) en el humedal varia su profundidad dependiendo de la cantidad de precipitación en las zonas más planas (aproximadamente hasta los 100cm de profundidad) y del volumen del escurrimiento superficial en las zonas más profundas (alrededor de 150cm a 220cm) (Sutcliffe y Parks, 1989).

En la figura 4 se observa que el componente hidrológico que mayor cantidad de agua aporta al humedal es la precipitación (13.83Mm^3), seguido de la escorrentía superficial (5.90Mm^3), siendo ésta más evidente durante el periodo húmedo. La salida de agua más importante es por evapotranspiración (7.56 Mm^3), seguida por el agua subsuperficial (6.27Mm^3), excepto en el mes de septiembre donde la escorrentía superficial de salida predomina sobre la evapotranspiración.

El balance de agua anual estimado para el humedal sur de Pátzcuaro fue de 1.46 Mm^3 (Figura 5), siendo el volumen anual total de las entradas de agua de 23.30Mm^3, y el de las salidas de 21.34Mm^3, con un almacenamiento de agua promedio anual de 2.37Mm^3. Adicionalmente, al modelo se le incorporó, como salida de agua, 0.51 Mm^3, volumen estimado por extracción directa del humedal y en los pozos cercanos.

El balance de agua del humedal (1.46Mm^3) es menor comparado al balance estimado para el lago (18.9 Mm^3) esta diferencia está en función de tamaño del ecosistema, y la relación de la escorrentía superficial y el agua subsuperficial de ambos (Chacón, 1993; González-Sosa et al, 2010). Esta relación indica que para el balance de agua en el lago, el componente subsuperficial es el principal regulador del volumen de agua y en el balance de agua del humedal el principal componente de aporte de agua es la escorrentía superficial. En los dos casos la evaporación y evapotranspiración son el principal componente de pérdida de agua (Tovilla, De la Lanza, 2001; Bernal-Brooks, 2002).

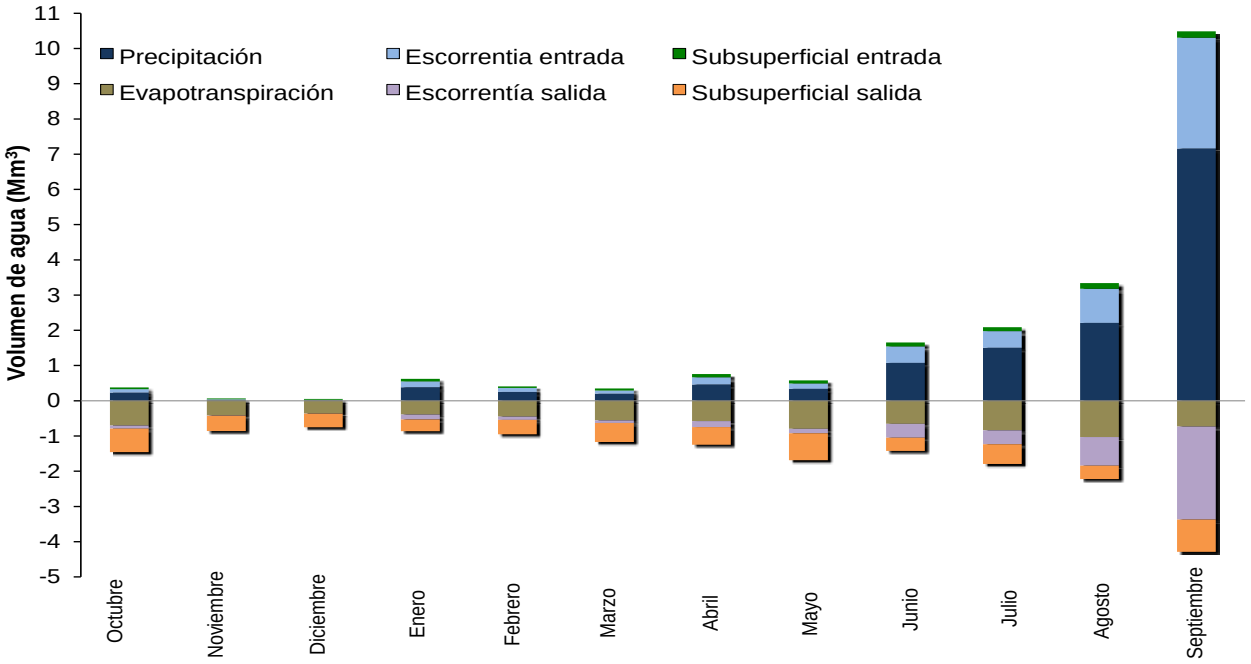


Figura 4. Evolución anual de los componentes del balance de agua. Los valores negativos representan las pérdidas de agua (evapotranspiración, escorrentía superficial y subsuperficial de entrada) y los positivos las entradas (precipitación, escorrentía superficial y subsuperficial de salida)

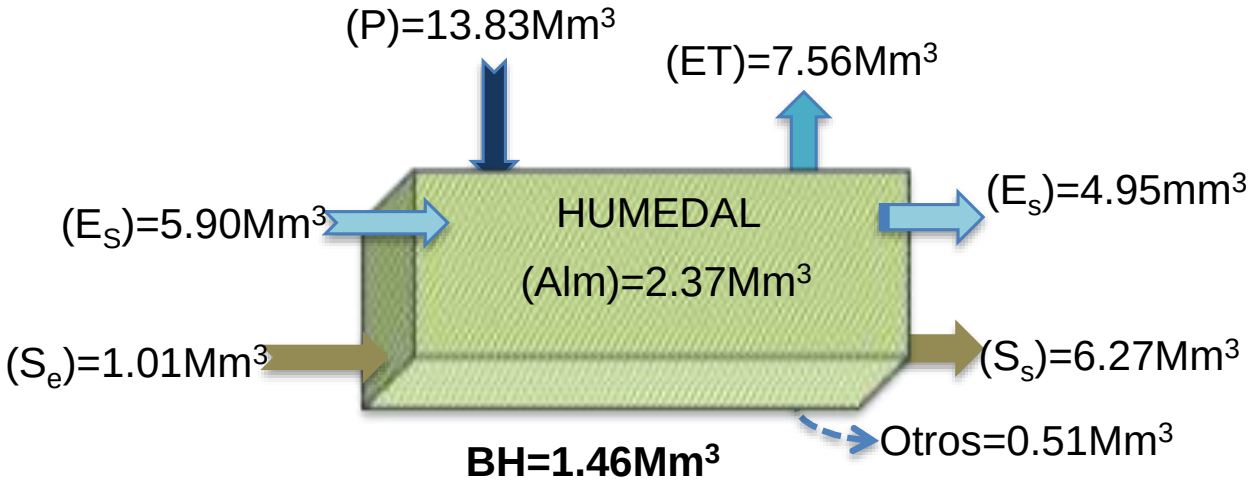


Figura 5. Balance hídrico anual en el Humedal sur de Pátzcuaro.

En conclusión el humedal presenta un periodo de estrés hídrico por ausencia del tirante de agua (seco) de 7 meses durante el año y un periodo de inundación (saturación de agua) de 5 meses (Figura 6). También se pudo establecer que este sistema depende en un 90% de las aguas de escorrentía, ya sea superficial o sub-superficial, para su subsistencia durante el periodo seco y el aporte de agua por parte del lago es casi nulo. Y es de esta manera en que genuinamente mantiene las características propias de los humedales.

IV. COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUA Y SEDIMENTOS

4.1 Agua

Los resultados de los análisis en el humedal Sur Ramsar-Pátzcuaro mostraron una temperatura del agua con un promedio anual de 21.7ºC. La temperatura disminuye de sequía (22.3ºC) a lluvia (14.4ºC) (Tabla 2). Espacialmente la frontera acuática registra las temperaturas más baja (10.5°C), mientras que la frontera terrestre y humedal registraron las temperaturas más altas (32.2°C y 32.6°C respectivamente).

El potencial de hidrógeno registró un promedio anual de 8.3. La frontera terrestre registro el mismo valor promedio, sin embargo, en las estaciones 10,12 y 15 el pH fue de 9.0, la parte media del humedal y en la frontera acuática el promedio fue de 8, solo en la estación 23 de ésta última incrementa a 9. Sin embargo, temporalmente existe una diferencia significativa del pH entre la época de lluvia y sequía, en los meses de junio a agosto (lluvias) se registraron valores alcalinos (9.7 a 10.28) y niveles ligeramente ácidos (6.93 a 7.0) durante los meses de enero a marzo (sequía) (Tabla 2).

El oxígeno disuelto registró una concentración promedio anual de 5.6 mg/L, Temporalmente la distribución de ésta concentración si representa una diferencia significativa, un valor máximo en 12mg/L en la temporada de lluvia (agosto) y el mínimo de 0.87 durante la temporada de sequía (diciembre) (Tabla 2).

En este sistema se registró un promedio anual de 242.8mg/L de alcalinidad total. El valor máximo se registró en la parte media del humedal (276mg/L) y el mínimo en la frontera acuática (204mg/L) (Tabla 2).

En todo el ecosistema dominan los bicarbonatos (206.6mg/L) seguido de los carbonatos (30.4mg/L) y finalmente los hidróxidos (1.5mg/L). Durante la época de sequía, en comparación con la época de lluvias, se registró que existió una disminución de bicarbonatos (182.8mg/L), y un aumento en los hidróxidos a (2.4 mg/L). En lo que respecta al promedio anual de dióxido de carbono (CO_2) es de 16.4mg/L, mismo que disminuye en la temporada de lluvia hasta 2.3mg/L y aumenta a 19.4mg/L en la temporada de sequía (Tabla 2).

La dureza total tiene un promedio anual de 277.7mg/L. Durante la temporada de lluvia disminuye a 157.1mg/L y aumenta en la temporada de sequía a 291.8mg/L. La mayor concentración se reporta en la frontera terrestre con un promedio de 392mg/L, seguido

con 268mg/L en el humedal y finalmente en la frontera acuática se registró una dureza de 184mg/L que es el valor más bajo en el ecosistema (Tabla 2).

La dureza de calcio presento un promedio anual de 18.01mg/L, disminuyendo en temporada de lluvia a 12 mg/L. La Dureza de magnesio registró un promedio anual de 56.5mg/L, mismo que disminuye en la temporada de lluvia a 30.8mg/L y aumenta en sequia a 60.2mg/L.

En el humedal se obtuvo un promedio anual de fósforo total de 468.1µg/L, el cual disminuye en la temporada de lluvia a 300.4µg/L y en sequía presenta una concentración de 461.5 µg/L. Los niveles máximos de fósforo se registraron en la frontera terrestre (814µg/L), seguida de la frontera acuática (305µg/L) y el mínimo en la parte media del humedal (277µg/L). El ortofosfato presentó un promedio anual de 168.7 µg/L, aumenta ligeramente a 169.6µg/L en lluvia y disminuye a 145.2 µg/L en sequía (Tabla 2).

El promedio de los nitratos en la temporada de lluvia fue de 15mg/L. Los nitritos presentaron un promedio de 0.04mg/L, con un valor máximo de 0.12mg/L en el humedal y un mínimo de 0.01mg/L en la misma zona. El promedio del amonio en la misma temporada fue de 0.03mg/L con un valor máximo igual en la frontera terrestre.

En la temporada de sequía la concentración promedio de nitratos fue de 24.9mg/L, con un máximo en la frontera terrestre de 64mg/L y de 12.5mg/L en la frontera acuática. Los nitritos en temporada de sequía presentaron un promedio de 0.09mg/L, el máximo se encontró en el humedal con 0.42mg/L y el mínimo (0.01 mg/L) en la frontera terrestre. El promedio del amonio en este periodo fue de 0.02mg/L, con un máximo de 0.04mg/L en la frontera terrestre.

Los contenidos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) no presentaron diferencias significativas entre las dos épocas del año. En lluvia la media fue de 160mg/L, con una variación entre los sitios de muestreo de un máximo de 360mg/L y un mínimo de 60 mg/L. En la temporada de sequía la media fue de 150mg/L, en donde existe variación entre los sitios de muestreo, con un máximo de 225mg/L y un mínimo de 110 mg/L.

En la temporada de lluvia el promedio de la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 500mg/L, con un máximo de 1,200mg/L y un mínimo de 200mg/L. En la temporada de sequía la media fue de 900mg/L, con un máximo de 1,000mg/L y un mínimo de 700mg/L, y no hubo diferencias entre los sitios de muestreo.

La conductividad presento un promedio anual de 1,428.8µS/cm, con un valor en lluvias de 730.1µS/cm, mismo que se incrementa en la temporada de sequía hasta 1,525.8µS/cm. El valor máximo de conductividad fue de 2,887 µS/cm en la frontera terrestre en la época de sequía, mientras que el valor mínimo fue de 672 µS/cm en la frontera acuática y ocurrió durante la época de lluvia. El análisis estadístico mostro que la conductividad eléctrica presenta diferencias significativas espacialmente y en temporalidad no (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del humedal Sur Ramsar Pátzcuaro.

VARIABLE	PROMEDIO LLUVIA	PROMEDIO SEQUIA	PROMEDIO ANUAL
Temperatura (ºC)	14.4 ± 9.8	22.3 ±2.2	21.7 ±2.38
Potencial de Hidrogeno	8.8 ± 4.1	8.3 ±0.6	8.3 ±0.48
Conductividad (µS/cm)	730.1 ± 556.6	1525.8±564.5	1428.8±504.16
Oxígeno (mg/L)	3.6±2.8	5.7 ±1.4	5.6 ±1.01
Alcalinidad total (mg/L)	232.4 ±186.0	219.1 ±103.9	242.8 ±97.44
Carbonatos (mg/L)	30.3 ±44.1	29.0 ±17.9	30.4 ±20.46
Bicarbonatos (mg/L)	204.0 ±167.3	182.8 ±107.2	206.6 ±100.99
Hidróxidos (mg/L)	1.5±5.4	2.4 ±2.0	2.3 ±2.01
Bióxido de Carbono (mg/L)	2.3±4.1	19.4 ±22.2	16.4 ±17.82
Dureza total (mg/L)	157.1±109.6	291.8 ±139.2	277.7 ±120.98
Dureza de calcio (mg/L)	12.2±12.8	17.7 ±13.0	18.0 ±12.75
Dureza de magnesio (mg/L)	30.8±24.0	60.2 ±30.2	56.5 ±25.24
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	221.9±260.3	551.8 ±264.9	499.6 ±233.81
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	484.0±349.8	974.8 ±393.8	908.8 ±325.82
Sólidos sedimentables (mL/L)	0.4±0.8	0.7 ±1.7	0.7 ±1.30
Turbidez (NTU)	73.1 ± 67.6	114.1 ±66.1	106.7 ±58.23
Fósforo total (µg/L)	300.4±300.9	461.5 ±437.7	468.1 ±361.77
Ortofosfato (µg/L)	169.6±209.2	145.2 ±237.1	168.7 ±214.31
Nitratos (mg/L)	15.0±13.2	24.9 ±15.1	24.3 ±13.84
Nitritos (mg/L)	0.04±0.04	0.09 ±0.08	0.1 ±0.06
Amonio (mg/L)	0.03±0.03	0.02 ±0.02	0.01 ±0.06
Clorofila *a*(mg/m^3)	10.7±11.9	21.9 ±8.7	20.8 ±7.56
DBO_5 (mg/L)	156.1±122.1	163.3 ±31.7	171.6 ±34.16
DQO (mg/L)	420.8±471.3	903.5 ± 67.6	888.1 ±72.47

El promedio anual de la concentración de sólidos disueltos totales (SDT) fue de 908.8mg/L, con niveles promedio de 484mg/L en la temporada de lluvia de mismo que se incrementa en la temporada de sequía a 974.8mg/L. Mientras que el promedio anual de los sólidos sedimentables fue de 0.7mL/L, de 0.4mL/L en la temporada de lluvia y 0.7mL/L. en la temporada de sequía. Los SDT en la frontera terrestre son de 1,104 mg/L, los cuales disminuyen un 5.3 % en el humedal (1,046 mg/L), y en la frontera acuática existe una mayor disminución de SDT (37 %) 656 mg/L.

La relación entre la conductividad y SDT muestran una valor de R^2=0.76 que indica una asociación directa, a mayor conductividad mayor concentración de SDT, las estaciones de la frontera terrestre registran valores altos de conductividad (1,794 µS/cm), en las estaciones de la parte media del humedal la conductividad se reduce en un 13.27% equivalente a 1,556µS/cm, y finalmente hacia la frontera acuática disminuye un 32.71% más, equivalente a 1,047 µS/cm (Figura 6).

Los sólidos suspendidos totales (SST) mostraron un promedio anual de 499.6mg/L, con un promedio estacional en lluvia de 221.9mg/L, que aumenta en la temporada de sequía a 551.8mg/L. La concentración máxima de SST se presentó en las estaciones de la frontera acuática (402mg/L), seguidos del humedal (289mg/L) y finalmente las estaciones de la frontera terrestre presentaron una concentración de 202mg/L. Los sólidos sedimentables tuvieron un promedio a anual y en sequía de 0.7 mL/L, disminuyendo en lluvia a 0.4 mL/L.

La turbidez presentó un valor de 73.1 NTU en lluvia, hasta 114.1 en sequía, y su promedio anual fue de 106.7 NTU. La parte media del humedal presento una turbidez de 34 NTU, la frontera terrestre de 33 NTU, y las estaciones de la frontera acuática mostraron 77 NTU.

La clorofila presento un promedio anual de 21 mg/$m^{3,}$ con un máximo de 38 mg/m^3 en la estación 13 (humedal) y un mínimo de 8 mg/m^3 en la estación 24 (frontera terrestre). En lluvia se obtuvo una concentración de 11 mg/m^3 la cual se incrementa en sequía a 22 mg/m^3

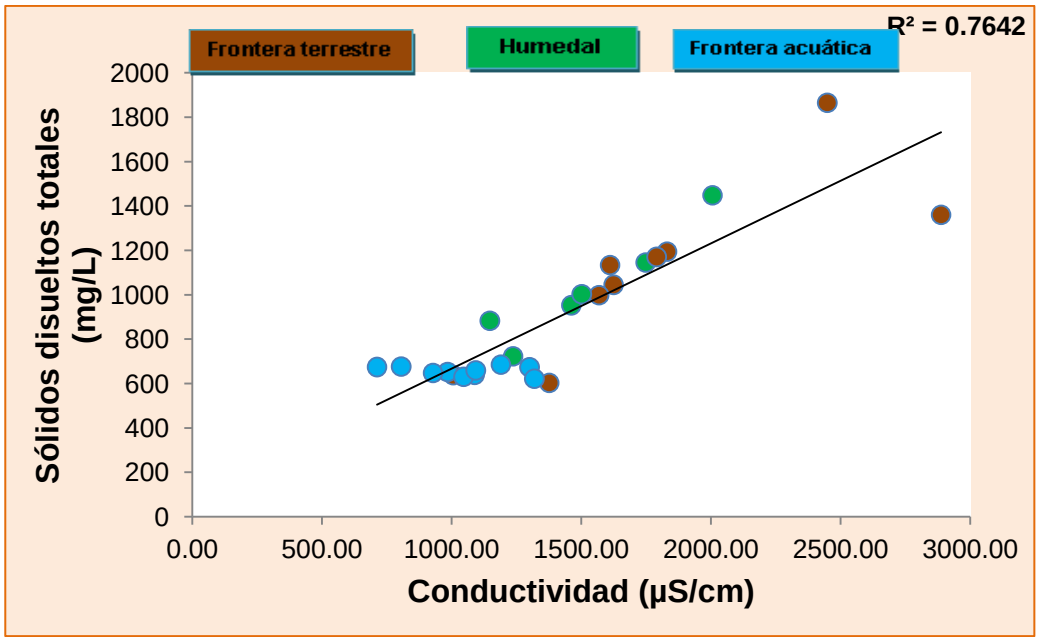


Figura 6. Relación de la conductividad con los sólidos disueltos totales

4.2 Sedimentos

La humedad en sedimento tuvo un promedio anual de 77% sin diferencia entre las dos temporadas. La humedad en las tres zonas del humedal presento un máximo de 100% y un mínimo de menos de 50% en la frontera terrestre.

Se tuvo un promedio de 778g/Kg de materia orgánica en todo el ecosistema, el contenido mayor de este parámetro durante la temporada de lluvia se presentó en la parte media del humedal con 821g/kg, seguido de la frontera acuática y la frontera terrestre con 760g/Kg. La concentración máxima de fósforo total se encontró en la frontera terrestre con 147g/Kg, seguida del humedal con 105 g/Kg y la mínima en la frontera acuática con 40g/Kg.

En la temporada de sequía la concentración máxima de materia orgánica se encontró en la frontera acuática con 920 g/Kg, seguida del humedal con 750 g/Kg y finalmente la concentración mínima se encontró en la frontera terrestre con 563 g/Kg. Con respecto al fosforo total, en esta misma temporada, se obtuvo un máximo en la frontera terrestre con 502 g/Kg, seguido del humedal con 392 g/Kg y un mínimo en la frontera acuática con 277 g/Kg (Figura 7)

El nitrógeno orgánico no presentó diferencias significativas entre las dos épocas del año. En la temporada de lluvia el promedio fue de 220g/Kg, en donde hubo variación entre los sitios de muestreo, con un máximo de 410g/kg y un mínimo de 110g/kg. En la temporada de sequía el promedio fue de 280g/Kg, cuya variación entre los sitios de muestreo tuvo como minina 100g/kg y un máximo de más de 500g/kg.

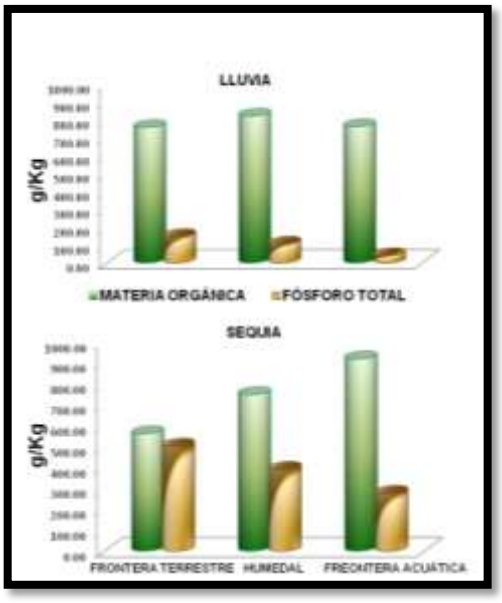


Figura 7. Concentración de la materia orgánica y fósforo total en sedimento en la temporada de lluvia y sequía en el humedal Ramsar-Pátzcuaro.

Los resultados del análisis granulométrico de los sedimentos del humedal muestran que la frontera terrestre y la parte media están dominadas por sedimentos franco arenosos con o sin arcilla y la frontera acuática por suelos franco arcillosos con o sin arena (Tabla 3).

El análisis factorial, de todas las variables analizadas, mostro que en la temporada de lluvia el humedal está dominado por la materia orgánica y la humedad y en temporada de sequía domina solo el fósforo total.

Tabla 3. Porcentaje anual de textura del sedimento en la frontera terrestre (FT), humedal (H) y frontera acuática (FA) en el humedal Ramsar-Pátzcuaro.

CLASE TEXTURAL	TEXTURA	FT	H	FA
Franco-areno-arcilloso	Moderadamente fina	38	33	55
Franco-arenosa	Moderadamente gruesa	31	25	16
Franco-arcillosa	Moderadamente fina	21	10	20
Areno-francosa	Gruesa	10	15	8
Franca	Media	0	18	2

V. Deterioro hídrico del humedal

Es importante tipificar el deterioro hídrico del humedal sur RAMSAR del lago de Pátzcuaro, con la finalidad de caracterizar la función hidrogeológica que desempeña y evaluar el estado de “salud ambiental” y analizar las causas de su deterioro.

5.1 Clasificación funcional del humedal.

Para establecer las características funcionales de un humedal primeramente se debe tipificar de acuerdo a su altitud, latitud, longitud, temperatura media del aire, oscilación de la temperatura: vienen implícitos en la demarcación de las cuencas hidrográficas y régimen climático del territorio (García y Vidal, 2008). En la tabla 4 se presenta una descripción detallada del Humedal Sur Pátzcuaro-RAMSAR.

Tabla 4. Caracterización descriptiva del Humedal Sur de Pátzcuaro.

INFORMACION GENERAL				
Nombre del Humedal		**Municipio**		**Estado**
Humedal sur RAMSAR Pátzcuaro		Pátzcuaro y Erongarícuaro		Michoacán
Altitud	**UTM Y**	**UTM X**	**Extension**	**Perimetro**
2036 m	2171501.92	246175.12	707.42 Ha	22151.48 m
Región Fisiográfica	**Cuenca**	**Subregión**	**Ecosistema acuático asociado**	
Eje Neovolcánico	Pátzcuaro-Cuitzeo	Pátzcuaro	Lago de Pátzcuaro	
INFORMACION DEL HUMEDAL				
Tipo de sistema	**Tipo de subsistema**		**Tipo de clase**	
Lacustre	Permanente		Humedal Emergente	
Tipo de humedal	**Ambiente**	**Tipo**	**Regimen hidrologico**	**Fluctuacion estacional del agua**
Agua dulce	Continental	Microcuenca de inundación	Temporal	20-45%
Clima	**Clima (según Köppen)**		**Relieve**	**Tipo de erosion**
Tropical	Templado sub-humedo		Planicie	antrópica
Geología		**Edafología**	**Drenaje**	**Uso del suelo**
Terciario y al inicio del Pleistoceno		Andosol y luvisol	Escurrimientos	Agropecuario-Forestal
Profundidad máxima en lluvia	**Profundidad mínima en Lluvias**	**Profundidad máxima sequía**	**Profundidad minima sequía**	**Flujo**
2.5	0.9	0.8	0.2	Lento (0.05m/s)
Tipo de vegetacion terrestre	**tipo de vegetacion acuatica**		**comunidades dominantes**	
Arbustiva-pino	Emergente, supergida y flotante		*Typha dominguensis y T. latifolia*	

Este tipo de humedal es permanente y se caracteriza por ser de ecosistemas acuáticos endorreicos, mantenido por efecto de escurrimiento, de forma irregular, poco profundo, nivel batimétrico cambiante, muy extendidos, sin estratificación térmica, sin zona afótica, altamente productivos, concentración de oxígeno disuelto de medio a bajo y con altas concentraciones de nutrientes y sólidos disueltos (turbios).

A partir de los antecedentes y tomando en cuenta que es un área de inundación, se determinó que existe la siguiente relación entre procesos y atributos del humedal: *proceso de escorrentía, con estabilidad permanente con variaciones hidrométricas, en función del régimen de recarga de la cuenca, con una estructura de plantas acuáticas y vegetación hidrófila*.

Para el cálculo del índice de Aridez se utilizó el Cociente Pluviométrico de Emberger (1930), modificado por Di Castri (1976) y se ubica como un ecosistema de humedal **subhúmedo**

Por la ubicación, el humedal se clasifica como **Continental-Escorrentía**, con pendientes mayores a 0.5, permeabilidad alta-media, una aridez subhúmeda y frecuencia de precipitacion de **Clase 2**, dado que presenta una frecuencia de precipitación de 0.65.

En ésta zona se registran avenidas de agua máximas de 10,211.82Mm^3, con flujo lento de 0.05m/seg. Por lo que se considera que el sustrato puede inundar parcialmente el humedal. La función laminadora de la avenida será mayor como resultado de la semi-permeabilización del substrato.

La formación de los sistemas de humedales litorales asociado a ecosistemas lacustres está relacionada, tanto con los regímenes de precipitación, como por las características geológicas del territorio. Por lo tanto deben considerarse como ecosistemas o unidades funcionales complejas y que pequeñas modificaciones sobre alguno de esos factores pueden contribuir a su destrucción y/o a cambios irreversibles en su funcionamiento.

En conclusión el humedal sur de Pátzcuaro se clasifica, de acuerdo a su funcionalidad y estructura, como: *un humedal de área o microcuenca de inundación, de ambiente continental de escurrimientos, de tipo emergente, permanente, con un índice de áridez subhúmedo, frecuencia de precipitación de clase 2, de variedad ribereña y tipo Lacustre, los cuales se caracterizan por estar temporalmente saturados con mezcla de materia orgánica e interacciones dominantes de sustrato y vegetación, y procesos de degradación.*

5.2 Estado trófico del humedal

Una vez determinado la funcionalidad y estructura del humedal se debe considerar establecer las condiciones tróficas del mismo. Al igual que su funcionalidad sus propiedades fisicoquímicas dependen de las condiciones climáticas y del uso de la tierra en su entorno inmediato (Sosnovsky & Quirós, 2004).

Los índices ambientales de eutrofia toman en consideración diferentes parámetros fisicoquímicos del agua para determinar el estado trófico de un sistema acuático. Una vez analizado la variabilidad anual (CV%) de los parámetros fisicoquímicos, se consideraron solo las variables con mayor coeficiente de variación, para determinar en cual temporada del año las variables con alto CV% presentan mayor impacto sobre el humedal. Se realizó un análisis de componentes principales para determinar las variables de mayor significancia para determinar el estado trófico del Humedal sur de Pátzcuaro con ellos se explica el 83.19% de los procesos físico-químicos del humedal sur de Pátzcuaro.

Se aplicaron los índices de eutrifía de Carlson quien da peso a FT, CHL y visibilidad, en el caso de los índices de Shannon y Bezzonik, y Dillon y Rigler, dan importancia a los nutrientes. Con los resultados de nutrientes, turbidez y productividad primaria se podría considerar que el humedal es *Mesotrófico*, lo cual lo convierte en un ecosistema productivo. Sin embargo, los valores de visibilidad y transparencia de los índices de Carlson y Shannon & Brezonik lo clasifican como ecosistema *eutrófico*, esto debe a que los cambios en los sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos causados por la erosión de suelo y transporte de materia orgánica alóctona hacia el humedal. Es factible mencionar que el humedal está clasificado como en un proceso de transición de la mesotrofía a la eutrofia pues los valores de los índices no tienen una clasificación bien definido, sino se presenta una combinación de ambos (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de índices de estado trófico calculado para el humedal de Pátzcuaro.

ÍNDICE		Humedal	Clasificación
Carlson	TSI	47.03	MESOTROFICO
	TSD	103.71	EUTROFICO
	TCHl	31.16	MESOTROFICO
	TTP	30.35	MESOTROFICO
Shannon&Brezonik		34.35	EUTROFICO
Dillon&Rigler		0. 80	MESOTROFICO

VI. Capacidad sortiva

La capacidad sortiva se define como la capacidad que tienen los humedales de absorber algún elemento o compuesto, depurando así el agua que pasa por un humedal. El humedal sur de Pátzcuaro tuvo una sortividad total en el ecosistema distinta para cada una de las variables analizadas en agua. A la frontera terrestre llegan anualmente 1.26 mL/L de sólidos sedimentables (SS) se retine al año 1.12 mL/L que equivale a una absorción de 89%. De ortofosfato llegan 332 µg/L y el humedal retiene anualmente 262 µg/L, ingresan 788 µg/L de fosforo total y son procesados el 61% de los mismos. Los nitratos tiene un ingreso de 30mg/L y se retenien 16mg/L (54%). Los sólidos disueltos totales (SDT) llegan 1,023 mg/L reteniendo 361mg/L equivalentes a un 35%. El humedal también retiene amonio, clorofila, sólidos suspendidos totales (SST) pero en un porcentaje menor de 30% (Tabla 6 y Figura 8).

Tabla 6. Porcentaje de absorción en las diferentes fronteras del humedal.

VARIABLES	TIERRA HUMEDAL	HUMEDAL	HUMEDAL AGUA	RETIENE	% EFICIENCIA TOTAL
Fósforo total (µg/L)	788	327	304	484	61
Ortofosfato (µg/L)	332	107	70	262	79
Nitratos (mg/L)	30	27	14	16	54
Amonio (mg/L)	0.02	0.02	0.01	0.01	23
Clorofila (mg/m^3)	23	21	18	5	23
SST (mg/L)	495	548	436	59	12
SDT (mg/L)	1023	990	663	361	35
SS (mL/L)	1.26	0.65	0.15	1.12	89

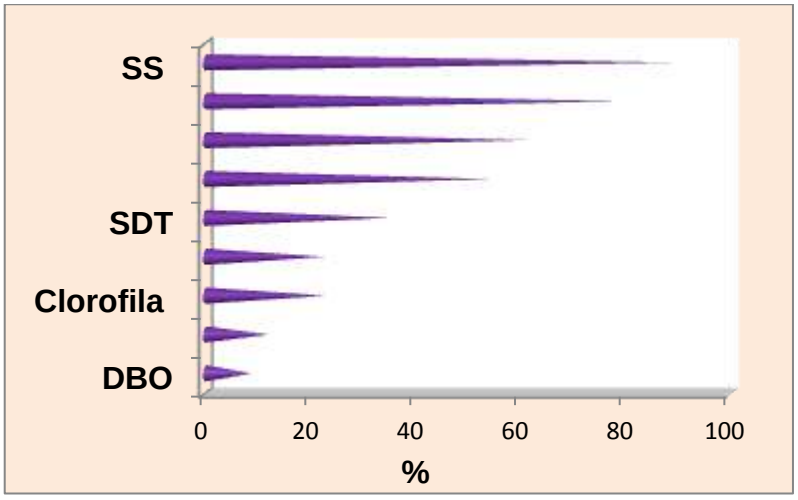


Figura 8. Absorción(%) de elementos por el humedal Ramsar-Pátzcuaro

Hubo mayor porcentaje de absorción en la temporada de sequía en ortofosfato en donde se retuvo 344µg/L, nitratos retuvo 22mg/L, nitrógeno en sedimento 320g/Kg y dureza total se retuvo 231mg/L, también existió absorción en la conductividad, fósforo total en sedimento y sólidos disueltos totales (SDT) pero en un porcentaje menor al 50% (Tabla 7). En la temporada de lluvia también se presentó mayor absorción en el ortofosfato en donde se retuvo 396µg/L, fósforo total en sedimento se retuvo 107µg/L, nitratos 17mg/L, la absorción de SDT, conductividad, dureza total y nitrógeno total en sedimento fue menor al 50% (Tabla 8).

Tabla 7.Porcentaje de absorción en sequia del humedal Ramsar-Pátzcuaro.

VARIABLE SEQUIA	ENTRA	SALE	%
Ortofosfato (µg/L)	405	61	**85**
Nitratos (mg/L)	36	14	**61**
Nitrógeno total en sedimento (g/Kg)	546	226	**59**
Dureza total (mg/L)	415	184	**56**
Conductividad (µS/cm)	1,998	1,802	46
Fósforo total en sedimento (g/Kg)	502	277	45
Sólidos disueltos totales (mg/L)	1,187	674	43

Tabla 8.Porcentaje de absorción en lluvia del humedal Ramsar-Pátzcuaro

VARIABLE LLUVIA	ENTRA	SALE	%
Ortofosfato (µg/L)	499	103	**79**
Fósforo total en sedimento (g/Kg)	147	40	**73**
Nitratos (mg/L)	30	13	**57**
Sólidos disueltos totales (mg/L)	822	461	44
Conductividad (µS/cm)	1,320	757	43
Dureza total (mg/L)	214	165	23
Nitrógeno total en sedimento (g/Kg)	280	233	17

VII. Flujo de agua subsuperficial

Para determinar el flujo bidimensional de agua que ingresa al humedal fue necesario la instalación de piezómetros subsuperficiales semiautomatizados. Los piezómetros monitoreados se instalaron en las siguientes ubicaciones:
Pozo Tócuaro; 19° 32' 23.26”N, 101°41'32.19” W
Arocutín: 19°33'41.7” N, 101°42'13.33” W
Humedal: 19°34'26.42” N, 101°40'59.21” W.

La figura 9 muestra el comportamiento de las series piezométricas registradas en un ciclo anual entre 2013 y 2014.

La elevación promedio del nivel piezométrico para el pozo Tócuaro se encontró todo el tiempo por debajo del nivel de la superficie topográfica y fue de 2242.68 msnm con máximo y mínimo de 2241.536 y 2244.365 msnm. El nivel piezométrico presentó una variación total de 2.83 m entre los niveles más bajos y más altos de la serie. En la Figura 10 puede apreciarse la elevación absoluta de los niveles piezométricos monitoreados en el proyecto. La diferencia entre el nivel promedio del humedal y el pozo Tócuaro fue de 9.93 m.

El freático de Arocutín se encontró también por debajo de la superficie topográfica y osciló entre 2234.286 y 2235.898 msnm. Es decir, 1.612 m, mientras que el nivel promedio se ubicó en 2235.223 msnm. La diferencia entre el nivel promedio del pozo Tócuaro y del freático Arocutín fue de 7.457 m.

En el caso del humedal, los registros indican que oscila entre 2230.772 y 2233.239 msnm, es decir 2.467 m entre el punto más bajo y más alto. Cabe mencionar que en el caso del humedal, el espejo de agua sobresale de la superficie topográfica entre los meses de julio y enero.

Los niveles piezométricos confirman la presencia de flujo subsuperficial originado en la parte sur de la cuenca, muy probablemente en el derrame de lavas conocido como malpaís de Arocutín.

El agua de lluvia se infiltra rápidamente en el malpaís y fluye subsuperficialmente hacia el humedal. La variación de los niveles piezométricos en el pozo Tócuaro (Figuras 9 y 10) indican que la respuesta del acuífero abierto a los eventos de precipitación es muy rápida. La estructura de la serie de tiempo indica la ocurrencia de incrementos abruptos de nivel, así como la ocurrencia de extracción de agua del pozo monitoreado, principalmente durante la época de estiaje; entre marzo y mayo de 2014.

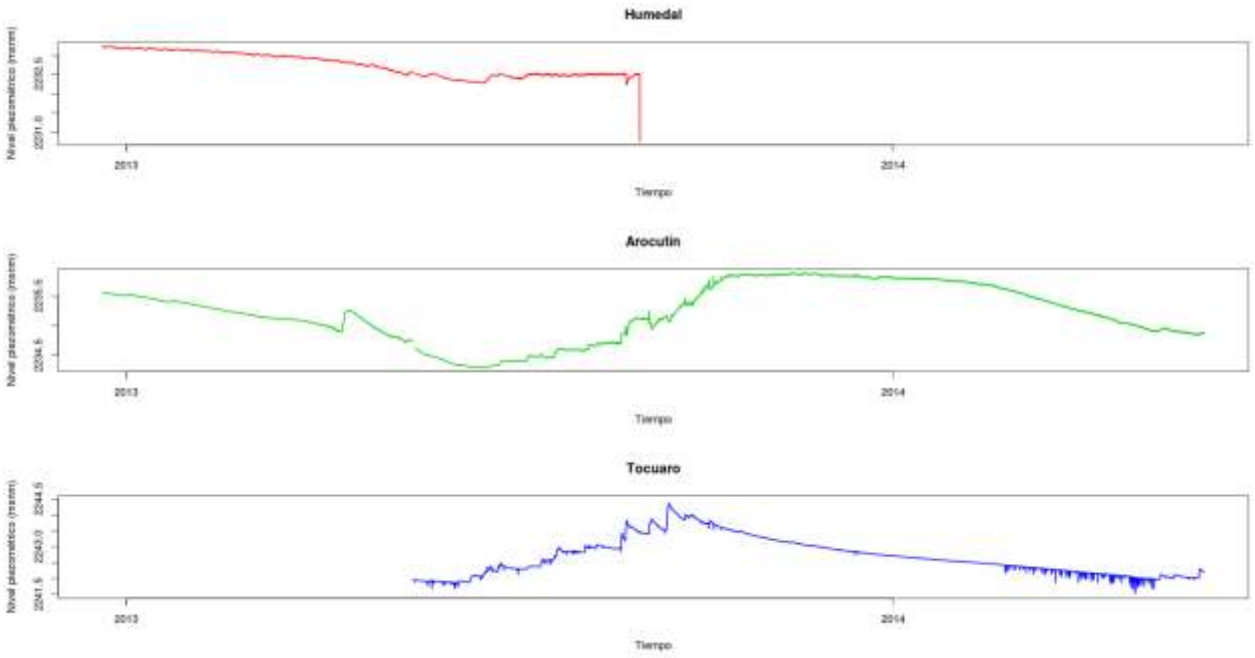


Figura 9. Series de tiempo de los piezómetros instalados en el humedal, freático en Arocutín y el pozo de Tócuaro. Se presentan los niveles piezométricos correspondientes en metros sobre nivel del mar.

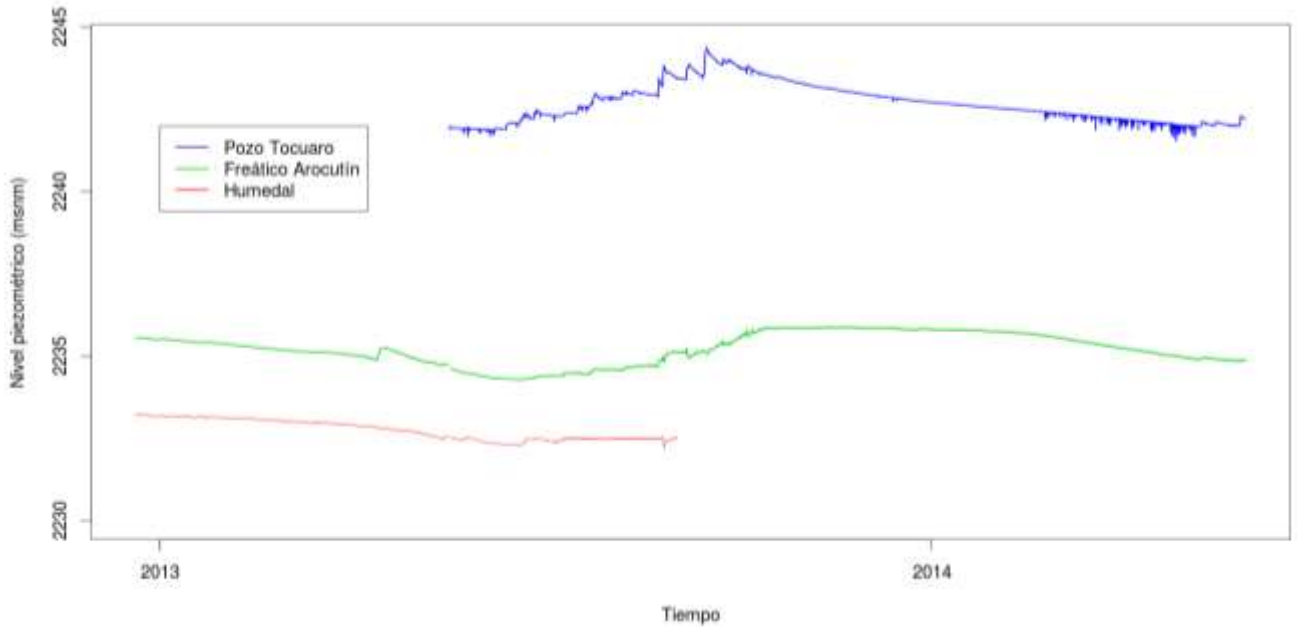


Figura 10. Comparación entre los niveles piezométricos para el pozo Tócuaro, el freático Arocutín y el humedal del lago de Pátzcuaro.

VIII. Manejo del humedal

El plan de manejo de un área particular tiene como objetivo principal la rehabilitación de un ecosistema que se encuentra en un estado funcional inestable mediante acciones que permitan su transformación en un estado funcional de alta estabilidad. Un ecosistema funcional se caracteriza por sostener procesos naturales autosuficientes y permanentes, además de asociarse con eficiencia entre sus diferentes componentes (Ksuffman et al. 1997).

Las dos causas principales que ocasionan el deterioro de un ecosistema acuático son principalmente las diferentes actividades productivas que incorporan tanto el aprovechamiento del agua como del suelo. La microcuenca de captación es afectada por las prácticas de uso del suelo en donde las actividades forestales, la agricultura y el pastoreo son incompatibles y destructivas, mientras que en el uso del agua la desviación de los tributarios, el vertido de aguas de desecho, además del azolve aceleran la degradación del habitat acuático.

Por lo anterior, es de fundamental importancia la generación de criterios que permitan mantener los sistemas acuáticos en un estado lo mayor saludable posible, así como definir estrategias eficientes que permitan una restauración ecológica para el mantenimiento de la biodiverdidad y productividad acuática.

En Pátzcuaro se ha venido luchando por reforestar la cuenca, desazolvar en etapas anuales y de conglomerar la terracería en las zonas medias de la cuenca. Aún se cuenta con alguna reserva de pinos y oyameles, sin embargo, la tala inmoderada de bosques, la pesca exacerbada y la alta tasa de crecimiento demográfico son fenómenos comunes en el deterioro de los ecosistemas de la cuenca del lago de Pátzcuaro, incluido el humedal, ello aunado a bajos niveles de ingreso percibidos por sus habitantes, el uso de técnicas inadecuadas para la preservación de las especies y el incremento de la demanda de productos comerciales de la región, ha originado mayores niveles de degradación de los recursos con los que se cuentan en la cuenca.

Se presume que un 70 % de los recursos de la cuenca se encuentran en graves condiciones de degradación y de falta de bienestar social, convirtiéndose en un círculo vicioso que amenaza con una importante descomposición social y un mayor deterioro del ecosistema.

Por varios años el lago de Pátzcuaro y su cuenca han mantenido programas permanentes de recuperación. Por lo tanto, el propósito del presente capítulo es la generación de criterios que permitan la restauración ecológica y el manejo de humedal, para beneficio del lago y de la región. Ante este reto, se requiere de planificar y programar el desarrollo sustentable del humedal Sur del Lago de Pátzcuaro, a través de un uso más adecuado de sus recursos naturales.

Los ecosistemas acuáticos presentan estadíos evolutivos sucesivos: oligotrofía, mesotrofía, eutroficación específica e hipertroficación, de acuerdo al índice de productividad natural de la condición de nutrientes. En este estudio el humedal fue determinado como en un proceso de evolución de mesotrofía a eutrofia, dado que los procesos directos de desecamiento, la extracción de agua que alimenta al humedal, la

deforestación, las actividades agrícolas, el uso de fertilizantes en las tierras aledañas y muchos otros cambios, han propiciado el acarreo de nutrientes y sedimentos. Ello ha acelerado la productividad natural y los cambios en el perfil morfobatimétrico de la zona sur. Razón por la cual se ha acelerado el proceso de eutroficación, debido a la falta de medidas prontas y adecuadas para contener este efecto.

La preservación y explotación sustentable de los recursos naturales ocupa un lugar preponderante en la actualidad. Por ello se ha tratado de compatibilizar la promoción del crecimiento económico con la protección del entorno ecológico, a través del establecimiento de un marco jurídico, normativo e institucional que impulse la adopción de prácticas productivas basadas en el aprovechamiento racional y responsable de los recursos naturales y en la protección del medio ambiente.

El objetivo de este capítulo es definir y proponer las estrategias, acciones y medidas que garanticen la preservación y restauración del humedal RAMSAR Sur del Lago de Pátzcuaro.

7.1 Organización

Es de fundamental importancia la creación de un Consejo Técnico Local. En este espacio es requisito que exista la participación social en donde la corresponsabilidad sea un elemento estructural para la toma de decisiones. Este Consejo deberá de ser integrado en una jerarquía horizontal por representantes de:

a) H. Ayuntamientos.
b) Organizaciones sociales y productivas más representativas y participativas.
c) Usuarios.
d) Representantes de las principales Universidades y Centros de Investigación.
e) Representantes de Instituciones del Gobierno Federal incluyendo CNA, SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT, SEP, INAH, CONAFOR, SECTUR y CONACULTA.
f) Representantes de las Instituciones del Gobierno Estatal incluyendo COMPESCA, SUMA, la Secretaría de Educación en el Estado, así como Secretaria de Desarrollo Social.
g) Organizaciones no gubernamentales que se distingan por su firme compromiso de participar en la restauración de la zona.

Cabe señalar que actualmente en la región se cuenta con la *Comisión de Cuenca del Lago de Pátzcuaro*, que al igual que los Consejos de Cuenca, son órganos colegiados de integración mixta. Sin embargo, las Comisiones de Cuenca son órganos auxiliares y subordinados de los Consejos de Cuenca, que se constituyen con carácter temporal o permanente, al nivel de subcuenca y unidades hidrológicas de menor orden, respectivamente. Aunque abarca toda la cuenca del lago de Pátzcuaro, se encuentra subordinada al Consejo de Cuenca del Lerma-Santiago, y sus acciones están inclinadas a los sitios de mayor concentración de población; por lo que resulta trascendente la formación de un Consejo Técnico Local del humedal de Pátzcuaro, que fuese el responsable de ésta unidad ambiental tan importante de la región y no dudando de que pudiera formar parte de la Comisión de Cuenca ya existente para fortalecer la atención a esta zona que se encuentra poco atendida en todos sus sectores.

En este espacio de decisión se reunirán los representantes debidamente acreditados y con capacidad de decisión por parte de su representado con el objeto de planear, analizar, aprobar, evaluar y dar seguimiento a la totalidad de los proyectos productivos y de manejo de la zona. La consolidación y reconocimiento legal de este Consejo permitirá que esta instancia pueda gestionar recursos económicos en el extranjero o en el territorio nacional para el manejo sustentable área.

Para actuar bajo un marco legal de participación el Comité Técnico local deberá de ser aprobado por el C. Gobernador del Estado, posteriormente se celebrarán convenios de colaboración intermunicipal en donde el Comité Técnico Local será la estructura de toma de decisiones para el desarrollo de la zona del humedal.

De la misma manera el Gobierno Federal deberá celebrar convenios de transferencia de funciones o de colaboración en donde la Ley lo permita con el Gobierno Estatal y municipal para apoyar el desarrollo local y la planeación del uso del suelo en el área. En este sentido el Gobierno Federal deberá reconocer dentro de estos convenios de colaboración la figura organizativa del Comité Técnico Local como el espacio político y administrativo que orienta e integra los esfuerzos de las instituciones a favor del bienestar social del humedal sur del lago de Pátzcuaro.

7.2 Estrategias y líneas de acción

Para el diseño de estrategias y actividades es necesario la zonificación del humedal, dependiendo de los requerimientos de cada área en particular, es por ello que a continuación se plantean acciones por zonas específicas en el humedal.

a) Zona de restauración

En esta zona se realizarán actividades de preservación, restauración, investigación, educación ecológica y se deberán limitar las actividades de aprovechamiento que alteren la dinámica natural del humedal incluyendo el turismo ecológico.

Para las actividades de restauración de la cobertura vegetal deberá coordinarse con la Secretaría en materia forestal, quien deberá realizar un acuerdo o convenio entre el gobierno federal y estatal para coordinar (Artículo 7 de la Ley Forestal) la organización de un inventario forestal de las subcuencas del humedal, con la finalidad que esto permita la evolución de los programas de restauración y conservación realizados en el área, así mismo este registro será público. (Artículo 10 bis de la Ley Forestal).

Para los programas de conservación propuestos en esta zona deberá tomarse en cuenta la opinión del consejo local el cual puede promover actividades tendientes a incrementar la calidad y eficiencia en la conservación. (Artículo 19 bis 9 de la ley federal)

También se consideran acciones preventivas la prevención, combate y control de incendios y promoverá la asistencia al gobierno estatal y municipal en términos de acuerdos y convenios. (Artículo 28 ley forestal), asi como un programa de vigilancia que contempla la sanidad forestal donde los ejidatarios, así como titulares y responsables de la administración están obligados a ejecutar trabajos de sanidad forestal conforme a los lineamientos que se den a conocer por la secretaría. (Artículo 31 Ley Forestal)

Dentro del Artículo 34 de la Ley Forestal la Secretaría, escuchando la opinión del consejo deberá promover los programas e instrumentos económicos que se requieran para fomentar las labores de conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable.

Los programas de desarrollo forestal deberán ser coordinados por el gobierno estatal y con participación de los municipios, así como del sector social y privado con el objeto de restaurar y aumentar los recursos forestales y biodiversidad en el territorio, realizando y apoyando las acciones que disminuyan la erosión y aumentar la recarga de acuíferos. (Artículo 36 ley forestal).

Una estrategia más es la creación de viveros para la propagación de especies sobre todo nativas que sean adecuadas para la recuperación de las especies de la zona, estos serán operados por el gobierno del estado y los municipios de acuerdo al Artículo 37 de la ley forestal.

La Secretaría en coordinación de la Secretaría de Educación pública y demás dependencia educativas y de investigación promoverá, coordinará y realizará campañas de difusión y eventos orientados a la participación social en programas de desarrollo sostenido de las actividades forestales, así como promover programas educativos en materia de conservación, protección, restauración y aprovechamiento forestal, además de propiciar la divulgación, el uso y reconocimiento de métodos para el aprovechamiento forestal sostenido, se deberán apoyar actividades de investigación y formación de recursos humanos, promoviendo la transferencia de tecnología. (Artículo 42 y 43 de la ley forestal).

También se deberá referir al Artículo 161 al 165 de la misma ley donde la Secretaría realizará actos de inspección y vigilancia. Se tendrá la obligación de cumplir con las NOM-059-ECOL-2000, NOM-061-ECOL-1994, NOM-062-ECOL-1994 y NOM-004-CNA-1996.

b) Zona de protección

En esta zona se realizarán actividades de preservación, protección y aprovechamiento sustentable, investigación, turismo, recreación y educación ambiental, además de programas de veda de flora y fauna silvestre (Artículo 81 y 82 de la LGEEPA). En los procesos de deterioro se deberá sujetar a lo establecido en el Artículo 78. Para el caso de uso sustentable deberá aplicarse el Artículo 88, 90, 93 y 94 donde se establecen los criterios de aprovechamiento, expedición de NOM para el establecimiento y manejo de zonas, evitar y controlar procesos de eutrofización, así como explotación y administración.

Para poder realizar las actividades de protección en el humedal se deberá celebrar convenios y acuerdos de colaboración con la CNA adecuados para cada uno de las diferentes actividades. Una de las labores a realizar como primer paso, para la recuperación del humedal, es la expropiación de áreas de ocupación temporal, total o parcial y la delimitación de zonas que son ocupadas ilegalmente que actualmente tiene un uso inadecuado causando deterioro en este ecosistema, igualmente se requiere de establecer y ordenar los distritos de riego, reglamentar la extracción de agua y utilización

de esta, para esto se requiere que la CNA aplique el artículo 6 de la ley de aguas nacionales y cuando estos sean bienes ejidales o comunales se procederá en los términos de la Ley Agraria. Otra medida que se deberá realizar es el ordenamiento de la zona federal, aprovechando que se tiene el registro del nivel de aguas máximas ordinarias del lago, se deberá verificar y validar el deslinde de la zona litoral federal y determinar el uso adecuado de esta zona sin la construcción de infraestructura permanente. La Comisión Nacional del Agua regulará las concesiones para uso y aprovechamiento temporal de los terrenos ganados por desecación (artículos 116 y 118 de la Ley de Aguas Nacionales).

Debido a que el humedal representa un lugar de anidación, refugio y alimento para la fauna acuática, tomando un gran interés en las aves acuáticas migratorias y endémicas y en las especies de peces endémicos que aún existen, se propone establecer por conducto de la CNA temporadas de veda o de reserva de aguas con la finalidad de proteger y restaurar el ecosistema, así como preservar la fuente de agua. (Artículo 38 al 40 Ley de aguas nacionales).

Además deberán de aplicarse los artículos 96 donde la Secretaría expedirá las NOM para la protección de los ecosistemas acuáticos con los sectores productivos y las comunidades, así como establecer viveros y reservas de especies de flora y fauna silvestre. Deberán aplicarse los artículos 182 al 184 del reglamento de ley de aguas nacionales que citan aspectos de vigilancia e inspección para el cumplimiento de las NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997, NOM-004-CNA-1996, NOM-059-ECOL-2000, NOM-061-ECOL-1994 y NOM-062-ECOL-1994.

Es indispensable realizar labores de recuperación de manantiales y pozos así como de la red hídrica de la microcuenca los cuales aportan agua de alta calidad al humedal y por ende hacia el lago. Para la recuperación de estos manantiales, se recomienda realizar labores de limpieza y rehabilitación de ellos de forma manual ya que de esta manera se asegura el menor impacto sobre los mismos.

Para el manejo de estos cuerpos de agua de competencia federal ya que no son cuerpos receptores de aguas residuales, se coordinará el Gobierno Federal con el Estado y Municipios para realizar las acciones de rehabilitación. El Artículo 7 de la Ley de Aguas Nacionales en su capítulo II se declara de utilidad pública la protección, mejoramiento y conservación de acuíferos, así como restablecer el equilibrio hidrológico incluido las limitaciones de extracción, vedas y reservas y el cambio de uso de agua. De acuerdo al Artículo 38 de la Ley Aguas Nacionales es deber del Ejecutivo Federal conforme a lo dispuesto en el Artículo 6° declarar las reservas de agua en los siguientes casos de interés público; fracción II para proteger o restaurar un ecosistema.

Otra acción de manejo es la colecta y el tratamiento de aguas residuales de las localidades aledañas al humedal, que en su mayoría son domésticas, para lo cual se recomienda que se realicen programas de alcantarillado y drenaje para reorientar las aguas de desecho. Activar a un 100% la planta de tratamiento para agua residual que se encuentra junto al Muelle San Pedrito y en el límite Este del humedal, ya que en la actualidad solamente funciona a un 60% de su capacidad y aprovechar la capadidad sortiva del humedal natural en la depuración de las aguas. Esta actividad es de competencia estatal y municipal, ya que es atributo de éstos los programas de

tratamiento de aguas residuales antes de descargar a un cuerpo de agua (Artículo 1 Ley de Agua Estatal).

Deberá realizarse un registro detallado tanto de ubicación, como de profundidad y flujo de agua de las tomas de agua para uso doméstico o de riego, así mismo revisar y evaluar los permiso de extracción de agua. Con la finalidad de recuperar el volumen de ingreso de agua al humedal deberán sustituirse las técnicas actuales y prácticas de riego por otras más adecuadas donde el uso del agua sea más eficiente y menos consumativo el cual estará a cargo del Ejecutivo Federal de acuerdo al Artículo 15 capitulo único de la programación hidráulica.

Se recomienda establecer estaciones de monitoreo permanente de calidad de agua y nivel de aguas del humedal con la finalidad de contar con los registros necesarios de disponibilidad de aguas y definir la congruencia de autorizar permisos de extracción con volúmenes reales de disponibilidad. Esta acción se encuentra sustentada en el Artículo 136 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales donde se establece el registro y monitoreo continuo y la verificación del estado de conservación tanto de las redes de drenaje y alcantarillado, además de realizarse un registro donde se inscriben los títulos de concesiones, asignaciones y permisos (Artículo 54 reglamento de la ley de aguas nacionales). De la misma manera se deberá cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas de calidad de agua, así como aplicarse los artículos 161 al 165 que citan aspectos de vigilancia e inspección y cumplir con las NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997.

Ya que el humedal en conjunto con el lago de Pátzcuaro representan una fuente de trabajo para el sector pesquero se recomienda establecer más zonas de reservas acuícolas. También deberá realizarse el Ordenamiento Pesquero estableciendo el uso de artes de pesca adecuados, el tamaño de malla, las especies biológicas sujetas al aprovechamiento, época de veda y los trabajos de investigación (capítulo III del Artículo 21 de la Ley de Pesca) para la protección de las especies nativas del lago, así como establecer los paquetes tecnológicos adecuados con fines de repoblación y conservación de las especies.

c) Zona de aprovechamiento sustentable

Para esta zona se propone el manejo de agostaderos, agricultura de ladera y en especial el uso de labranza de conservación. Los agostaderos implican un área considerable de terrenos del humedal desecados y que actualmente está en uso de pastoreo extensivo, sin embargo el ganado ovino y caprino ha degradado el suelo y su cubierta vegetal.

Por lo tanto, se requiere con urgencia realizar pastizaciones, colocar cercas, ordenar el pastoreo mediante una reclasificación de agostaderos y crear un padrón de ganaderos que aprovechan dichas área para saber el número total de cabezas que deben admitirse por zona en función de su capacidad de carga o coeficiente de agostadero. El agua utilizada para actividades agrícolas deberá tramitarse la concesión de agua para riego ante la Comisión Nacional del Agua (Artículo 87) y se regirán por lo dispuesto en la ley y reglamento de aguas nacionales y NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997NOM-004-CNA-1996, pues en la actualidad los usuarios sólo llegan con

sus bombas a gasolina para hacer la extracción directa a sus sembradíos cuando estos lo requieren.

La agricultura de ladera debe realizarse incluyendo un gran componente de labranza de conservación, esto implica el uso del menor número de implementos agrícolas posibles, la adición de materia orgánica, el trazo forzoso de curvas de nivel y la siembra de cultivos de cobertura que proteja el suelo. Se deben incluir obras para evitar la erosión como terrazas con protección de tronco y rama, además de banco y de base ancha.

Para estas zonas deberá realizarse una revisión de la Ley Agraria y respetarse las leyes forestales ya citadas para aprovechamiento sustentable de las zonas de recuperación, asimismo deberán incluirse a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural, al Estado y H. Ayuntamiento que tendrán la función de vigilar el cumplimiento de las disposiciones sanitario animales, promoviendo nueva tecnología y mejoramiento de la producción pecuaria, así como el cumplimiento de las Normas oficiales de la Ley Ganadera del Estado.

Además de cumplir con el Artículo 24 donde los programas ganaderos deberán sujetarse a acciones de conservación de agostaderos procurando evitar la erosión del suelo por sobrepastoreo y procurando que los programas sean llevados a cabo en conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo (Artículo 25). Los productores pecuarios tendrán la obligación de conservar los recursos naturales relacionados con la actividad ganadera en conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica.

d) Zona de uso público

En esta zona los criterios por aplicar son diferentes debido a que se requiere una profunda educación en la protección ambiental y en el manejo de los recursos naturales. Para ello debe implementarse un programa de educación continua, ya sea en centros educativos convencionales o en sitios creados exclusivamente para este objetivo. La forma de abordar los temas debe ser completamente práctica a base de talleres y foros prácticos.

Se requiere de programas para mejorar y cubrir las necesidades de servicios de alcantarillado, disponibilidad de agua, para lo cual se realizarán convenios y acuerdos con la Comisión Nacional del Agua y el Municipio la asignación de la administración de sistemas de agua potable y alcantarillado (Artículo 82), para lo cual el municipio deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 83 de la Ley de Aguas Nacionales.

Al tener esta función es deber del Municipio el tratamiento de aguas residuales de esta zona previa a su descarga al sistema humedal-lago conforme a lo dispuesto por la Comisión Nacional del Agua, cumpliendo con las Normas Oficiales Mexicanas establecidas para calidad de agua NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996, NOM-003-ECOL-1997, NOM-004-CNA-1996. El Ayuntamiento tendrá la atribución de prestar el servicio de agua potable, alcantarillado, tratamiento y disposición del agua de acuerdo al Artículo 13 de la Ley de Agua Estatal.

La Secretaria de Turismo en coordinación con Gobierno Estatal y Municipal formulará programas de desarrollo turístico local, potencializando las actividades artesanales fomentando la creación de cooperativas comunitarias que presten este servicio en esta zona y junto con el Gobierno Federal, Estatal, Municipal y Privado impulsará la dotación de la infraestructura más adecuada para la zona (Artículo 13 al 16 Ley Federal de Turismo).

La educación en los centros urbanos y rurales es importante para el desarrollo local, esta acción está a cargo de la Secretaría de Educación, la cual tendrá la obligación de mejorar la calidad educativa y financiamiento de programas de educación. En materia de educación ambiental la Secretaria de Educación con la Secretaría del Medio Ambiente tendrá el atributo de fomentar talleres de carácter ambiental.

7.3. Modelo regional hacia el desarrollo sustentable

Para el manejo del humedal se diseñaron programas y acciones específicas dentro de dos dimensiones del comportamiento humano, la toma de conciencia o dimensión ética y la toma del control político o autogestión administrativa para transitar con certidumbre hacia un modelo de desarrollo sustentable del humedal.

Dentro de este esquema se recomienda la implementación de los programas procurando la participación de los diferentes sectores gubernamental, académico, no gubernamental y organizaciones sociales, etc; entre los que se incluye a los H. Ayuntamientos, COMPESCA, SEMARNAT, CNA, INI, SAGARPA, CONAFOR, FIRA, FIRCO, IMTA, IEG la Secretaría de Educación, Secretaria de Desarrollo Social, SSA, IMSS, ISSSTE, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Secretaría de Turismo, INAH, CONACULTA, SECTUR, instituciones regionales de investigación y Universidades, Secretaría de Economía, Organizaciones sociales productivas y Organizaciones NO Gubernamentales implicadas en los trabajos de la cuenca y cada uno deberá de incidir en el programa que le competa. A continuación se muestran las fichas que enlistan los programas propuestos a corto (3 años), mediano (6 años) y largo plazo (10 años):

9.3.1. Programa de investigación

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Completar el diagnóstico local del humedal • Establecer los Proyectos prioritarios para la investigación en el humedal • Análisis del Valor ecosistémico de los bienes que proporciona el humedal.	• Investigación aplicada para la tecnología apropiada • Investigación aplicada para la optimización del uso del agua. • Investigación aplicada para el saneamiento de agua • Investigación básica y aplicada para establecer un modelo de aprovechamiento de los recursos que ofrece el humedal. • Actualización del catálogo de aves locales y migratorias para turismo ecológico	• Modelo integral de potencial productivo del humedal Sur de Pátzcuaro • Paquetes tecnológicos de aprovechamiento sustentable de especies nativas del humedal. • Modelo sustentable de cultura del agua en Pátzcuaro • Biotecnología vegetal

9.3.2. Programa de educación ambiental

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Análisis del Diagnóstico regional de alfabetización • Estudio de percepción pública ambiental • Talleres de análisis de la problemática ambiental del humedal • Definición de proyectos prioritarios • Sistematización del conocimiento empírico • Identificación del potencial sustentable de los recursos naturales que ofrece el humedal	• Establecimiento del modelo integral de Educación Ambiental para el humedal • Definición del modelo integral productivo y de conservación. • Capacitación técnica local • Establecimiento de un programa de difusión para la Educación Ambiental específica del humedal	• Fortalecimiento de los elementos potenciales del desarrollo local • Manejo productivo de unidades de gestión ambiental y uso múltiple del ecosistema de humedal • Generación de tecnología apropiada para el humedal

9.3.3. Programa agroecológico

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Implementación del Programa de Ordenamiento Ecológico Municipal y de los comunitarios ya existentes. • Acatamiento a las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) ya establecidas. • Incorporación de abonos orgánicos en los procesos productivos • Implementación de siembra de cortinas de árboles regionales para reducir efectos erosivos. • Implementación del modelo de labranza mínima. • Programa de mejoramiento genético del ganado criollo • Programa de establecimiento de viveros forestales comunitarios para reforestación. • Programa local de combate a incendios forestales	• Incremento local de la cobertura vegetal • Selección de cultivos tolerantes a deficiencias nutricionales y climáticas • Alternancia de cultivos • Programa de tecnología forestal, pesquera y agropecuaria apropiadas • Programa local de agostaderos y ganado estabulado	• Modelo de control biológico • Modelo de fertilización orgánica • Establecimiento del calendario de siembra y capacidad de carga • Programa de cultivos mixtos • Diseño del modelo de control de malezas • Programa permanente de manejo de la actividad forestal agropecuaria y pesquera. • Programa permanente de reforestación y de servicios ambientales

9.3.4. Transferencia de tecnología apropiada

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Diagnóstico tecnológico, productivo y rentabilidad local. • Identificación de alternativas para la tecnología local • Desarrollo de parcelas y granjas experimentales • Establecimiento de unidades piloto de producción con tecnología apropiada	• Programa de difusión y capacitación técnica • Generación de infraestructura básica local • Sistema de asistencia técnica para la producción local • Generación de mecanismos locales para la transferencia de tecnología apropiada • Evaluación de procesos locales	• Fortalecimiento del modelo local de tecnología apropiada orientado hacia la autosuficiencia y hacia el equilibrio con el humedal

9.3.5. Programa de organización social

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Fortalecimiento de las formas de organización social locales. • Generación de normatividad compatible con la realidad social. • Legalización de la tenencia de la tierra. • Resolución de conflictos por tenencia de la tierra, sobre todo en las áreas del humedal. • Definición de estrategias de comercialización de la producción local	• Programa de capacitación para la activa participación social • Establecimiento de Comités de Vigilancia • Programa de nuevos flujos comerciales. • Programa de vinculación institucional	• Consolidación de la Organización Social como unidad de autogestión y producción local

9.3.6. Programa de desarrollo urbano

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Actualizar el diagnóstico rural de las localidades aledañas al humedal • Integración municipal y social para un mejor desarrollo de las localidades rurales • Identificación de proyectos prioritarios. • Mejoramiento de la vialidad y accesos carreteros • Mejorar el programa de salud y servicios médicos	• Modelo de compatible de reforestación rural • Modelo eficiente de captación de aguas residuales y saneamiento de las mismas. • Modelo local recreativo y de turismo rural. • Modelo de rescate cultural y de identidad local. • Desarrollo de la infraestructura turística compatible con el humedal. • Estrategias de regulación del crecimiento rural, sobre todo en los terrenos del humedal.	• Consolidación del modelo de localidades rurales sustentables

9.3.7. Aprovechamiento de los recursos ecosistémicos del humedal

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Actualización del diagnóstico biológico- • Aplicación del Ordenamiento territorial municipal • Fortalecimiento de las cooperativas u organizaciones locales • Nuevos vías de comercialización de la producción local	• Programa de reproducción de especies nativas de flora y fauna • Manejo integral y sustentable del humedal. • Programa local de desarrollo de infraestructura pesquera y de sanidad acuícola. • Incorporación actividades recreativas como pesca deportiva y avistamiento de aves • Ordenación local de los servicios turísticos y de actividades acuáticas recreativas	• Modelo de producción compatible con el humedal. • Integración de actividades económicas afines al humedal

9.3.8. Restauración y Saneamiento

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Diagnóstico de unidades espaciales de erosión • Padrón permanente de descargas de aguas residuales • Evaluación permanente del balance hidrológico del humedal.	• Colecta de las aguas residuales. • Programa de construcción de sistemas de prevención de azolve y avenidas • Programa de rehabilitación de manantiales.	• Programa permanente de evaluación de la calidad de agua del humedal. • Modelo eficiente de irrigación local • Programa local de control de agroquímicos y fertilizantes.

9.3.9. Programa de protección

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Establecimiento de unidades espaciales de protección • Catálogo local de biodiversidad • Recuperación física de la zonas del humedal • Programa de aprovechamiento de flora y fauna silvestre	• Programa de limitación del crecimiento vegetal sobre las aguas abiertas del lago. • Programa de protección de aves acuáticas locales y migratorias • Establecimiento de Unidades de Manejo Ambiental para la producción de fauna silvestre • Establecimiento de Jardines Botánicos locales • Establecimiento del Consejo Técnico para la Conservación del humedal	• Modelo sustentable de conservación local • Consolidación de unidades naturales para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos del humedal.

9.3.10. Programa Artesanal

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Catálogo local de artesanías • Catálogo local de materia prima para la actividad artesanal • Programa de rescate del conocimiento empírico y técnicas tradicionales • Establecimiento de la organización social artesanal	• Generación de nuevos flujos de mercado para la artesanía local • Programa de promoción de la artesanía local • Feria local de artesanos Programa de capacitación artesanal para la innovación de productos • Programa de diseño, calidad y presentación de productos	• Consolidación de la artesanía como actividad productiva rentable y compatible con el humedal • Modelo de optimización y certificación de calidad en la artesanía local.

9.3.11 Inspección y Vigilancia

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Realizar convenios con el gobierno estatal y municipal para la actividades de Inspección y vigilancia • Crear un cuerpo de Inspección y Vigilancia en las localidades aledañas al humedal. • Establecer cursos de capacitación para el cuerpo de Inspección y vigilancia local • Crear un fondo financiero para solventar las labores de inspección y vigilancia	• Capacitación del cuerpo de Inspección y vigilancia. • Programa de inspección • Calendarización de Inspección • Programas de saneamiento	• Establecer estaciones de vigilancia • Establecer temporadas de veda • Registro de organizaciones usuarias de los recursos del humedal.

9.3.12 Diversificación productiva

Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
• Estudios de diagnóstico por sectores • Gestión de financiamiento sobre programas de cooperación para los sectores. • Programas de capacitación y entrenamiento para la diversificación productiva en el área del humedal • Identificar y priorizar trabajos de investigación aplicada orientada al aprovechamiento de las especies silvestres del humedal.	• Promover acuerdos de simplificación administrativa para proyectos prioritarios. • Gestiones y concertación con gobierno estatal y municipales • Promover sistemas de certificación, acreditación de producción amigable con el ambiente	• Promover las oportunidades identificadas. • Participación de los productores rurales en acciones para la protección de la vida silvestre a través del establecimiento de criaderos y viveros • Ecoturismo compatible

7.4. Mecanismos de instrumentación

1. Programa de investigación

El programa de información científica a corto plazo deberá calendarizar proyectos con aspectos pendientes a diagnosticar en el humedal, como por ejemplo listados florísticos, faunísticos, de captura de carbono y estudios socioeconómicos que permitan conocer la problemática real de los habitantes de la ribera del humedal. Así como proyectos

prioritarios de para mejorar las actividades productivas, y el aprovechamiento de las especies locales.

El Programa de Biotecnología surge una vez que se tiene un diagnóstico total de la problemática local, para ubicar de manera clara y real su actividad de investigación científica y tecnológica, todo ello dentro del marco institucional e involucrada dentro de las prioridades de desarrollo de los diversos sectores productivos tanto primarios como secundarios de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales en el humedal.

Es necesario considerar la realización de estudios orientados a generar productos, subproductos, procesos y tecnologías que apoyen a los diversos sectores locales. Para ello se deberán desarrollar diversas estrategias con el propósito de ofertar, biofertilizantes, aumentar y mejorar la producción de alimentos. Además de desarrollar investigación en control y manejo de las plagas y parásitos que afectan al sector agropecuario a través de metabolitos microbianos, metabolitos vegetales y microorganismos entomopatógenos
A mediano plazo de realizarán proyectos dirigidos a tecnología aplicada, índices de bienestar social y ordenamiento comunitario.

2. Programa de educación ambiental
Este programa desarrollará acciones orientadas hacia la educación ambiental y hacia el equilibrio de los desarrollos urbanos con los procesos ambientales locales mediante Talleres comunitarios de educación ambiental así como ejecutar a corto plazo los reglamentos de separación de basura, descargas de aguas, reforestación, construcción y pavimentación. Para que a largo plazo se pueda llegar al fortalecimiento de los elementos potenciales del desarrollo local y al uso múltiple del ecosistema.

3. Programa agroecológico
Se requiere de aplicar primeramente lo recomendado por el ordenamiento territorial de la Cuenca, y si es que se tiene, el de los municipios y dar seguimiento a las políticas ambientales que establecen la Unidades de Gestión Ambiental (UGA), así mismo se debe cambiar las técnicas de riego por otras más eficientes como aspersión, goteo o ferti-irrigación. También deberán emplearse técnicas de labranza mínima, terrazas y agricultura en curvas de nivel y hacer uso de la investigación aplicada para lograr el control de malezas; así como promover los programas permanentes de manejo forestal, manejo agropecuario y manejo de los servicios ambientales del humedal.

4. Transferencia de tecnología apropiada
Aquí se plantea el ensayo experimental piloto con procedimientos de evaluación y seguimiento en áreas definidas en relación a técnicas productivas que incluyen agricultura orgánica, labranza mínima, coeficientes de agostadero, silvicultura, pesca y aprovechamiento de los recursos que ofrece el humedal.

5. Programa de organización social
Promover la organización de los usuarios directos del humedal por producto y en cooperativas, lo que les permitirá acceder a financiamientos conjuntos, adquisición de elementos para el trabajo, comercializar mayor volumen, la apertura de nuevos mercados, tener mayor participación ciudadana en los espacios que se requiera para transitar hacia la creación de unidades autónomas.

6. Programa de desarrollo urbano

En este programa se desarrollarán acciones orientadas hacia la educación ambiental y se realizará mediante programas que contemplarán talleres y seminarios modelos de crecimiento, integración de la ciudadanía, así como el rescate de la identidad cultural local. A mediano plazo se debe impulsar el turismo rentable aprovechando las áreas de recreación que durante esta gestión administrativa (2012/2015) ya fueron establecidas en el Canal de Erongarícuaro. Favorecer el desarrollo de la infraestructura necesaria y ambientalmente compatible con el humedal para potencializar el aprovechamiento del escenario natural redirigir el desarrollo de los servicios secundarios que complementan esta actividad en ésta misma línea. Deberá de establecerse un programa planificado de crecimiento de las localidades cercanas al humedal, priorizando el establecimiento de zonas de reserva ecológica, zonas de restauración, zonas de recarga de acuíferos.

7. Aprovechamiento de los recursos ecosistémicos del humedal

A través de la evaluación y diagnóstico de los recursos biológicos existentes así como de su potencial de uso, será posible disponer de información oportuna, actualizada, precisa y dinámica para el diseño de un plan productivo, eficiente y compatible que permita el aprovechamiento de los distintos recursos que ofrece el humedal, con el objeto de disminuir el deterioro y favorecer las actividades orientadas hacia la recuperación y conservación. Se considera que los resultados del estudio tienen un impacto social directo, mejorando la economía de los locales, debido a que un alto porcentaje de la población rivereña vive de los recursos que logra extraer del humedal.

8. Restauración y Saneamiento

La propuesta de este programa va dirigido a realizar esfuerzos para mejorar la calidad ambiental y disminuir el deterioro para lo cual se determinan áreas para la retención de suelo erosionado, reforestación, para la captación de aguas residuales, disposición eficiente de residuos sólidos, planes de separación y reciclaje de basura. Programas de biofertilizantes y control de químicos agrícolas, Programas de captación de agua y reúso de la misma.

9. Programa de protección

Este programa deberá considerar respuestas a factores socioeconómicos y ambientales, interacciones bióticas y abióticas; y prácticas de manejo para poder realizar la evaluación de riesgo de los recursos naturales de la cuenca, además de localizar y puntualizar las causas del deterioro para poder implementar programas de conservación. Pero y sobre todo la recuperación física de los terrenos del humedal hacia tierra y hacia el lago limitar el crecimiento de la vegetación para favorecer la coexistencia de ambos ecosistemas

10. Programa Artesanal

Las acciones en este programa deberán ser orientadas a la definición de un estilo local de trabajo artesanal, actualizar y capacitar a los productores artesanales, favorecer la creación de una escuela del oficio. Promoción de la artesanía local en ferias y exposiciones locales, regionales y del país (La administración actual (2012/2015) ya implementó la primera feria artesanal del municipio de Erongarícuaro, celebrada en Septiembre de 2014, se espera que se continué con esta actividad para promover los productos locales). A mediano plazo ya se contará con mecanismos de control de

calidad y estrategias generales de financiamiento y apoyo artesanal para a largo plazo contar con una artesanía consolidada, rentable y local.

11. Inspección y Vigilancia

La preocupación de mantener e incrementar la calidad y cantidad de agua en el lago de Pátzcuaro se ha intensificado, y convertido en un complejo problema, ya que su cuenca sufre de un severo deterioro y desbalance hídrico, además de presentar baja calidad de agua. Una de las preocupaciones más importantes es el de proteger, sobre todo, aquellos ecosistemas de alta fragilidad y que favorezcan la captación y el ingreso de agua de *buena calidad* al lago y que mantenga en lo posible el balance hídrico del ecosistema. El humedal es un elemento fundamental para ello sin embargo, no deben de dejarse de lado los programas específicos donde se tomen en cuenta cambios niveles de agua y se anticipen sus efectos, así mismo se contemplen los cambios en biodiversidad, cobertura vegetal de la cuenca, la calidad de agua. Desde este punto de vista se requiere de un programa de inspección y vigilancia permanente el cual siga un proceso repetitivo de observaciones del medio ambiente (fisicoquímico y biológico), con un programa calendarizado y en estaciones preestablecidas, utilizando métodos estandarizados oficiales. Este programa deberá considerar respuestas a factores climáticos, interacciones bióticas y abióticas; y prácticas de manejo para poder realizar la evaluación de riesgo del recurso, además de localizar la causa de estrés.

12. Diversificación productiva

La promoción hacia la diversificación productiva y la conservación, dará lugar a la creación de fuentes de empleo e ingresos y por consiguiente a una mayor captación de recursos vía pago de impuestos y derechos fiscales, mismos que podrían canalizarse a proyectos específicos del área generadora. De esa manera será posible crear un círculo que armonice y justifique la inversión, la conservación y el aprovechamiento.

Los criaderos, invernaderos y viveros se realizarán solamente con control sobre todo el ciclo de vida en áreas amplias dentro del hábitat natural y con la alteración mínima de éste. La importancia de estas unidades radica tanto en la conservación del hábitat como de las especies.

El Ecoturismo es una alternativa de diversificación productiva, en estas actividades, la flora y fauna silvestres en sus diferentes manifestaciones tienen un papel muy relevante. El ecoturismo puede definirse como un excelente instrumento de manejo de los ecosistemas y los recursos naturales el cual consiste en el uso no consuntivo de los atributos escénicos y paisajísticos de la naturaleza. Donde bien se puede incluir al humedal de Pátzcuaro que al rehabilitarse puede ser viable para esta actividad debido a su belleza escénica. Parte del financiamiento para las actividades de conservación y desarrollo, podría provenir de actividades eco turísticas, incluyendo en sus programas de manejo ligadas a la educación ambiental.

7.5. Fuentes de financiamiento

Durante décadas los esfuerzos para la protección de ecosistemas estratégicos se concentraron principalmente en decretar, bajo algún régimen, áreas de protección. Sin embargo, históricamente la mayoría de las áreas protegidas carecieron de los apoyos necesarios para su adecuada operación, como son los planes de manejo, personal y presupuesto suficiente, pues dichos esfuerzos no estuvieron inscritos dentro de un marco de política ambiental que los integrara.

En la década de los años noventa y en particular durante los últimos diez años, se reiniciaron esfuerzos orientados al establecimiento de las condiciones institucionales, legales, de participaciones sociales, financieras y operativas para dichas áreas.

Las áreas que actualmente son protegidas, han adquirido desde entonces una importancia reflejada en los esfuerzos por garantizar que los decretos cumplan con su función, es decir, proteger las zonas del territorio que por ser superficies con ecosistemas originales poco alterados y con una gran riqueza biológica y paisajística han sido declaradas en alguna de las categorías de protección y sujetas a algún régimen previsto en la normatividad vigente ambiental.

Sin embargo, se considera de fundamental importancia impulsar un nuevo enfoque basado en la promoción de una amplia participación de la sociedad, en la búsqueda de nuevos esquemas de gestión administración y financiamiento de las áreas que permita, a largo plazo, consolidar y ampliar el sistema de protección.

La presencia permanente de personal profesionalizado en las áreas a restaurar ha contribuido a disminuir las presiones y a prevenir situaciones adversas. Ha sido un proceso complejo y paulatino ya que para ello se requieren recursos. El equipo que se involucra en la administración de las áreas debe de estar básicamente constituido por personal profesional dedicado a la conservación y al manejo de los recursos naturales, que conocen el área, que la han estudiado e incluso habitado.

Este es uno de los mayores activos de las zonas de restauración además de la participación social que en muchos casos se ha logrado alcanzar para su adecuación administrativa. Para cubrir las actividades básicas de un área de interés ha sido indispensable contar con suficientes recursos económicos.

Para el cumplimiento de los objetivos de protección y manejo es fundamental disponer de recursos financieros ya que cada unidad de manejo ambiental requiere de apoyos económicos para solucionar problemas de acuerdo con sus características.

Las alternativas que hasta el momento se identifican para el financiamiento son las siguientes, (no dudando de que existan muchas más a las que se pueda tener acceso):

1. Aportaciones federales

Es evidente que existe un subsidio federal permanente para el lago de Pátzcuaro, pero la mayor parte de ese fondo se aplica en las ciudades más grandes de la zona. Un primer paso es buscar el apoyo, a través de ese subsidio, una asignación económica que permita apoyar las actividades de protección conservación y manejo del humedal.

2. Aportaciones estatales

De la misma manera que la aportación federal el Ejecutivo del Estado deberá incorporar un presupuesto básico de operación para el financiamiento de actividades a desarrollar en el humedal, considerando que las acciones primarias de manejo dependen de los subsidios iniciales que el Gobierno del Estado pueda asignar.

3. Aportaciones municipales

El Comité Técnico Local podrá gestionar un presupuesto mínimo que los municipios de Pátzcuaro y Erongarícuaro pueden asignar como complemento al presupuesto para el humedal.

4. Aportación de la iniciativa privada

Aprovechando los incentivos fiscales vigentes sobre la protección al ambiente se reconoce la posibilidad de vincular a la iniciativa privada, incluyendo la industria alimenticia, la industria automotriz, la industria petrolera, la industria textil, los promotores turísticos, la industria del papel, la industria de la construcción y los grandes consorcios comerciales, pueden contribuir en especie con donaciones económicas para la protección del área.

5. Organismos internacionales

Uno de los grandes motivos para que el humedal del SUR de Pátzcuaro fuese registrado como Humedal de importancia internacional RAMSAR fue la presencia de las especies endémicas en el ecosistema acuático, como el pez blanco y el achoque. Lo anterior representa una excelente oportunidad de adquirir financiamiento externo a través de organizaciones internacionales, que cuales pueden apoyar programas de conservación a través del Comité Técnico Local. Esto es factible por ejemplo con la organización RAMSAR quienes además aportar recursos económicos, proporcionan asesorías técnicas para el mejoramiento de las acciones que se realizan en el humedal.

Entre las organizaciones internacionales que procuran el financiamiento de áreas para manejo, con el requisito esencial de que exista corresponsabilidad ciudadana en el manejo de los recursos naturales locales se encuentran la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), etc.

6. Financiamiento para la captura de carbono

México ha firmado acuerdos como el de Kyoto, Japón en relación a promover la disminución de los efectos del Cambio Climático Global. Para ello existen fundaciones especializadas que funcionan como gestorías entre ellas destaca el Banco Mundial, para el pago de regalías por las campañas exitosas de reforestación y el porcentaje de

captura de carbono atmosférico al mantener la cobertura forestal regional. Para accesar a este financiamiento se requiere un estudio especializado y detallado de la cantidad de carbono que captura el humedal para los pagos correspondientes.

7. Servicios de turismo y paradores

La actividad turística que se promueva en la zona del humedal deberá considerar la necesidad de aportar algún porcentaje de sus ingresos para apoyar los programas de investigación, protección, restauración, vigilancia y cuidado del ecosistema. Una vez que esta actividad vaya consolidándose, puede irse incrementando dicha aportación.

8. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

Organización no gubernamental binacional y que dedica sus esfuerzos para el pago de proyectos de conservación ecológica en donde existen evidencias de participación social y beneficios de desarrollo para la región. Para ello es necesario que la figura del Comité Técnico local se encuentre vigente como agrupación integral para el manejo del humedal.

9. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

Organización del gobierno federal encargada del financiamiento para el estudio y generación de información para el conocimiento de la diversidad biológica del territorio nacional. Para ello es requisito esencial contar con un grupo académico sólido el cual puede realizar el estudio y contribuir para el fideicomiso regional. Tal y como ocurrió con el desarrollo del presente proyecto.