2010

UNAM

ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO DE LOS HUMEDALES DE LA REPÚBLICA MEXICANA: DESARROLLO METODOLÓGICO PARA EL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES Y SU VALIDACIÓN A NIVEL PILOTO

BORRADOR PARA REVISIÓN

ESTADO DEL ARTE

Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua.
Proyecto 84369

GRUPO DE TRABAJO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Fernando J. González Villarreal. Instituto de Ingeniería.

INVESTIGADORES PRINCIPALES

Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros. Centro de Investigaciones en Ecosistemas.

Dr. Antonio Lot Helguera. Instituto de Biología.

Mtro. Javier Matus Pacheco. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.

Dra. Marisa Mazari Hiriart. Instituto de Ecología

Dr. César Nava Escudero. Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez. Instituto de Geografía.

Dra. Judith Guadalupe Ramos Hernández. Instituto de Ingeniería.

Dr. Eduardo Vega López. Facultad de Economía

Dra. Gloria Vilaclara Fatjo. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Dr. Luis Zambrano González. Instituto de Biología.

ACADÉMICOS Y ESPECIALISTAS ASOCIADOS

Mtro. Enrique Aguilar Amilpa. Instituto de Ingeniería.

Dra. Lucía Patricia Carrillo Velázquez. Instituto de Ingeniería.

Biol. Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza. Instituto de Biología.

Mtra. Guadalupe Fuentes Mariles. Instituto de Ingeniería.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Dra. Nashieli García Alanís. Instituto de Biología.

Mtra. Liliana Marrufo Vázquez. Instituto de Ingeniería.

Mtro. Jorge Ramírez Zierold. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Lic. Ana Elisa Villarreal Barrón. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.

Lic. Luzmila Vázquez Bustos. Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Mtro. Alejandro Von Bertrab. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

BORRADOR PARA REVISIÓN

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CNA	Comisión Nacional del Agua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INH	Inventario Nacional de Humedales
LAN	Ley de Aguas Nacionales
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfica
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

BORRADOR PARA REVISIÓN

ESTADO DEL ARTE

CONTENIDO

Presentación 1

Introducción 2

1 Marco conceptual 3

1.1 Escalas múltiples 4

1.2 Primeras definiciones 6

1.3 Herramientas de análisis 10

1.3.1 Integración socioeconómica-ecosistémica 10

1.3.2 Dinámica de los ecosistemas 12

1.3.3 Modelos y otras herramientas 13

1.4 Inventario-evaluación-monitoreo y manejo del humedal 18

2 Inventario Nacional de Humedales, INH 20

2.1 Conceptos generales 20

2.2 Información mínima 23

2.3 Investigación preliminar de información disponible en México 24

2.3.1 Información obtenida de la literatura 25

2.3.2 Información digital y adquirida remotamente 25

2.3.3 Información auxiliar 27

BORRADOR PARA REVISIÓN

3 Caracterización y jerarquización de humedales 28

3.1 Caracterización 29

3.1.1 Jerarquización 30

4 Sistema de Información Geográfica del INH. 31

4.1 Criterios de clasificación de los Inventarios de Humedales en México 32

4.2 Inventarios de humedales: experiencias previas 34

4.3 Experiencias internacionales de SIG's para inventarios de humedales 35

4.3.1 Iniciativa de Inventario de Humedales Mediterráneos (MedWet). 36

4.3.2 Inventario Nacional de Estados Unidos de América. 36

4.3.3 Programa Nacional de Humedales de Uganda. 37

4.3.4 Inventario de Humedales de Asia (AWI). 37

4.3.5 Inventario de Humedales de Ecuador. 37

4.4 Experiencias nacionales de SIG's para inventarios de humedales 38

4.4.1 Inventario de Humedales Prioritarios, INEGI. 38

4.4.2 Inventario Nacional Forestal, CONAFOR. 38

4.4.3 Inventario de Manglares, CONABIO. 39

4.4.4 Inventario de humedales en el Estado de Michoacán 39

4.4.5 Inventario de humedales costeros en Oaxaca 39

4.4.6 Clasificación de los humedales de Tabasco 40

BORRADOR PARA REVISIÓN

4.4.7 Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la Cuenca Lerma-Chapa 40

4.5 Marco teórico-metodológico 41

4.5.1 Sistema de Información Geográfica (SIG): principios y requerimientos 41

5 Evaluación 43

5.1 Condición del humedal 43

5.2 Funciones, usos y valoración 48

5.3 Tipos de evaluación 51

5.4 Evaluación rápida de humedales 52

5.4.1 Aspectos metodológicos 53

5.4.2 Conocimiento local 68

6 Monitoreo 68

6.1 Indicadores de alerta temprana 71

6.2 Consideraciones técnicas 71

6.3 Aspectos biofísicos e hidrológicos 72

6.3.1 Criterios hidrológicos 73

6.3.2 Criterios con base en el tipo de vegetación 74

6.3.3 Criterios edafológicos 75

6.4 Aspectos sociales 77

6.5 Capacitación y entrenamiento de las brigadas de campo 80

BORRADOR PARA REVISIÓN

6.5.1 Perfil de los miembros de las brigadas. 80

6.5.2 Trabajo de gabinete. 81

6.5.3 Trabajo de campo. 82

7 Planes de conservación y manejo 83

7.1 Criterios 85

7.2 Naturaleza y características del plan de conservación y manejo 86

7.2.1 Información 87

7.2.2 Análisis 88

7.2.3 Modelación 88

7.2.4 Acciones 89

7.3 Proceso de planeación 89

7.4 Incorporación de objetivos comunitarios 92

7.5 Asignación de agua y caudal ecológico 93

7.6 Marco Jurídico 95

8 Bibliografía 99

Anexo I. La UNAM y los humedales 115

Anexo II. Criterios para la caracterización de humedales 128

Anexo III. Información disponible para el Inventario Nacional de Humedales 142

BORRADOR PARA REVISIÓN

FIGURAS

Figura 1. El trinomio inventario-evaluación-monitoreo 3

Figura 2. Enfoque Multiescalar 4

Figura 3. Presiones, cambios ambientales y conflicto de uso en humedales mexicanos. 11

Figura 3. Inventario 16

Figura 4. Evaluación jerarquizada de humedales 17

Figura 5. Enfoque de manejo de humedales 19

Figura 6. Partes requeridas en el diseño de un SIG. 43

Figura 7. Jerarquía espacial de los factores que determinan la condición de un humedal 45

Figura 8. Jerarquía espacial entre paisaje, interfase y humedal..... 46

Figura 9. Interrelación Función-Uso-Valor..... 49

Figura 10. Marco metodológico para la evaluación rápida..... 56

Figura 11. Aplicación y resultados de la evaluación rápida..... 58

Figura 12. Representación esquemática de los motivos, tipología y métodos para llevar a cabo un análisis de actores interesados. 61

Figura 13. Planes de Conservación y Manejo..... 84

BORRADOR PARA REVISIÓN

TABLAS

Tabla 1. Herramientas de análisis 14

Tabla 2. Datos mínimos requeridos para cubrir aspectos biofísicos y de manejo de humedales 23

Tabla 3. Recursos necesarios, fortalezas y debilidades de distintos métodos para realizar análisis de partes interesadas. 61

Tabla 4. Parámetros socioeconómicos para el monitoreo 78

BORRADOR PARA REVISIÓN

Presentación

El informe "*SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES. PRIMERA ETAPA.*" forma parte de los productos entregables al término de la primera etapa del Proyecto 84369, patrocinado por el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua (CNA-CONACYT). Los trabajos que dieron lugar al presente informe constituyen un esfuerzo colectivo del grupo multidisciplinario que la UNAM ha integrado para cumplir con los objetivos del Proyecto. La coordinación para integrar y editar este informe estuvo a cargo del Mtro. Enrique Aguilar Amilpa, con la colaboración del resto del equipo de trabajo.

Ciudad Universitaria, enero de 2010

BORRADOR PARA REVISIÓN

Introducción

Un grupo multidisciplinario de investigadores y académicos de distintas dependencias dentro de la UNAM, integrado desde finales del 2006, lleva a cabo un esfuerzo multidisciplinario para el estudio de los humedales del país y, particularmente, para integrar el Inventario Nacional de Humedales, evaluar y monitorear el estado de estos ecosistemas, y sentar las bases para la formulación de planes de conservación y manejo. Este grupo desarrolló un marco metodológico que fue plasmado en un documento interno (UNAM, 2006). Las ideas y experiencias de los investigadores y académicos se vieron enriquecidas con el intercambio de ideas y opiniones vertidas en un taller celebrado en junio de 2007, donde participaron expertos de la CONAGUA, de otras instituciones públicas y de otras organizaciones no gubernamentales.

Dentro de los Términos de Referencia del proyecto 84369 para el "*Estudio interdisciplinario de los humedales de la República Mexicana: Desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto*", auspiciado por el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua de CONACYT, se contempla llevar a cabo una investigación bibliográfica interdisciplinaria sobre el "*estado del arte*" en materia de inventario, evaluación y monitoreo de humedales, así como sobre la formulación e implementación de planes de conservación y manejo. Los resultados de la investigación sobre "*estado del arte*" incorporarán conclusiones y recomendaciones pertinentes para ajustar el marco metodológico planteado inicialmente por el grupo multidisciplinario de la UNAM.

El presente informe integra los resultados que derivan de la investigación bibliográfica que se ha llevado a cabo. También conforme a los Términos de Referencia del proyecto 84369, en septiembre de 2009, se organizó el "*Taller Internacional sobre Inventarios Nacionales de Humedales*" donde se contó con la participación de tres expertos reconocidos internacionalmente, así como con la participación de expertos nacionales, funcionarios de instituciones gubernamentales interesadas, especialistas con experiencia práctica en la materia y miembros de la comunidad científica y académica.

BORRADOR PARA REVISIÓN

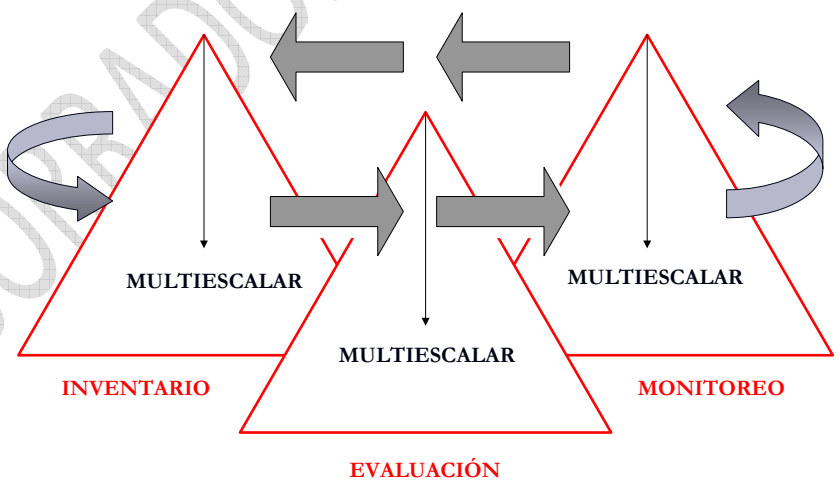
Los resultados del taller han sido integrados en la las memorias correspondientes (UNAM, 2009) y se incorporan en distintas partes de este informe.

El informe sobre "*estado del arte*" que aquí se presenta parte del marco conceptual desarrollado por el grupo UNAM para la organización y ejecución del proyecto 84369, para posteriormente abordar distintos aspectos específicos relacionados con el inventario, evaluación, monitoreo y manejo de humedales.

1 Marco conceptual

Una premisa fundamental para la integración de un inventario nacional de humedales (**INH**) y consecuentemente para el desarrollo de la base informática correspondiente, se asocia a la necesidad de considerar integralmente el ***trinomio inventario-evaluación-monitoreo***, del cual derivan criterios, lineamientos y metodologías que permiten diseñar e implementar políticas públicas para la protección, conservación, restauración, manejo y uso sostenible de los humedales (Finlayson et al., 2003). Esta visión integral (Figura 1) define explícitamente el camino para el desarrollo paulatino de la base informática para la elaboración del INH:

Figura 1. El trinomio inventario-evaluación-monitoreo



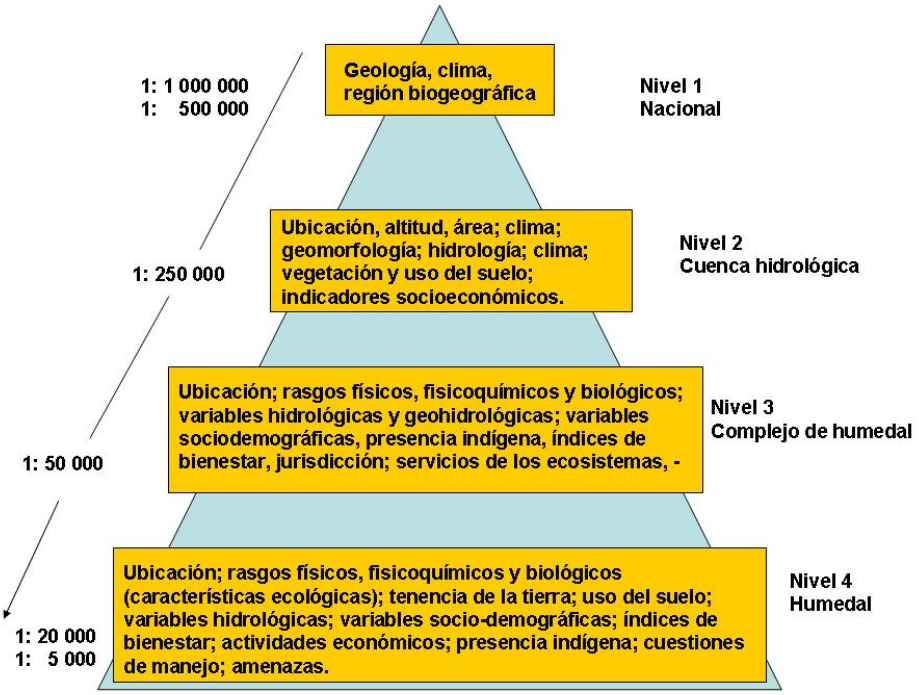
Fuente: Adaptado de Finlayson et al., 2004

BORRADOR PARA REVISIÓN

1.1 Escalas múltiples

La visión integral de la interrelación inventario-evaluación-monitoreo, así como los distintos propósitos que se persiguen con el estudio de los humedales, da origen a un segundo concepto: el de ***análisis multiescalar***. Los intercambios de experiencias y lecciones aprendidas sobre la adopción de un marco metodológico integral para el inventario, evaluación y monitoreo de los humedales, en un país o región, ha derivado en el tema de las escalas espaciales que debieran ser utilizadas individual o conjuntamente (Figura 2).

Figura 2. Enfoque Multiescalar



Fuente: Adaptado de Finlayson, 2002

Como sugiere la figura anterior, el nivel de detalle que se pretende alcanzar está asociado a la escala de los mapas que se incorporan a un sistema de información geográfica, SIG, con estándares que definen la información básica mínima que dicho sistema de información debe contener. De este modo, el INH considera progresivamente desde el ámbito nacional y de las cuencas hidrográficas, hasta el de

un humedal específico, con sus escalas respectivas y el consecuente incremento en el grado de detalle de la información que se debe recopilar.

Conforme al criterio multiescalar, el inventario de humedales, junto con sus componentes de evaluación y monitoreo, se sintetiza en la producción de resultados jerarquizados de acuerdo al nivel de detalle con el que se caracterizan los humedales y sus condiciones. Este criterio multiescalar se incorporó a los lineamientos emitidos por la Convención RAMSAR (2004) y se ha aplicado con éxito en distintas regiones y países (Collins et al., 2004, Davies, 2002, Finlayson, 2003, EPA).

De acuerdo con Finlayson (2001), la cuestión de la escala de trabajo supone contestar a una serie de preguntas básicas, la primera es ¿*porqué queremos un inventario*?, ¿*cómo será utilizado*?, ¿*cómo será actualizado*?, y ¿*cuál es la escala adecuada para alcanzar el objetivo del programa de inventario*?

Los inventarios de humedales existentes en el mundo se han llevado a cabo para varios propósitos, tales como: proporcionar una lista de un determinado tipo o incluso todos los humedales en una zona; identificar humedales de importancia nacional o internacional sobre la base de criterios acordados; describir la ocurrencia y distribución de una taxa[1], como las aves o vegetación; identificar o describir los recursos naturales como la turba, peces o el agua, y proporcionar una base para evaluar la pérdida o degradación de humedales. Por ejemplo, para la cuenca del Mediterráneo, Costa et al (1996) enumeraron los objetivos para el inventario de humedales: (i) identificar dónde están los humedales, (ii) definir que sitios son prioritarios para la conservación, (iii) identificar las funciones y valores de cada humedal, para establecer una línea base para medir el cambio en un humedal, y (iv) proporcionar una herramienta para la planificación y gestión.

[1] En biología, un taxón (del griego ταξις, transliterado como taxis, "ordenamiento") es un grupo de organismos emparentados, que en una clasificación dada han sido agrupados, asignándole al grupo un nombre en latín, una descripción, y un "tipo", de forma que el taxón de una especie es un espécimen o ejemplar concreto. Cada descripción formal de un taxón es asociada al nombre del autor o autores que la realizan, los cuales se hacen figurar detrás del nombre. En latín el plural de taxón es taxa, y es como suele usarse en inglés, pero en español el plural adecuado es taxones. La ciencia que define a los taxones se llama taxonomía.

BORRADOR PARA REVISIÓN

El propósito u objetivo del inventario de humedales es inseparable de la escala espacial a la cual se lleve a cabo. Phinn y otros (1999) señalan algunos inventarios desarrollados con objetivos específicos en cada escala:

- ***Global***: presencia/ausencia en cada continente y las islas (Matthews, 1990b).
- ***Continental***: distribución de las regiones dentro de los continentes o islas dominadas por los humedales (Wilen & Bates 1995).
- ***Regional***: escala de predominio de determinados tipos de humedales (Jensen et al 1986).
- ***Local***: humedales individuales (Phinn y nieve, 1996a, b).
- ***Sitio***: la variabilidad dentro de los humedales (Finlayson et al 1989).

En suma, para elegir una escala de trabajo para la integración de un inventario de humedales es necesario determinar primero el objetivo y posteriormente, evaluar cómo se puede alcanzar dicho objetivo, considerando que el tema del presupuesto afectará la decisión final sobre la elección de la escala. Finlayson (1999) eligió tres escalas para el inventario de humedales de Australia, dentro de un enfoque jerárquico: (i) regiones de humedales dentro de un continente, con mapas a escala de 1:5 000 000, (ii) agrupaciones de los humedales dentro de cada región, con mapas a escala 1:250 000, y (iii) sitios de humedales dentro de cada agregación, con mapas a escala de 1:50 000 o 1:25 000.

1.2 Primeras definiciones

En este punto, conviene hacer explícitas una serie de definiciones que fueron adoptadas para el desarrollo de los trabajos contemplados en el proyecto 84369:

- ***Inventario.*** Recopilar, organizar y procesar la información básica que se requiere para identificar, listar y clasificar/categorizar a los humedales, incluida aquélla que es necesaria para llevar a cabo su evaluación y monitoreo con fines de protección, conservación, restauración y manejo.

BORRADOR PARA REVISIÓN

- ***Clasificar/categorizar***. Agrupación sistemática de los humedales dentro de clases o categorías definidas conforme a criterios pre-establecidos y/o conforme a características comunes. Las dos clasificaciones más comunes Las dos clasificaciones más comunes en el ámbito internacional son, por un lado, la de Cowardin y otros (1979), basada en características comunes de la vegetación y el régimen hídrico y, por otro lado, la clasificación hidrogeomorfológica (Brinson 1993) basada en las características comunes de la configuración geomorfológica y el régimen hídrico. Generalmente, los criterios utilizados para la clasificación o agrupación de humedales no están vinculados a funciones específicas de los mismos y por lo tanto, las clasificaciones no son métodos para la evaluación de sus funciones. Sin embargo, las clasificaciones pueden proporcionar los primeros elementos para desarrollar distintos métodos de evaluación (Brinson, 1995).

- ***Caracterizar***. Definición de una agrupación de humedales en términos de un rasgo distintivo, calidad o propiedad. Por ejemplo, el denominado método de Oregón (Roth y otros, 1993) caracteriza a los humedales por una de tres propiedades: (i) "*provee*" una función específica, ii) ''*tiene el potencial*" de proporcionar una función, y iii) ''*no proporciona*" una función. Estos son los tres atributos distintos que dan alguna información sobre si un humedal provee o no una función, pero no proporcionan información sobre sus niveles de rendimiento/desempeño.

- ***Valorar*** (*rating*, en inglés).Clasificación basada en un una jerarquización y/o calificación. Generalmente, la valoración agrupa a los humedales según una calificación cualitativa (alta, media, baja) de una variedad de escalas, tales como el nivel de desempeño de una función o el valor de dicho desempeño. La denominada *Evaluación Técnica de Humedales* (WET, por sus siglas en inglés) es quizás el método de valoración más utilizado (Adamus y otros, 1987).

- **Evaluar**. Identificar la condición actual de los humedales y de las amenazas que los mismos enfrentan, como base para recabar más información específica a través de un programa de monitoreo. Uno de sus resultados se refiere a la jerarquización de los humedales de acuerdo con diferentes criterios, en función de los beneficios que

BORRADOR PARA REVISIÓN

generan, los usos que se les da y de las amenazas antropogénicas y naturales a las que están expuestos.

Conviene aquí distinguir entre dos conceptos que en un momento pueden generar confusión sobre el significado y alcances de distintos tipos y metodologías de evaluación. En el idioma inglés, la literatura y los especialistas utilizan el término "***assessment***" distinto del término "***evaluation***", que en español se traducen de la misma forma como evaluación. En México se ha utilizado el término "***evaluación rápida***" como traducción al término "***rapid assessment***", lo cual, como se discute más adelante puede llevar a una interpretación errónea sobre los alcances y resultados de los métodos adoptados para una evaluación rápida. Según esto, conviene distinguir entre:

i. ***Evaluación*** (*assessment*). Estimación o determinación de importancia o valor. Este es el primer nivel al que se genera números para representar un estimado de rendimiento o valor de una función del humedal. Todos los métodos de este tipo de evaluación existentes hasta la década pasada sólo proporcionan una calificación respecto de un determinado estándar (Hruby, 1999). Menciona Hruby (1999) que a su juicio, el término ''*assessment*'' es uno de los que con mayor frecuencia se utilizan erróneamente en el léxico de los científicos de los humedales, indica también que casi cualquier método desarrollado se llama ahora ''*assessment*'', independientemente de que se trate de una categorización, jerarquización, o un verdadero "*assessment*".

ii. ***Evaluación*** (*evaluation*). Determinación o fijación de un valor. La determinación del valor de cualquier elemento supone generalmente contar con un referente de aceptación general. El referente más común ha sido el monetario y las evaluaciones de las funciones de los humedales han tratado de generar valores en dólares apoyados en diferentes tipos de modelos económicos como, por ejemplo, el método de costo de viaje, el modelo de utilidad aleatoria, valores hedónicos, el método de valoración

BORRADOR PARA REVISIÓN

contingente (Titre y Henderson 1989, Lipton y otros, 1995), o la disposición a pagar (Farber y Costanza, 1987).

- **Monitoreo**. Recopilar la información específica con fines de manejo, que responda a los supuestos o hipótesis derivadas de las actividades de evaluación, así como de los resultados del seguimiento de las acciones de manejo implementadas como resultado de dicha evaluación. La información que no deriva de los supuestos o hipótesis resultantes de la evaluación se asocia más al concepto de vigilancia que al concepto de monitoreo.

Mientras que en las últimas dos décadas han sido notables los esfuerzos desarrollados en materia de inventario de humedales, en particular, ha habido poco acuerdo sobre lo que constituye un inventario, y cómo (o si) esto es distinto de un directorio de humedales. Los inventarios continentales como las de Asia (Scott, 1989) y el Neotrópico (Scott y Carbonell 1986) significaron una recolección extensa de la información existente, pero no implicaron la delineación y cartografía de los humedales. El inventario nacional de humedales en los EE.UU. involucró un gran esfuerzo de delimitación y cartografía de los humedales (Wilen & Bates, 1995). El directorio de humedales de Australia involucró la recolección de la información existente y la recopilación adicional de información estratégica (ANCA 1996). El inventario de humedales de Croacia producido por Muzinic (1994) fue un listado de sitios de humedales.

Finlayson (1996a) distingue entre el inventario de humedales y un directorio de humedales de la siguiente manera: "*Un directorio y un inventario se utilizan para elaborar el mismo tipo de información, pero el primero se limita a la información actual y podría no estar completa. Un inventario generalmente incluye trabajos de investigación para obtener más información y con ello proporcionar una cobertura más completa de los sitios*". Por lo tanto, un directorio puede ser el precursor de un inventario. Sin embargo, Finlayson (1996a) señala además: "*En realidad, los términos se usan indistintamente, y por lo tanto… , no necesita ser un obstáculo para la discusión sobre el alcance de los inventarios de humedales*".

BORRADOR PARA REVISIÓN

Conforme a las definiciones anteriores, el inventario es la recopilación de información que describe las características físicas, hidrológicas, ecológicas y socioeconómicas de los humedales. La evaluación considera las presiones, amenazas y riesgos de un cambio ambiental adverso, y el monitoreo proporciona la información necesaria para determinar la evolución e impacto de dichos cambios (Humphrey et al., 2002).

1.3 Herramientas de análisis

Alrededor del concepto integral de inventario-evaluación-monitoreo y su interacción con los procesos asociados a la valoración y manejo de los humedales se han desarrollado numerosos esfuerzos orientados al diseño y aplicación de distintas herramientas de análisis: desde el diseño de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como elemento fundamental para la integración del inventario nacional de humedales (por ejemplo, Grayson et al., 1993, 2002), hasta distintas herramientas (indicadores, métodos estadísticos y probabilísticos, modelos de simulación, técnicas de evaluación y monitoreo) (por ejemplo, UNESCO-WWAP, 2003. "*Water for People Water for Life*". Bergham Books. Barcelona, España: 29-60; UNESCO, 2006. "*Water a shared responsibility*". Bergham Books. New York: 123-145; Moldan B., Billharz, *S., 1997. "*Sustainability Indicators. Report of the Project on Indicators of Sustainable Development". John Wiley & Sons Ltd. Sussex, England; RAMSAR, "*Juego de herramientas de la Convención de Ramsar*", 3a. edición, 2007; Environmental Modeling Inc., "*SMS 9.2 - 2D flood modeling, bay modeling, wetland modeling, ocean modeling*", 2007; Dunn, "*Evaluación rural participativa*", 1994; FAO, "*Toolkit de herramientas participativas*").

1.3.1 Integración socioeconómica-ecosistémica

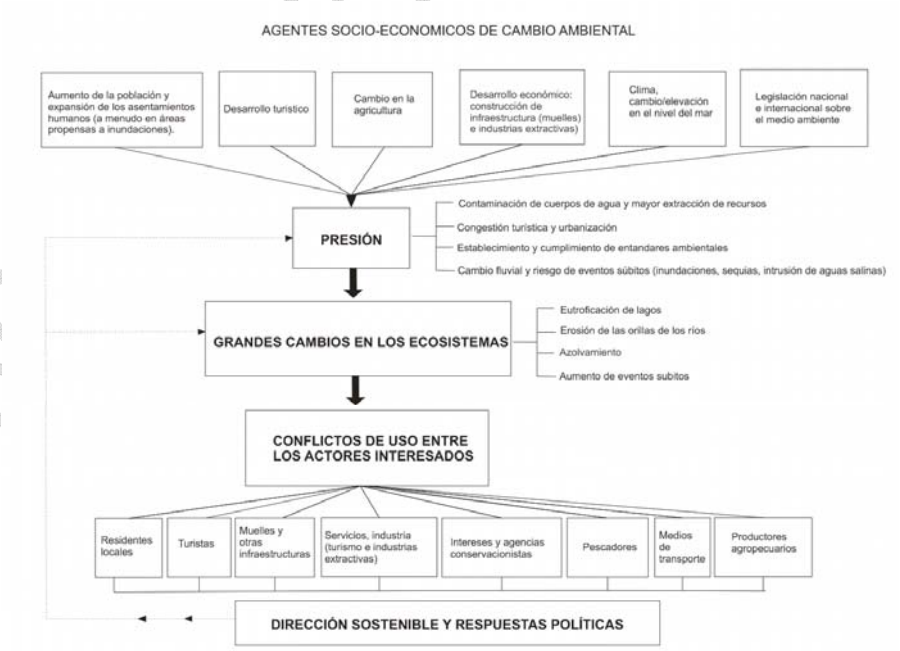
Los modelos analíticos que buscan integrar variables socioeconómicas y ecosistémicas en la valoración y manejo de humedales tienen como principio básico el mantenimiento o aumento de la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad de brindar productos y servicios a los usuarios de los recursos (lo que se denomina como *diversidad funcional valorativa* en las ciencias sociales). El uso sustentable de los humedales debe tener como objetivo principal el mantenimiento de la integridad de

BORRADOR PARA REVISIÓN

los ecosistemas (funciones y estructura), incluyendo su dinámica. Consecuentemente, las estrategias deben adoptar una perspectiva amplia e incorporar variables de manejo a gran escala, a nivel de paisaje y cuenca, y siempre intentar incorporar los procesos de cambio ecológico a los conductores de cambio socioeconómico (Söderqvist et al, 2000, Turner et al, 2003).

El marco analítico de presión-estado-impacto-respuesta (PEIR), originalmente desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), brinda un ejemplo de una forma para analizar la complejidad de relaciones entre variables socioeconómicas y ambientales, además de proveer la conexión conceptual entre los cambios ambientales y el impacto de éstos sobre el bienestar económico y social de las personas, así como la respuesta de los grupos sociales hacia los cambios, como el conflicto y la reorganización socio-política para dar cabida a múltiples intereses (Turner et al., 2003). La Figura 3 presenta una aplicación hipotética del PEIR que ejemplifica la dinámica de cambio para humedales en México.

Figura 3. Presiones, cambios ambientales y conflicto de uso en humedales mexicanos



Fuente: elaboración propia con base en Turner et al. (2003)

1.3.2 Dinámica de los ecosistemas

En la academia se han desarrollado múltiples teorías sobre la relación entre el impacto humano y la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Estas han sido útiles para encontrar los límites de explotación de un sistema que permiten el desarrollo sustentable para una región. Dentro de estas teorías, el factor escala juega un papel muy importante. Los agentes que operan en la sustentabilidad a una escala local son diferentes de aquellos que operan a una escala regional. La escala está relacionada con la velocidad de respuesta de un ecosistema a una perturbación. Así, en ecosistemas acuáticos la velocidad de respuesta a una escala local puede ser de días o incluso de horas mientras que a una escala regional será de años o décadas. Por lo tanto, las aproximaciones deben ser diferentes en el manejo de los humedales dependiendo de la escala.

Sin embargo, existen muchos procesos y dinámicas capaces de controlar las relaciones entre las variables en los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo de esto son los factores que regulan la interacción de múltiples variables que dan como respuesta una dinámica del caos. Esta dinámica no es predecible pero tampoco es azarosa.

Quizá las dinámicas que más explican la relación de un ecosistema acuático y la intervención del hombre son las dinámicas biestables, las cuales surgen a partir de ecuaciones diferenciales de variables del ecosistema que pueden representar uno o más grupos (Scheffer et al. 2001). Esta dinámica indica que un sistema sólo puede contar con dos puntos estables. Definiendo punto estable como aquella condición matemática de un sistema con alta resiliencia. En otras palabras, un punto estable no necesariamente es un punto deseable, sino que es una condición basada en la resiliencia del sistema. En el caso de la relación entre humedales y el hombre serían humedales perturbados y no perturbados.

Gracias a la resiliencia se puede perturbar un sistema y no ver diferencias en su condición prístina. Esto da una falsa impresión de que la perturbación no está afectando al ecosistema. Sin embargo, una vez que se rebasa el umbral de histéresis del sistema, la condición prístina cambia drásticamente a una condición estable

BORRADOR PARA REVISIÓN

perturbada, muy por debajo de las condiciones iniciales, dejando de proveer múltiples servicios ecosistémicos en poco tiempo. Puesto que la condición perturbada también es estable, pequeños esfuerzos de restauración no son suficientes para volver a la condición prístina. La resiliencia de la condición perturbada hace que se tenga que invertir mucho más esfuerzo en llegar al umbral para volver a la condición prístina.

El fenómeno de histéresis entre estos dos puntos estables explica por qué el costo para restaurar un ecosistema es mucho más alto de lo esperado (Amemiya et al. 2005) y en ocasiones mayor que el beneficio obtenido al perturbar el humedal. Por lo tanto también esta resiliencia en el sistema permite un grado de perturbación sin que la dinámica del ecosistema se modifique. En otras palabras los ecosistemas pueden ser perturbados hasta cierto umbral sin perder ningún elemento o dinámica del mismo (Amemiya et al. 2007).

Esta dinámica estable ha sido analizada en ecosistemas acuáticos, en particular respecto de variables como los regímenes hídricos en lagos, erosión y peces bentíboros, producción de fitoplancton y CO_2, comunidad vegetal y diversidad de especies (Scheffer et al. 2003, Schippers et al. 2004, Zambrano et al. 2005, Correia y Anastacio 2008, Loverde-Oliveira et al. 2009). Este concepto también se está considerando para el manejo de ecosistemas (Folke et al. 2004)

Las nuevas teorías buscan encontrar síntomas que indiquen cuando la perturbación se acerca al cambio catastrófico (Biggs et al. 2009, Scheffer et al. 2009). De esta forma seria posible implementar en el manejo la cantidad de perturbación, evitando un cambio en el punto estable y el consecuente alto costo.

1.3.3 Modelos y otras herramientas

La utilidad y aplicabilidad de las distintas herramientas depende, por un lado, de la información disponible y, por otro lado, de los niveles de detalle de que se trate (escala y jerarquía). Generalmente, las distintas herramientas han sido ordenadas y codificadas en forma de lineamientos y guías de trabajo por parte de distintos organismos internacionales para su aplicación por terceros; destacan los manuales para el uso racional de humedales de la Convención RAMSAR.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Conceptualmente, las herramientas de análisis consideradas como parte de la propuesta metodológica de la UNAM, a los criterios de visión integral y carácter multiescalar, pueden ubicarse para su análisis y selección en una matriz (Tabla 1). Dicha tabla define verticalmente la jerarquía o ámbito, mientras que horizontalmente ubica las distintas actividades genéricas asociadas al proceso inventario-evaluación-monitoreo, así como a la valoración de los humedales y la elaboración e implementación de planes de manejo, conforme a enfoques participativos.

En una primera capa se encuentran los modelos geo-espaciales, con herramientas para definir el área del humedal, así como sus condiciones hidrológicas morfológicas y ecológicas que permiten delimitar su extensión. Un segundo grupo de modelos describirán los bienes y servicios ecosistémicos que proveen los humedales. Finalmente, con un tercer grupo de modelos se evaluarían humedales específicos desde el punto de vista hidrológico-ecológico-socioeconómico. Este último tipo de modelos permitirá, por ejemplo, llevar a cabo análisis de costo de oportunidad que apoyen las decisiones para, en su caso, mantener un humedal, reducirlo o restaurar zonas perturbadas.

Tabla 1. Herramientas de análisis

Actividad	Escala			
	Nacional	Regional	Cuenca	Humedal
SIG				
Inventario				
Evaluación				
Monitoreo	NULA O POCA APLICABILIDAD			
Valoración				
Participación				
Plan de Manejo				

Nota: El llenado de esta matriz, corresponde a una de las actividades del proyecto que se refiere al análisis de "Estado del Arte", donde se realizará una investigación de detalle sobre herramientas y metodologías de análisis

BORRADOR PARA REVISIÓN

con miras a identificar aquéllas que son adecuadas al país en términos de las características específicas de los distintos humedales y de la información disponible.

A los modelos integrales de análisis y valoración de los humedales, así como a los planes de conservación y manejo de los mismos, se incorpora el conocimiento ecológico local como un recurso para enriquecer y complementar la información existente. El conocimiento empírico y ecológico local puede complementar la información científica en los aspectos como:

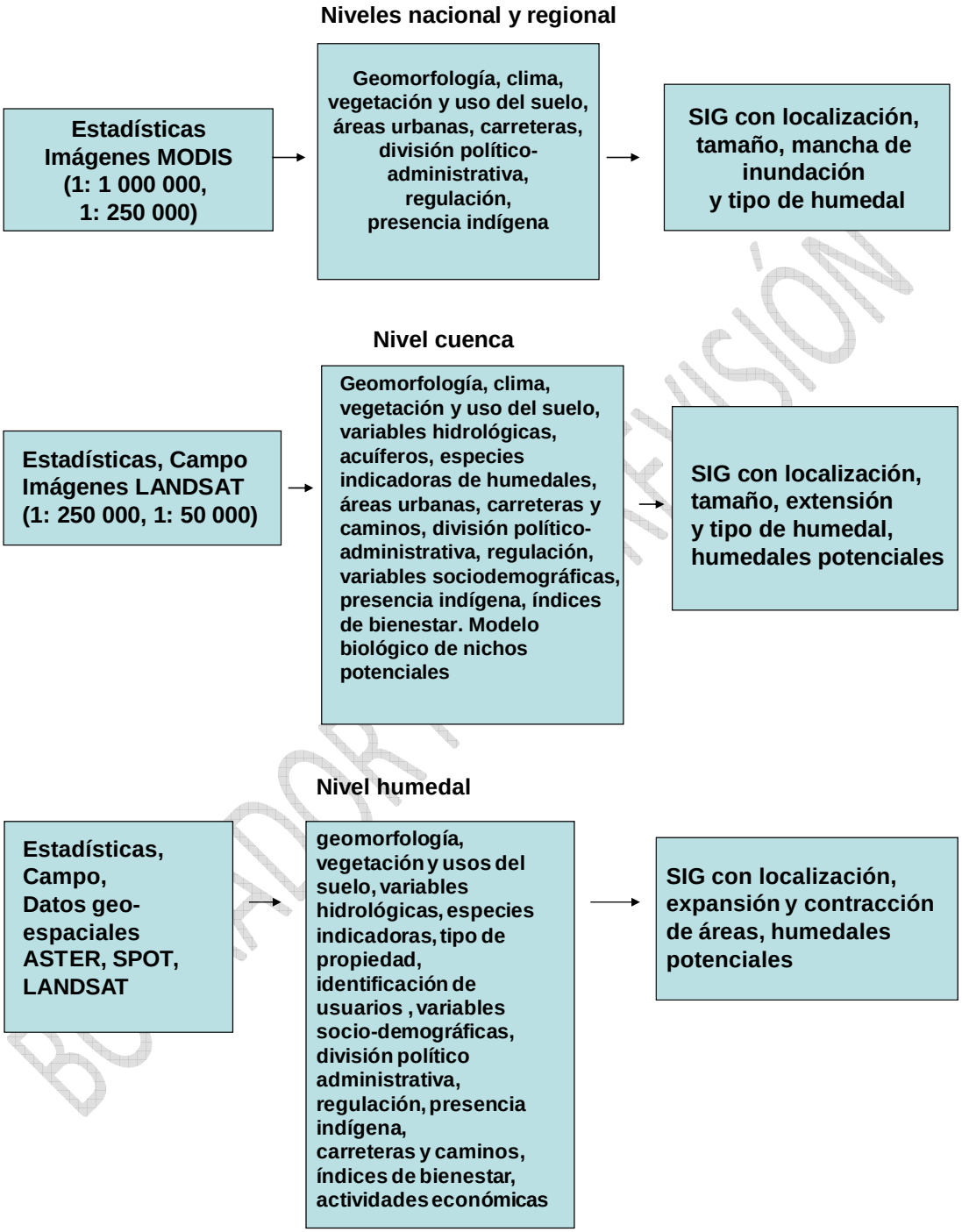
- Descripciones sobre el impacto de proyectos de manejo anteriores.
- Información ambiental histórica (en algunos sitios, la historia oral puede ser la única fuente de información histórica).
- Monitoreo de especies.
- Observaciones del impacto de ciertas prácticas agropecuarias sobre los sitios.
- Condiciones de la flora y la fauna del sitio (Robertson y McGee, 2003).

Además de enriquecer el acervo informativo, al involucrar a los actores locales desde las fases iniciales de los planes de conservación y manejo, es posible establecer un mecanismo mitigador de conflictos potenciales y puede generar mayor aceptación de los cambios de políticas de conservación y manejo (Kapoor, 2001, RAMSAR, 2004).

Esquemáticamente, la integración del inventario de humedales da lugar a una serie de procesos de análisis como los que se esquematizan a continuación (Figura 3).

BORRADOR PARA REVISIÓN

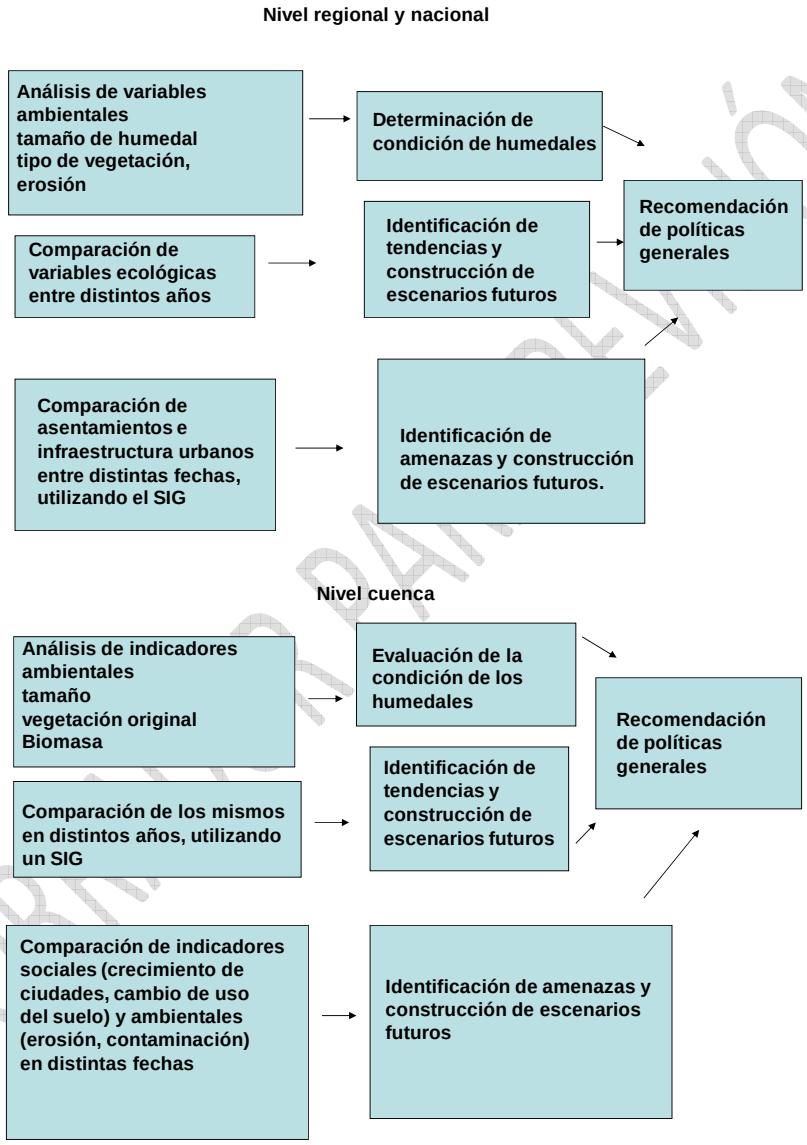
Figura 3. Inventario

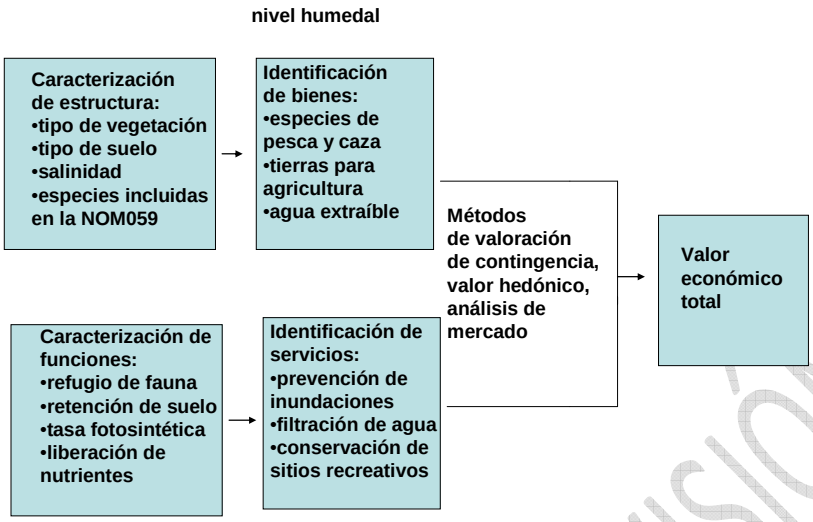


Fuente: Elaboración propia.

En forma semejante, las herramientas de análisis, determinados por la información disponible correspondiente, se aplican jerárquicamente, tal y como se ejemplifica en la Figura 4.

Figura 4. Evaluación jerarquizada de humedales





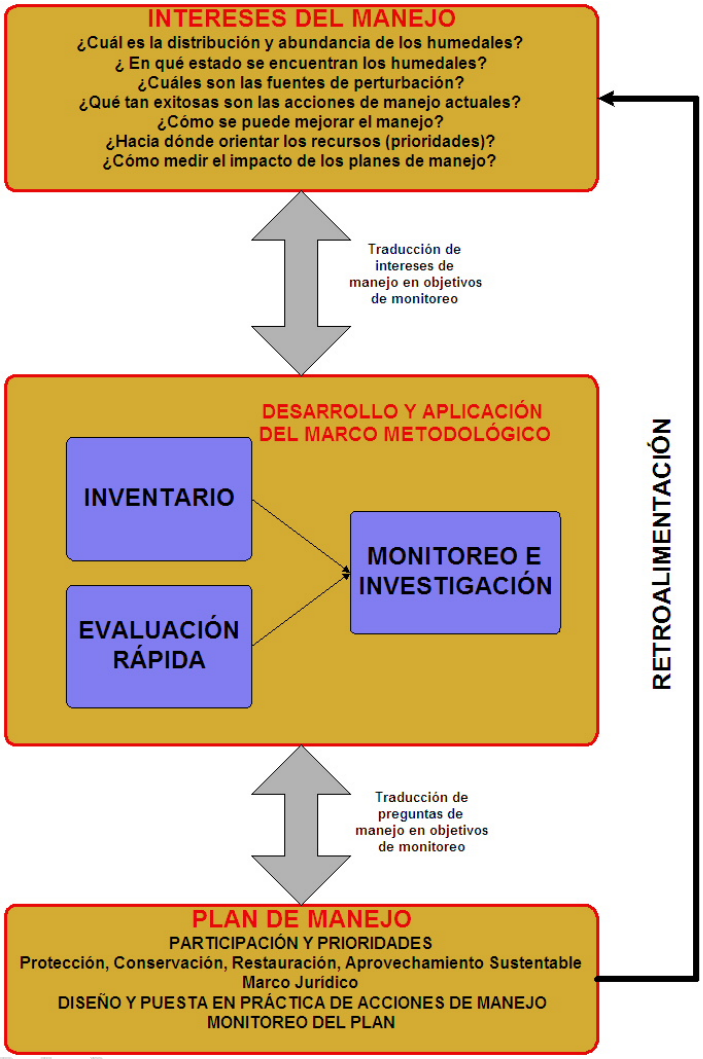
Fuente: Elaboración propia.

1.4 Inventario-evaluación-monitoreo y manejo del humedal

Conceptualmente, es posible asociar el manejo de humedales con un modelo adaptivo que analiza la relación ***presión-condición-respuesta***, bajo el supuesto de que las actividades humanas, como podrían ser la agricultura, la ganadería, la pesca, la urbanización, el turismo o la explotación comercial de recursos naturales, son fuentes de tensión o presión que afectan las funciones de los humedales. Cuando se llegan a entender estos efectos, es posible definir y llevar a cabo las acciones que permitan minimizar y hasta eliminar las tensiones o presiones que se ejercen sobre los humedales. El proceso ***inventario-evaluación-monitoreo*** está ligado con los factores determinantes de un ***plan de manejo*** y con el seguimiento de sus resultados (Figura 5).

BORRADOR PARA REVISIÓN

Figura 5. Enfoque de manejo de humedales



Fuente: Adaptado de Collins et al., 2004

El monitoreo es un factor determinante para entender la relación entre la tensión o presión que experimenta un humedal, su estado funcional y las acciones de manejo más adecuadas para su protección, conservación y manejo. Las interrogantes más importantes que se plantean respecto de la condición que guarda un humedal y las metas que se puedan establecen para su protección, conservación, restauración y uso sostenible definen los esfuerzos de monitoreo, cuyos resultados definen y ajustan a su vez las acciones de manejo.

2 Inventario Nacional de Humedales, INH

El Inventario Nacional de Humedales puede ser concebido como una herramienta que permite establecer las prioridades para la conservación y manejo de los humedales del país y para el monitoreo de su condición.

2.1 Conceptos generales

Un inventario integrado conforme a los principios y conceptos establecidos en el capítulo anterior permite identificar beneficios, así como pérdidas (área, uso de suelo, especies) y niveles de degradación. Las fuentes de información para obtener no sólo el INH, sino las bases para su evaluación y manejo incluyen (Finlayson y van der Valk, 1995):

i. Recopilación de información en campo.

ii. Información de inventarios existentes en el país.

iii. Información obtenida de la literatura y de estudios experimentales en los humedales.

iv. información de entrada para la aplicación de modelos.

v. información digital obtenida mediante técnicas avanzadas, como el uso de información adquirida remotamente ya sea con sensores portados en aviones o satélites.

En términos generales, la integración de un INH requiere que la información se recopile y organice en forma estandarizada y que incluya tanto aspectos biofísicos (localización, tamaño, características fisiográficas, climatológicas, geomorfológicas, hidrológicas, suelo y vegetación, además de características químicas y biológicas), como aspectos relevantes de manejo, incluida información sobre actividades humanas (entre otras, presencia de zonas urbanas, industrias extractivas, tipo de actividades agropecuarias y pesca), condición del humedal (en los términos que se ha definido en

BORRADOR PARA REVISIÓN

el marco conceptual), amenazas (tensiones/presiones), así como los bienes y servicios que provee.

Junto con una investigación exhaustiva y depuración de la información disponible (mapas, imágenes, estadísticas, bases de datos), así como de las escalas a las que puede representarse, el punto de partida para la integración del INH consiste en el diseño de hojas normalizadas de recopilación de datos de campo (**Ficha Técnica**[2]), así como el diseño de las bases de datos que permitirán su organización y presentación, con el apoyo del SIG, que se diseñe con este propósito.

La información y datos básicos sobre los humedales, además de atender a las necesidades específicas del país, deben proporcionar también elementos suficientes para prestar apoyo a los convenios, convenciones y tratados sobre humedales, cambio climático, biodiversidad, especies migratorias y desertificación.

Conforme al marco conceptual adoptado para el proyecto 84369, el INH de México se caracterizará por la **producción de resultados jerárquicos**, basados en cartografía en cuatro niveles de detalle:

- ***Nacional*** para una vista general de los humedales dentro del territorio nacional.
- ***Regional*** para hablar del ámbito territorial de los Organismo de Cuenca de la CONAGUA.
- ***Cuencas hidrológicas*** para distinguir las distintas cuencas que conforman el ámbito territorial de los Organismos de Cuenca de la CONAGUA.
- ***Local***, cuando se trate un humedal en específico.

Cada uno de estos niveles se relaciona con la escala de la información disponible y su integración en el SIG (ver Figura 2). El enfoque jerárquico comprende, de este modo, una progresión en la escala que se traduce en la producción de información más

[2] En el Anexo IV de este informe se presenta una primera versión de la ficha técnica desarrollada por el grupo UNAM.

BORRADOR PARA REVISIÓN

detallada sobre los humedales conforme el inventario va progresando: desde el nivel 1 (nacional) hasta el nivel 4 (descripción detallada de humedales específicos). Así concebido, el INH no es un esfuerzo puntual o de corta duración. Por el contrario, se trata de un esfuerzo permanente y dinámico que avanzará conforme la información y los recursos disponibles lo permitan.

De ahí que es posible que el INH pueda concretarse suficientemente en los dos primeros niveles (nacional por cuenca hidrográfica y regiones de humedales), durante una primera fase de hasta cinco años, mientras que los niveles restantes podrían cubrir un conjunto de complejos de humedales y humedales específicos seleccionados con algún criterio de jerarquización.

De cualquier manera, el enfoque multiescalar permite determinar, desde el inicio, los campos de datos, coberturas y procedimientos de manejo de datos que sean compatibles para su mejor utilización en los distintos niveles. Sin embargo, considerando la utilización del inventario para diferentes fines, es importante reconocer los límites y las restricciones de la interpretación de los datos originales (Davis, S. M. 2004 y RAMSAR, 2005).

De acuerdo con las experiencias registradas (Costa et al., 2001; Finlayson et al., 2001), la primera tarea en el diseño del INH se refiere a la necesidad de evaluar la utilidad de la información existente (incluidos los resultados de estudios experimentales), con objeto de determinar la confiabilidad de los análisis existentes y, en su caso, las necesidades de nueva información. Asimismo, el propósito establecido para cada nivel determinará la necesidad y características de los trabajos de campo.

En gran medida, los inventarios realizados por distintos países, México incluido, no son adecuados debido a la falta de información sobre la extensión del terreno y naturaleza del mismo; especialmente en aquéllos casos donde el interés económico es prioritario (actividades agropecuarias y pesqueras, desarrollo urbano, turismo y distintos cambios de uso del suelo adversos). Esta última información sirve para conocer la extensión total del humedal desde el punto de vista de los intereses de los usuarios, los cuales pueden clasificarse en usuarios extensivos directos, usuarios intensivos directos,

BORRADOR PARA REVISIÓN

explotadores directos, agricultores, usuarios de agua, asentamientos humanos, usuarios indirectos, grupos conservacionistas, no-usuarios (Finlayson y van der Valk, 1995, Turner et al., 2000).

2.2 Información mínima

Habida cuenta de las dificultades que se han observado internacionalmente respecto de la obtención de datos de los inventarios, Finlayson et al. (2002) proponen un conjunto mínimo de datos suficiente para describir los humedales (Tabla 2). La información mínima incluye la ubicación y el tamaño de los humedales, así como las características que aporten valor y beneficios a los seres humanos. De esta manera, se define un conjunto de datos básicos que proporcionan una base de información para delinear los hábitat de humedales y la descripción de las características ecológicas de los hábitats básicos delineados (Finlayson, 1999). Preferentemente, la información básica debiera integrarse a partir de una serie temporal de datos, pero como en el pasado esto rara vez ha sido posible, se recomienda que la información sea suficiente (una base o un conjunto mínimo de datos) para que delinear y caracterizar el hábitat de humedales importantes en al menos un punto en el tiempo.

Tabla 2. Datos mínimos requeridos para cubrir aspectos biofísicos y de manejo de humedales

Aspectos biofísicos
Nombre del sitio (oficial y de la cuenca donde se encuentra)
Área y extensión (tamaño y variación, intervalo y valores promedio)*
Localidad (sistema de proyección, mapas georeferenciados, centro y elevación)*
Geomorfología (cuando se localice en tierra, unido a hábitat acuáticos, regiones biogeográficas)*
Descripción general (forma, vista de secciones y plano)
Clima (zona y principales características)
Suelo (estructura y color)
Régimen del agua (periodicidad, extensión de inundaciones y profundidad, fuente de agua superficial y agua subterránea)

BORRADOR PARA REVISIÓN

Química del agua (salinidad, pH, color, transparencia y nutrientes) **Biota (zonas vegetativas y su estructura, poblaciones animales y su distribución, aspectos especiales como el que las especies sean únicas y/o en riesgo**
Aspectos de manejo
Uso de la tierra- local y en la cuenca y/o costa, actividades productivas en la zona **Presiones del humedal – local y en la cuenca y/o costa** **Tenencia de la tierra y autoridad administrativa – local y en partes críticas de la cuenca y/o costa** **Estado de conservación y mantenimiento – incluye instrumentos legales y tradiciones sociales y culturales que influencien el manejo del humedal** **Servicios del ecosistema proveídos o derivados del humedal incluyendo servicios para aprovisionamiento, regulación, cultural y de soporte** **Planes de manejo y programas de monitoreo – local y planeado para el humedal y para la cuenca y/o costa**
* **Aspectos que son por lo general obtenidos de mapas topográficos o imágenes obtenidas por percepción remota**

FUENTE: Finlayson *et al*., 2002.

Por lo general, la información disponible no siempre es la adecuada o está incompleta, ya que se colecta para cubrir un proyecto o modelo específico donde los objetivos difieren incluso en la forma de recopilar los datos. Por ejemplo, algunos modelos se basan en la conservación de las especies en peligro ya sea vegetal o animal y, por tanto, la información colectada estará en función de las acciones para su conservación.

2.3 Investigación preliminar de información disponible en México

La información disponible debe cubrir tanto climas secos como húmedos, lo cual es prioritario para establecer la forma y naturaleza de los humedales, así como la dinámica de la región y en particular del humedal específico. Una investigación preliminar de la información disponible en el país se resume en el **Anexo IV** de la presente propuesta, donde destaca lo siguiente.

BORRADOR PARA REVISIÓN

2.3.1 Información obtenida de la literatura

1. **Fichas RAMSAR.** Se considerarán las fichas RAMSAR, las cuales en menor o mayor detalle presentan los 65 humedales prioritarios internacionalmente con su localización en mapas a escala 1:250 000.
2. **Humedales estudiados**. Se analizarán aquellos humedales sujetos a estudio como los que de manera específica se han desarrollado como, por ejemplo los de CONAFOR y DUMAC (para especies de patos), entre otros.
3. ***Fauna***. Migración.

2.3.2 Información digital y adquirida remotamente

1. **Mapas vectoriales**. El INEGI cuenta con mapas a escala 1:50 000, aunque no en todos los casos.
2. **Mapas hidrológicos, aguas superficiales (cuencas) y aguas subterráneas, climáticos y topográficos**. El INEGI cuenta con mapas a escala 1:250 000 con excepción de algunos mapas que corresponden a ediciones de DETENAL entre los 70 y 80s. Existen también la Síntesis Geográfica de los Estados aunque no en todos los casos e incluso no se cuenta con actualización (generados en la década de los 80-90s).
3. **Mapas temáticos**. Los mapas vectoriales tiene una escala de 1: 1 000 000 y se dividen en fundamentales y básicos, los cuales cubren series topográficas y de recursos naturales. Los datos fundamentales son: infraestructura hidráulica, localidades, rasgos hidrográficos (corrientes y cuerpos de agua), sitios de interés turístico y vías de comunicación. Los datos básicos son relativos a recursos naturales: arrecifes, nieves perpetuas y salinas; climas; fisiografía; geología; suelos; uso de suelo y vegetación; zonas de fango, de inundación, arenosas y pantanosas; y zonas de protección de la naturaleza.
4. **Fotografía aérea**. Fotografías digitales obtenidas por sensores portados en vuelos aéreos, los cuales pueden ser altos, medios o bajos. Por lo general, el INEGI dispone de vuelos especiales de zonas siniestradas. Los vuelos varían de 1:2 500 a 1:75 000.

BORRADOR PARA REVISIÓN

5. **Ortofotos**. Fotografías aéreas ortorectificadas, el INEGI dispone de casi toda la cobertura nacional. Las ortofotos faltantes están siendo procesadas sin fecha para su disposición al público. La escala es comúnmente de 1:25 000 m pero se pueden encontrar escalas de 1:45 000 y 1:75 000.
6. **Modelo Digital de Elevación (MDE).** El INEGI cuenta con un grid de 30×30m (curvas de nivel a cada 30 m). Existen otras fuentes con escalas similares de 90×90m. SPOT tiene uno de 20×20m. Curvas de nivel de 2 m se obtienen mediante el empleo de LIDAR.
7. **Imágenes de satélite**. Estas imágenes cubren una mayor área a diferentes escalas o resolución espectral. Las imágenes que cubren el visible e infrarrojo cercano, medio y térmico pueden estar afectadas por la presencia de nubes, sin embargo existen técnicas que permiten eliminar neblinas o imágenes de radar que no presentan los problemas por interferencia atmosférica.
    a) Para una cobertura total del país o por estados, se cuenta con imágenes **NOAA-AVHRR** y **MODIS**. La resolución del píxel es de 1.1 ×1.1 Km. La CONABIO cuenta con una antena para captar éstas imágenes. Se distribuyen sin costo. Su cobertura espacial es 2,328×2,022 Km.
    b) Para análisis históricos (imágenes disponibles hasta mayo de 2003) y análisis visuales (2003-2007) a escala regional es recomendable emplear imágenes **Landsat** de los sensores **MSS, TM y ETM+**. La resolución varia de 60m (MSS) a 30 m (TM y ETM+) para el visible e infrarrojo cercano y medio, y de 120 y 60 m en la banda del infrarrojo térmico para los sensores TM y ETM+. La cobertura es de 180 ×180 Km.
    c) Los satélites de alta resolución con coberturas menores son el **SPOT** con resolución espectral de 20, 10, y 2.5 m para un área de 60×60 Km. **IKONOS** con resolución de 4 y 1 m por píxel y **QUICK BIRD** con resolución por píxel de hasta 0.67 m.

BORRADOR PARA REVISIÓN

2.3.3 Información auxiliar

Adicionalmente a la delimitación e inventario de los humedales, la percepción remota ofrece información relativa a parámetros biofísicos como la biomasa, evapotranspiración, flujo de CO_2, entre otros. La percepción remota también permite estimar algunas de las variables que influyen estos parámetros, como:

1. ***Ciclo hidrológico***. Precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, evaporación (evapotranspiración). Estos datos serán obtenidos principalmente de las bases de datos del CLICOM, observatorios y Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAs). Información adicional puede obtenerse de estaciones colocadas en o fuera de los humedales.
2. ***Vegetación***. Tipos de vegetación, información fenológica y producción. Parte de esta información se obtendrá de la cartografía y mapas vectoriales del INEGI, el Inventario Nacional Forestal (INF), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como de información de la CNA para Distritos de Riego y de los mismos humedales.
3. ***Usos del suelo***. Deforestación, agricultura, asentamientos humanos. Parte de esta información se obtendrá de la cartografía y mapas vectoriales del INEGI, el Inventario Nacional Forestal (INF), así como de información de la CNA para Distritos de Riego y de los mismos humedales.
4. ***Manejo de los recursos***. Suelo y agua mediante de zonas productivas en particular zonas agrícolas. Parte de esta información se obtiene de la cartografía y mapas vectoriales del INEGI.
5. ***Información demográfica básica***. Población total por región y/o poblado e índices demográficos diversos (mortalidad, mortandad, expectativa de vida, crecimiento demográfico), composición rural-urbana. Estos datos están disponibles en las bases de datos del INEGI.
6. ***Información socioeconómica***. Vivienda, educación, servicios (acceso a servicios de salud, agua potable, drenaje, electricidad, comunicaciones), actividad económica por sectores y población, índices regionales de producción, ingreso per cápita.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Estos datos están disponibles en las bases de datos del INEGI y de la Secretaría de Economía.

7. ***Propiedad de la tierra***. Propiedades de tipo público, social y privado.
8. ***Geopolítica y sub-ordenamiento***. Ubicación de humedales en términos de municipios, estados y países. Ubicación de humedales dentro de distintos ordenamientos territoriales (como lo son, las regiones prioritarias para la conservación (CONABIO), áreas naturales protegidas (CONANP), micro regiones (SEDESOL).
9. ***Aspectos legales***. Conjunto de disposiciones legales de carácter internacional, federal, estatal y local asociadas con el inventario, monitoreo, evaluación y manejo de humedales.

3 Caracterización y jerarquización de humedales

Con respecto a la tipificación y caracterización de los humedales, autores como Blondel (1995) recurren a la sistematización de la biogeocenosis considerando las comunidades vegetales (fitocenosis) y sus factores mesológicos y de distribución geográfica, que interactúan a una escala dada. Lo anterior se conoce como el establecimiento de regiones biogeográficas, que es el área de una especie, subespecie u otro taxón en el espacio geográfico sobre el que se distribuye. Así, una especie puede ser cosmopolita (ser humano) o endémica al presentarse en un área muy restringida.

De lo anterior, se establece que para lograr el inventario de humedales es necesario definir la extensión del humedal, su condición y el valor del ecosistema. Con relación a esta valoración, en 2004 se consideró incluir un carácter ecológico a la definición RAMSAR de 1971. Este carácter considera "*la suma de componentes biológicos, físicos y químicos de los ecosistemas y sus interacciones, las cuales mantienen el humedal y sus productos, funciones y atributos*" (RAMSAR Convention Secretariat, 2004).

Finlayson y D'Cruz (2005) redefinen el humedal asegurando que los servicios que proveen los ecosistema sean considerados de manera central, de acuerdo con el

BORRADOR PARA REVISIÓN

concepto ecológico y no como función de los componentes y procesos ecológicos. Esto es, se deben considerar los componentes y procesos ecológicos que los caracterizan y los servicios que de ellos se obtienen, los cuales incluyen alimento y agua potable, regulación de inundaciones y mareas, recarga de acuíferos, retención de sedimentos y tratamiento de contaminantes, así como valores culturales y estéticos, y las oportunidades para el turismo.

3.1 Caracterización

Para establecer una tipología de humedales que permita distinguir regiones y complejos de humedales, es necesario acudir a otras definiciones (por ejemplo, especies de un humedal[3] o regiones biogeográficas) y a los límites que unifiquen características propias de los humedales como la topografía y la hidrología (regiones hidrogeomorfológicas). La mayor parte de las clasificaciones de humedales adoptadas actualmente derivan de la clasificación establecida por Cowardin et al. (1979) en los Estados Unidos. Dichas clasificaciones parten de los sistemas de humedales principales (marinos, estuarinos, lacustres, ribereños y palustres), para subdividirlos posteriormente en función de hidroperíodos y otros factores geomorfológicos. Otro método que ha ganado aceptación es el denominado "bioevaluación" que se asocia al Indicador de Integridad Biológica[4], IIB, (EPA, 2007).

La definición de indicadores de estructura y condición de los humedales ha sido sujeta a numerosos estudios y experiencias que muestran la relación funcional entre dichos indicadores, las funciones prioritarias y los tensores antropogénicos que impactan la condición de los humedales. De tal suerte, dichos indicadores pueden ser utilizados para evaluar los efectos de distintas acciones contempladas dentro de los planes de conservación y manejo.

---

[3] Gopal y Junk (2001): especies de un humedal son todas las plantas, animales y microorganismos que viven de manera permanente o periódica en un humedal (incluidas las especias migratorias de otro hábitat cercano o lejano), o que dependen directa o indirectamente del hábitat del humedal o de otro organismo presente en el humedal.

[4] La bioevaluación se basa en la premisa de que las comunidades de plantas y animales que habitan en un humedal reflejan aceptablemente la condición del mismo.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica y discusión de artículos científicos, manuales, clasificaciones o propuestas para diferentes partes del mundo, con el fin de extraer los elementos básicos utilizados en cada caso. El análisis realizado se presenta bajo los siguientes rubros: institución, país/región, criterios utilizados, escala (nacional, regional, local), temporalidad, criterios faltantes, análisis cuantitativos (enfoque), referencias (**Anexo III** de la presente propuesta). La información se presenta en diferentes colores para distinguir: aplicaciones reales, modelos teóricos, revisiones y propuestas.

De acuerdo con la revisión de los criterios para la clasificación de humedales en diversos países, es posible mencionar que la orientación de las diversas clasificaciones es predominantemente de tipo biológico/ecológico e hidrológico, complementado en algunos casos con análisis fisicoquímicos. Consistentemente falta considerar criterios sociales, económicos y jurídicos, y cuando se llegan a tratar esto se consideran de manera superficial. Cada estudio o publicación fue realizada con diferentes objetivos y tiene diferentes alcances, razón por la cual se basa en diferentes variables. Aún en los países más adelantados, se menciona que la información existente es incompleta, que se requiere complementar, o bien recolectarse nueva información o integrarse, así como aplicar modelos para un mejor entendimiento de estos sistemas.

Debe hacerse notar que existe más información para países desarrollados, ubicados en zonas templadas que para países tropicales, por lo cual el Inventario Nacional de Humedales y la metodología planteada será una contribución importante para los países en la zona intertropical.

3.1.1 Jerarquización

Una vez que se hayan definido y aplicado los criterios hidrológicos y ecológicos de clasificación, con lo cual se llegaría a establecer el “universo” de humedales, la introducción de distintos criterios económicos, sociales y jurídicos, que determinan y explican los cambios espaciales y temporales que han experimentado desde su estado original hasta su estado actual, permitirá jerarquizar a los humedales del país para, entre otras cosas, definir prioridades en la asignación de recursos para la evaluación,

BORRADOR PARA REVISIÓN

monitoreo y, finalmente, formulación e implementación de planes de manejo y conservación.

La clasificación y jerarquización de los humedales se asocia estrechamente a las metodologías de evaluación rápida, como se menciona a continuación.

4 Sistema de Información Geográfica del INH.

En 1971, a partir del Convenio Ramsar, el cual entró en vigor en 1975, se establecieron los términos para clasificar un humedal. En esta clasificación México al igual que otros países realizaron un inventario nacional. Un inventario es una herramienta que permite establecer las prioridades para la conservación del humedal y del monitoreo del estado ecológico del mismo. Asimismo ayuda a promover la importancia del humedal y su manejo, y facilitar el intercambio de información y la comparación de sitios y regiones (Garcia-Orcoyen, 1992 en Finlayson y van der Valk, 1995; Ramsar, 1971). En consecuencia, un inventario permite identificar beneficios, así como perdidas (área, uso de suelo, especies) y degradación.

Finlayson y van der Valk (1995) señalaron que para obtener un inventario así como para establecer parámetros de evaluación y manejo de un humedal se deben considerar entre otros aspectos aquellos relacionados con la información disponible:

- recopilada en campo,
- obtenida de la literatura y de estudios experimentales en los humedales,
- de entrada para la aplicación de modelos, e
- digital y obtenida mediante técnicas avanzadas como el uso de información adquirida remotamente ya sea con sensores portados en aviones o satélites.

Dado que existen diferentes fuentes de información cada una proporcionando diversos criterios para delimitar, clasificar y caracterizar los humedales, así como diferentes fines entre los cuales está su conservación y recuperación. Una tarea importante es

BORRADOR PARA REVISIÓN

condensar toda esta información y manejarla como en un sistema apropiado como es el caso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Dada la variación tanto temporal como espacial de la base de datos para los humedales, la construcción de un SIG facilitará la captura y almacenamiento de datos, así como su análisis y visualización. De igual manera, el SIG tendrá flexibilidad para adquirir información de otros sistemas gubernamentales, privados o académicos. En este proyecto, la plataforma del SIG estará incluida en un sistema de innovación tecnológica de operación, para ello se cuenta con la plataforma telemática para la investigación y la Docencia Interdisciplinaria (TIDI), la cual integra aplicaciones de cómputo, informática y comunicaciones.

4.1 Criterios de clasificación de los Inventarios de Humedales en México

México se integró a la Convención Ramsar en 1986, al incluir la Reserva de la Biosfera Río Lagartos como humedal de Importancia Internacional. Hoy en día, dentro de la Convención Ramsar en México, se tienen designados 113 sitios.

En 1998, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) junto con otras organizaciones llevó a cabo un ejercicio de identificación de regiones prioritarias marinas y costeras, con objeto de contar con una regionalización que sirviera de marco de referencia nacional para la conservación y manejo de los ambientes marinos y costeros. En total se identificaron 70 regiones marinas, de las cuales la mayoría incluyen la franja costera con sus respectivos humedales. Pese a los trabajos de 1998, en el año 2000, la CONABIO reconoció como prioritarios 11 humedales a partir de los criterios siguientes:

i. extensión del ecosistema,

ii. estado de conservación,

iii. diversidad de especies únicas y migrantes,

iv. presencia de riesgos a corto plazo e

BORRADOR PARA REVISIÓN

v. importancia económica

Estos criterios, definen, entre otros, los humedales de Marismas Nacionales, del Alto Golfo y Delta del río Colorado, Laguna de Chacahua, Humedales de Chiapas, Costas de Yucatán y Campeche, Pantanos de Centla y Laguna Madre en Tamaulipas. Estos ecosistemas se consideraron prioritarios ya que de no hacerlo se perderían zonas de alto potencial productivo, afectando económicamente al país. La importancia de identificar regiones prioritarias fue el primer paso hacia el diseño de planes de manejo y protección de los humedales.

En 2004, como resultado de las reformas a la Ley de Aguas Nacionales, corresponde a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), delimitar y actualizar el Inventario Nacional de Humedales (INH) para su administración (manejo y protección). Para este efecto, se formó un Grupo Interinstitucional integrado por CONAGUA, CONABIO, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Como consecuencia, el INEGI publicó en 2007 el Inventario Nacional de Humedales Prioritarios (INHP) en el que se identificaron 2,103 humedales bajo la premisa de que un humedal son todas aquellas "comunidades de vegetación que sin ser plantas acuáticas o subacuaticas están desarrollándose sobre un medio acuoso o en suelos saturados de agua por un determinado periodo a lo largo del año, esto debido a que estás son más ricos y productivas. De igual manera se ve como humedal al producto de la intervención humana, como la agricultura de humedad (entarquinamiento) o bien el caso de la construcción de presas, lagos artificiales, canales, estanques para acuacultura, bordos, etc.".

Adicional al INHP, existen para México otros inventarios de humedales (nacionales e internacionales), los cuales han sido señalados como prioritarios en función de los intereses del organismo que los define. Por ejemplo, el Worldlife TRUST (2000) cuya lista incluye los 11 humedales prioritarios de la CONABIO en 2000. En 2003, Duck Unlimited de México, A.C. (DUMAC) identificó 28 humedales con base en la detección

BORRADOR PARA REVISIÓN

de Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAs) consideradas como prioritarias para la conservación de las aves de Norte América por el comité trinacional de NABCI (Marismas Nacionales, Ensenada de Pabellones, Sistema Huizache-Caimanero, y Bahía Santa Maria) (del Coro Arizmendi, 2003). En estos humedales se concentraba el 83.8% de las aves migratorias de Norte América, distribuidos de la manera siguiente: 7 en la ruta migratoria del Golfo, 14 en la del Pacífico y 7 en la ruta central (Carrera y de la Fuente, 2007).

El Water Resources eAtlas (2007) señala como humedales importantes a aquellos situados en cuencas hidrológicas prioritarias establecidas por el mismo eAtlas y son las cuencas de: Lerma-Chapala y Río Balsas (sin humedales), Chiapas (con 1 a 5 humedales), y Noreste y Sonora (con 6 a 15 humedales). De igual forma la CONAGUA en 2007 (com. personal) definió 20 sitios prioritarios en función de calidad del agua y biodiversidad por cuenca hidrológica.

En 2008, la CONABIO publicó la primera versión del Inventario Nacional de Manglares cuyos resultados mostraron que los 17 estados de la república con litoral cuentan con este tipo de ecosistemas abarcando una superficie total de 655,667 ha. De esta superficie, el 43% corresponde a áreas naturales protegidas, y 30 manglares corresponden a sitios Ramsar (CONABIO, 2008). El inventario de Manglares final se publicó en 2009 con una superficie total de 770,057 ha, cifra que sólo considera las áreas cartografiables de manglar mayores a 1 ha. La diferencia entre los observado en 2008 y en 2009 radica en el proceso de validación llevado a cabo para el inventario final. La península de Yucatán cuenta con el 55% de la superficie total, seguida por la Región del Pacífico Norte con 24.5%, el Golfo de México con 11%, la Pacífico Sur con 8.6% y, finalmente, la Pacífico Centro con apenas 0.9% (CONABIO, 2009).

4.2 Inventarios de humedales: experiencias previas

La generación de Inventarios de Humedales, en México y otros países, surge ante la necesidad de proporcionar información útil para tomadores de decisiones en el manejo adecuado de estos ecosistemas. Dada la variación tanto temporal como espacial de la información disponible, el desarrollo de un inventario ayuda a establecer

BORRADOR PARA REVISIÓN

diversos parámetros de evaluación, los cuales gracias al avance tecnológico pueden ser obtenidos de manera eficiente y precisa a través de los SIGs, ya que permiten homogeneizar la información y sistematizar los procesos de manera que se pueda analizar al humedal y estudiar las opciones para su mantenimiento y sustentabilidad.

En un SIG, el empleo de información geo-espacial para ubicar al humedal y establecer sus características, así como su relación con la sociedad y el medio es determinante para analizar a los humedales en una forma práctica abarcando diversos aspectos: ecológicos, biológicos, químicos, físicos, geohidrológicos, social, económicos, entre otros. La construcción apropiada del SIG ayudará a procesar la información disponible de diferentes fuentes e integrarla para su publicación (digital, en papel, o en la pantalla) proporcionando la información requerida por el usuario referente a un determinado humedal o conjunto de ellos.

4.3 Experiencias internacionales de SIG's para inventarios de humedales

Si bien a nivel mundial se ha reconocido la importancia de inventariar estos ecosistemas, la Global Review of Wetland Resources and Priorities for Wetland Inventory (GRoWI) mostró que en 1999 solo el 7% de los países pertenecientes a las Partes Contratantes (COP) tenían un inventario adecuado de sus humedales, y el 25% de los países no contaba con inventario. Para 2005, se tuvo un avance donde el 24% de los países tenían un inventario y 51 países lo tenían en forma parcial (Ramsar, 2007).

En el desarrollo de los inventarios de humedales la mayoría de los países atiende a las consideraciones propuestas por la Convención Ramsar, donde una de las premisas es el uso del Marco para el Inventario de Humedales desarrollado por el Panel para la Revisión Científica y Técnica del Grupo de Trabajo en Inventarios de Humedales (STRP). En este marco se incluye el uso apropiado de técnicas de percepción remota, métodos de clasificación y métodos estandarizados para el inventario, así como recomendaciones para determinar datos básicos y en general el registro de datos y metadatos. También se define que el inventario debe cubrir múltiple escalas y los datos deben estar asociados a éstas (Ramsar, 2007).

BORRADOR PARA REVISIÓN

La misma GRoWI señala que el empleo de herramientas de SIG ha significado un gran avance ya que los inventarios no sólo se basan, como se hacía tradicionalmente, en información levantada en campo, sino que ahora se emplea información geoespacial (fotografías aéreas, mapas topográficos-DEM- imágenes de satélite). Aunque corresponde a cada país determinar la conveniencia o no de aplicar un determinado método evaluando sus ventajas y desventajas, la posibilidad de manejar, analizar y publicar datos geoespaciales y no-espaciales que ofrecen los SIG es un factor determinante para su empleo (Ramsar, 2007).

Ramsar (2007) muestra como ejemplos de la aplicación del Marco propuesto por la GRoWI para la estandarización de los inventarios, aquellos que han sido exitosos en el mundo. Algunos de éstos son:

4.3.1 Iniciativa de Inventario de Humedales Mediterráneos (MedWet).

Este sistema no se concibió como un inventario propiamente sino como una guía que pueden adoptar los países de la región del Mediterráneo en Europa. El sistema es un conjunto de métodos y herramientas estándares flexibles que incluyen el manejo de una base de datos para el desarrollo del inventario de la región. En cuanto a la creación de la base de datos, el sistema considero los métodos usados en Estados Unidos y Asia, pero manteniendo la compatibilidad con las bases de datos usadas en Europa. La BD estándar fue desarrolla en una primera etapa en FoxPro en MS-DOS y, posteriormente, se transfirió a Microsoft Access 2000. El sistema la actualización de la BD al software PHP incluyendo la capacidad de SIG/mapeo disponible en internet (http://medwetnet.icn.pt).

4.3.2 Inventario Nacional de Estados Unidos de América.

Este sistema comprende todo el país y se ha desarrollado una clasificación y metodología propia para generar un inventario en un mapa base. La BD comprende la estandarización de los datos en línea con la información requerida para la clasificación del ecosistema y la producción de mapas para cada estado. Los mapas y la BD digital son generados están disponibles en la Web; para el análisis de los datos se empleo ARC-INFO.

BORRADOR PARA REVISIÓN

4.3.3 Programa Nacional de Humedales de Uganda.

El Programa se integra de los avances obtenidos a nivel local usando formatos estándares y un entrenamiento intensivo. Para ello, se revisaron varios inventarios obtenidos de la literatura. La información básica es la biofísica con descripción general del sitio, datos de estacionalidad, biota y manejo de los datos, los cuales comprenden el uso de suelo, tenencia de la tierra, estado de conservación, entre otros. El desarrollo del SIG se basa en análisis de datos adquiridos remotamente junto con mapas topográficos e información de campo. Se emplean estándares para hojas de datos. Los humedales los manejan mediante códigos.

4.3.4 Inventario de Humedales de Asia (AWI).

El inventario se realizó de acuerdo a las recomendaciones del GRoWI y en función del protocolo seguido en Australia y probado en Japón. En general, considera principalmente humedales costeros y continentales. El inventario es resultado de los estudios realizados para la Convención Ramsar, es jerárquico y multiescalar. La información está en función de la escala a manejar. El sistema para manejar la BD se construyo un SIG y aplicaciones de Web e interface user/data. El sistema tiene como primer componente el manejo, almacenamiento y obtención de los datos. El sistema se basa en una plataforma Windows empleando MS Visual Basic y Access 97. El sitio Web es el principal nodo de comunicación para la colección de datos, anuncios y discusiones.

4.3.5 Inventario de Humedales de Ecuador.

El inventario se desarrollo por el Ministerio del Medio Ambiente, la Oficina Ramsar y la Fundación EcoCiencia y está diseñado para la implementación del marco de de la Convención Ramsar. Para su desarrollo se revisaron los métodos seguidos en Canadá, Venezuela, Brasil y parte de Argentina considerando las limitaciones propias de cada método para su implementación en el Ecuador. La información colectada comprendió características sociales, económicas, zoológicas, botánicas, limnológicas y ecológicas (terrestre y acuáticas). Los datos se ingresaron a un SIG con capas fisiográficas para mediante estrategias para manejo de uso de suelo proponer los humedales por

BORRADOR PARA REVISIÓN

Cuenca. Adicional a la información cartográfica incluida en el SIG, otras fuentes de información se mantienen en formado digital y se cuenta con una BD fotográfica.

4.4 Experiencias nacionales de SIG's para inventarios de humedales

En el caso de México, se pueden mencionar tres esfuerzos que permiten inventariar los humedales a escala nacional.

4.4.1 Inventario de Humedales Prioritarios, INEGI.

El inventario se desarrollo por el Grupo Interinstitucional y publicó por el INEGI en 2007. El inventario es el resultado de una recopilación bibliográfica y el análisis e interpretación de información analógica y digital de recursos naturales como tipos de vegetación, suelos, características del terreno y cuerpos de agua, entre otros a escala 1:250,000. El diseño conceptual empleado para generar la información permite su manejo en SIG o Sistemas de Cartografía Asistida por Computadora (CAD). Se generaron diccionarios de datos La referencia geográfica de la información permite su integración con otros grupos de datos vectoriales o de tipo raster, como modelos digitales de elevación, o imágenes obtenidas por sensores remotos. El área mínima con la que cumple cada uno de los polígonos de áreas de interés potencial es de 50 ha. Se empleo ArcGis, ESRI,

4.4.2 Inventario Nacional Forestal, CONAFOR.

El Inventario Nacional Forestal y de Suelos se desarrollo como un medio para contar con información cartográfica y estadística a tres escalas (nacional, estatal y de manejo) de los suelos y ecosistemas forestales del país y establecer entre otros al dinámica de cambio de vegetación forestal de país donde se apoyen las políticas forestales nacionales. La unidad mínima considera arboles de 1.3 metros de altura con 7.5 cm de diámetro cayendo en esta definición varios de los tipos de humedales en el país. El monitoreo forestal consiste en la interpretación de imágenes de satélite por medio de software especializado y apoyada con el trabajo de campo, cartografía existente y documentos. Para el sistema se empleo el software ArcGis El sistema se basa en una plataforma Windows empleando MS Visual C y Access 97.

BORRADOR PARA REVISIÓN

4.4.3 Inventario de Manglares, CONABIO.

El inventario de manglares muestra la distribución espacial de los manglares en el país El inventario se obtuvo mediante análisis espacial de imágenes Spot empleando técnicas de percepción remota y SIG. La cartografía se generó a 1:50000 y el país se dividió en cinco regiones: Pacífico Norte, Centro y Sur, Golfo de México y Península de Yucatán. El sistema está en plataforma Linux, emplea un Geoserver para su publicación en Web. La base de datos esta en SQL.

En general, es más común encontrar en México experiencias particulares para el estudio de un humedal o conjunto de humedales. Algunos ejemplos se listan enseguida.

4.4.4 Inventario de humedales en el Estado de Michoacán

La Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente en el estado de Michoacán una vez establecida la necesidad de desarrollar un inventario de humedales, partió de una definición de éstos ecosistemas para después establecer sus funciones y señalar los problemas a los que se enfrenta el humedal. Michoacán tiene cuatro humedales Ramsar con una superficie total de 1429 ha pero aún están como propuesta al menos cinco sitios para su inclusión internacional a sitio Ramsar (SUMA-GEM, 2009).

4.4.5 Inventario de humedales costeros en Oaxaca

Entre las acciones realizadas por diferentes comités poblacionales y autoridades para la protección y conservación del patrimonio natural de la región y mejorar su condición de vida, se planteó la caracterización de los ecosistemas para lo cual se inventariaron los recursos naturales. En particular, las costas oaxaqueñas cuentan con manglares que son sitios de anidación y reproducción de aves migratorias provenientes de Estados Unidos y Canadá, asimismo hay especies de aves en peligro de extinción y endémicas de gran importancia. Adicionalmente, parte del área del humedal se emplea para agricultura razón por la que se busca conocer y respetar el medio para continuar con una producción sustentable. Para el inventario de los recursos naturales se identificaron, seleccionaron y delimitación humedales mediante el uso de: cartas

BORRADOR PARA REVISIÓN

topográficas (para ubicar cuerpos de agua y zonas de inundación), imágenes de satélite (Landsat), Google Earth, cartas temáticas (hidrología, geología, vialidades, clima, vegetación, etc.). La información fue procesada en ArcView, primeramente digitizando los polígonos de cuerpos de agua y zonas de inundación para delimitar el área del humedal y su microcuenca. Posteriormente se digitizaron las capas tememáticas y se superpusieron sobre el polígono de la microcuenca para obtener sus propiedades. Con Google Earth se obtuvieron polígonos de la cobertura vegetal que rodean al humedal y, finalmente, se realizaron observaciones de campo (Consejo y López, 2006; Carbjal y Escalona, 2008).

4.4.6 Clasificación de los humedales de Tabasco

Barba et al. (2006) realizaron un estudio empleando Sistemas de Información Geográfica para establecer la clasificación, extensión y distribución de los humedales en el estado de Tabasco. En Tabsaco se cuenta con las zonas más extensas de humedal del país entre de los cuales destacan la Reserva de los Pantanos de Centla. Para la delimitación, Barba et al. (2006) emplearon información de hidrología superficial, edafología, uso de suelo y vegetación a escala 1:250000 utilizando el programa ArcWie 3.2 y ArcGis 9.0. La superposición de la información junto con la clasificación RAMSAR mostró que a nivel estatal la predominancia de humedales palustres seguidos por costeros de lacustre y, por último, ribereños.

4.4.7 Diagnóstico biofísico y socioeconómico de la Cuenca Lerma-Chapa

Para realizar la Cuenca Lerma-Chapala un diagnóstico completo de las condiciones naturales, identificar las causas de su deterioro y elaborar pronósticos reales sobre su evolución, el INE trabajo a nivel de cuenca como la unidad lógica para la planeación y la gestión de los recursos naturales que se refiere al conocimiento, análisis y protección de los recursos hídricos e involucra la capacidad de los suelos, la vegetación, el relieve y el impacto de la población la infraestructura civil para la producción sustentable de bienes y servicios. Se integró un Sistema de Información conteniendo más de 15 capas vectoriales, raster y alfanuméricas, entre las que se destacan: Altimetría, Hidrografía, Vías de Comunicación, Localidades, Fisiografía,

BORRADOR PARA REVISIÓN

Geología, Edafología, Uso del Suelo y Vegetación, Hidrología, Modelo Digital de Elevación e Imágenes de Satélite, Población y Economía, basados en la información geográfica digital de INEGI (Jiménez-Nava, 2008).

4.5 Marco teórico-metodológico

El análisis de los cambios sufridos en los humedales por las diferentes actividades humanas y ambientales requieren de datos ecológicos, hidrológicos y socioeconómico con características de variabilidad espacial y temporal que ayuden a comprender los requerimientos de mediciones, modelaciones y restauraciones del uso de suelo a diferentes escalas. La finalidad del análisis es monitorear y mapear los fenómenos ecológicos, hidrológicos y socioeconómicos, entre otros a diferentes escalas así como plantear diversos esquemas de manejo que contemplen los efectos de procesos naturales así como los antropogénicos en el funcionamiento del humedal. En la actualidad se tiene unadada la tendencia a manipular y desplegar datos geoespaciales, es decir, ubicandor su posición en la superficie terrestre a través de un sistema de coordenadas. Esto ha llevado a la generación de cartografía digital, al uso de la percepción remota, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), visualizadores, publicaciones en Internet y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Herramientas bajo las cuales diferentes instituciones públicas o privadas usan la información y proporcionan sus servicios.

El uso de información geográficamente referenciada o geospacial a diferentes escalas (local, estatal y nacional) permite la colaboración entre instituciones con temas relacionados, lo que ayuda a la toma de decisiones. Así, los SIG son una herramienta que proporciona soluciones apoyados en la gestión conjunta de los datos necesarios para la explotación integrada y sostenible de los recursos.

4.5.1 Sistema de Información Geográfica (SIG): principios y requerimientos

Folger (2009) define al SIG como un sistema a través del cual se puede capturar, almacenar, analizar (manejar, procesar, integrar) y desplegar información geocientífica referida a un espacio. Aunque existen sistemas (software) que integran todas las funciones de un SIG, es necesario conocer la manera en que los datos son compilados,

BORRADOR PARA REVISIÓN

las rutinas necesarias para organizarlos y como se modifican los programas para satisfacer las necesidades de un proyecto. Así, la infraestructura (hardware) básica para un SIG deberá considerar que hospedará al software propio del SIG pero además deberá contar con la capacidad requerida para el almacenamiento y procesamiento de la información y los programas para ello. Por lo anterior, se debe contemplar el uso de una semántica común así como de capacidades (infraestructura) que contribuyan a lograr una inter-operatividad. Esta misma inter-operatividad puede ser llevada a la Web a través de visualizadores los cuales facilitan el desarrollo y uso de la información geoespacial (Bernhardsen, 1999; Demeres, 2005).

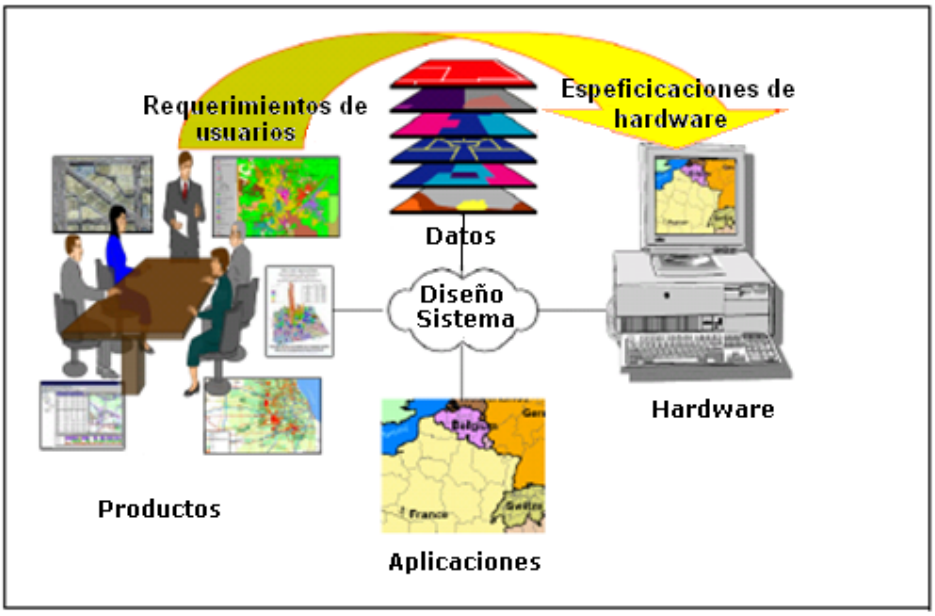
Si bien el SIG depende de un sistema computacional este requiere la construcción de una base de datos completa y confiable asociada a una referencia espacial. Es importante considerar que dicha información puede provenir de diversas fuentes con varios tipos de información o formatos referidas a una misma ubicación geográfica o bien a diferentes sitios.

Lo anterior lleva a una planeación antes de adquirir datos, al igual que definir un software y hardware. En particular, la concepción de la adopción de la tecnología en un proyecto es básica al establecer los objetivos del problema a resolver con base en responder las consultas sobre qué se obtendrá, cómo se hará y qué se requiere (Becker et al, 1996; Pedroza y Suárez-Núñez, 2003).

En resumen, el uso de un SIG requiere el diseño del sistema o plataforma, la construcción de una base de datos, la adquisición de hardware y software apropiados y la definición de aplicaciones a ser desarrolladas. También requiere que todos los componentes se instalen, integren y prueben antes de que el SIG se abra a los usuarios.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Figura 6. Partes requeridas en el diseño de un SIG.



Fuente: Peters, 2007

5 Evaluación

5.1 Condición del humedal

Al referirse al manejo de humedales conviene definir algunos términos, incluidos los de "*perturbación*", "*tensión*" (por el término stress en inglés) y "*condición*".

- ***Perturbación***. Es la consecuencia de cambios naturales en las funciones del humedal o en los factores que las controlan, en el tiempo y el espacio. Una perturbación es, consecuentemente, un cambio natural, independientemente de su frecuencia, persistencia o magnitud.

- ***Tensión/Presión/Estrés*** (stress[5]). Es la consecuencia de cambios no naturales, de origen antropogénico, en las funciones del humedal o en los factores que las controlan.

[5] Neiff et al., 2003, ofrece las siguientes definiciones:

- ***Tensores clave*** (key stressors). son acciones antropogénicas que tienden a modificar la cantidad y/o calidad del hábitat físico o biológico, el abasto de agua y/o sedimentos de las que dependen las funciones del humedal. Los impactos de los tensores incluyen, entre otros, conversión o pérdida de hábitat, cambios en los regímenes hidrológicos y geohidrológicos, contaminación e invasiones de especies adversas (flora y/o fauna).

- ***Gradientes de tensión*** resultan de la variación espacial en magnitud, intensidad o frecuencia de los tensores.

- ***Condición de un humedal***. Se define como la capacidad de un humedal para respaldar y mantener su complejidad y su capacidad para auto-organizarse (***resiliencia***) por cuanto hace a la composición de especies, características físico-químicas y procesos funcionales, esto comparado con humedales "*sanos*" de la misma clase y región.

La condición de un humedal es reflejo de la forma en que ocurren un conjunto de funciones y procesos hidrológicos. Estas funciones y procesos son generalmente el resultado de factores geomorfológicos, así como de las fuentes de agua y la dinámica de su movimiento a través del humedal (Brinson, 1993). La condición del humedal es igualmente modificada por el propio aprovechamiento de los recursos para distintos fines, dentro de los que destacan los alimenticios y medicinales (animales y plantas), de construcción (madera), extractivos (minerales, sal) y energéticos (p. ej. leña) (Terer et al., 2004). Los humedales también suelen atraer al turismo debido a que ofrecen paisajes únicos y alta riqueza biológica, lo que también influye en la modificación a la condición del sitio (Terer et al., 2004).

BORRADOR PARA REVISIÓN

- Stress: condición de energía divergente potencialmente útil de un ecosistema o un organismo. // Estado tenso que se presenta como consecuencia de una situación ambiental crítica para los organismos.
- Stressor: factor o grupo de condiciones que causan stress.
- Stress hídrico: condición de déficit hídrico de las plantas que se produce porque pierden agua más rápido por transpiración, que la que toman por sus raíces.

Es posible adoptar cuatro hipótesis de trabajo sobre las relaciones funcionales de los procesos bióticos y abióticos que determinan la condición de un humedal:

(i) Las funciones, usos benéficos y servicios que provee un humedal están determinados primordialmente por la cantidad y calidad de las fuentes de agua y biodiversidad, así como por los sedimentos que son procesados dentro del humedal o que son intercambiados entre el humedal y su entorno.

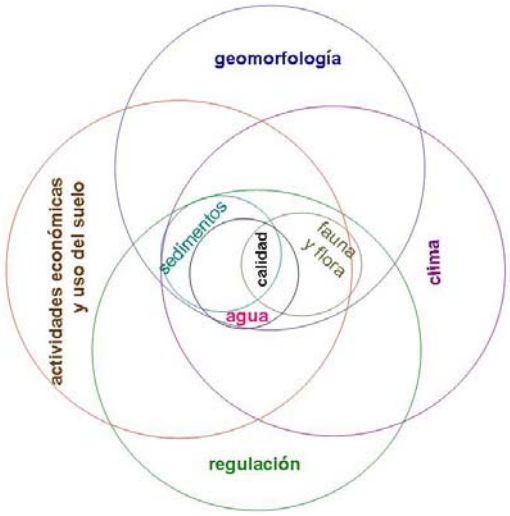
(ii) Las fuentes de agua y sedimento son controlados en última instancia por el clima, la geología y el uso del suelo.

(iii) La geología y el clima gobiernan las perturbaciones naturales, mientras que el aprovechamiento de los recursos y el uso del suelo determinan las tensiones antropogénicas.

(iv) Estos factores gobernantes son regulados significativamente por la vegetación.

Esta cuatro hipótesis se representan esquemáticamente en la Figura 6.

Figura 7. Jerarquía espacial de los factores que determinan la condición de un humedal

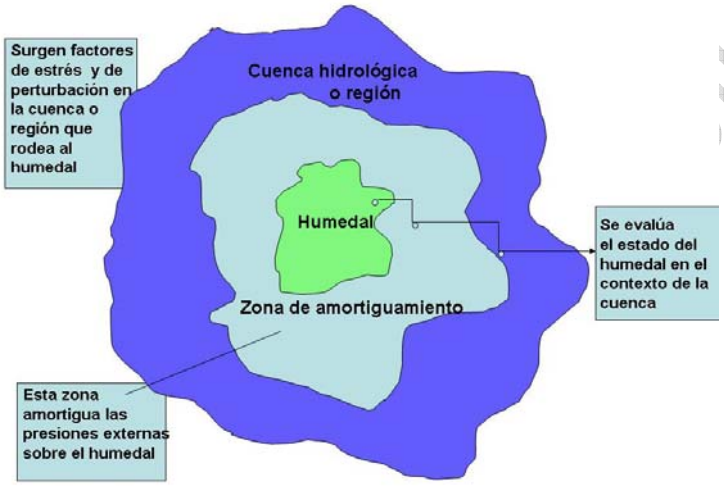


Fuente: Adaptado de Collins et al., 2004.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Por su parte la interacción entre tensores, interfases y condición del humedal puede ser ubicada dentro de una jerarquía espacial (Figura 7). La tensión/presión se origina a menudo fuera del humedal, en el entorno que lo rodea o en la cuenca dentro de la cual se encuentra. La interfase alrededor del humedal (zona de amortiguamiento) puede interceptar o amortiguar las tensiones que afectan a la condición del humedal.

Figura 8. Jerarquía espacial entre paisaje, interfase y humedal



Fuente: Adaptado de Collins et al., 2004.

Por otro lado, la definición de valor y función de un humedal es de gran importancia en un contexto regulatorio y de manejo. La definición de los términos función y valor determina la clase de información que se requiere recolectar y analizar en para la evaluación de un humedal. En gran medida, estos dos conceptos determinan las prioridades de protección y manejo. La Asociación de Administradores de Humedales en el Estado de Washington (2009) ha establecido las definiciones siguientes:

- ***Función***. Proceso natural de un humedal determinado por características internas y externas.

- ***Valor***. El significado social de un humedal para cubrir las necesidades sociales, incluidas las actitudes del público.

- ***Significado social***. Se refiere generalmente a la importancia que tiene un humedal para la gente.

- ***Oportunidad***. La relación física entre los bienes y servicios que provee un humedal y las necesidades de la sociedad. Por ejemplo un humedal capaz de almacenar un determinado volumen de agua puede tener una oportunidad considerable de reducir las pérdidas por inundaciones si se localiza aguas arriba de una población. Por contraste, un humedal situado en un páramo puede tener capacidad de almacenamiento o remover contaminantes, pero no tiene un potencial significativo si aguas abajo no existen bienes que merezcan protección. La oportunidad es difícil de evaluar debido a que la misma está determinada en un contexto temporal.

Kusler (2004) señala que existen cuatro conjuntos de características que son importantes para describir, evaluar, regular y manejar un humedal. Los cuatro conjuntos son relevantes para la definición de la función y valor de un humedal. Kusler (2004) señala también que la ambigüedad en el uso de los términos "*función*" y "*valor*", se debe a la complejidad y multiplicidad de roles que juegan los humedales para satisfacer las necesidades de la sociedad, así como al poco acuerdo que existe sobre la forma de evaluar dichos roles y sobre como reflejar estos cuatro conjuntos de valores en la toma de decisiones. Los cuatro conjuntos de valores son:

- Los procesos naturales que ocurren al interior de los humedales tales como, denitrificación, producción de biomasa y regulación del flujo. El método HGM desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos se refiere a estos procesos naturales como "*funciones*" (Ref____). De algún modo, estas características pueden medirse y describirse objetivamente por métodos como el HGM y el IBI (Índice de Integridad Biológica).

- Las características naturales al exterior del humedal que son críticas para el funcionamiento interno del mismo tales como la hidrología, el contexto

BORRADOR PARA REVISIÓN

ecosistémico, conectividad de un humedal con otros humedales y con el agua, paisaje, presencia o ausencia de zonas de amortiguamiento y otras relaciones con los recursos naturales.

- El contexto cultural del humedal en el paisaje (caminos, presas, asentamientos humanos, entre otros). A menudo estas particularidades culturales afectan las funciones naturales internas y externas. Por ejemplo, la urbanización alrededor de los terrenos que ocupa un humedal pueden incrementar sustancialmente los escurrimientos superficiales y alterar la hidrología del humedal.

- Las actitudes de la sociedad respecto de los roles o productos del humedal; por ejemplo quién valora la capacidad de almacenamiento o el hábitat de un humedal y qué tan fuerte es su posicionamiento al respecto.

Por su parte, el término valor ha adquirido con el tiempo un significado que lo distingue del concepto de función, para indicar rasgos culturales y connotaciones y valores sociales en términos de: salud y seguridad; significado histórico y cultural; educación, investigación e importancia científica; importancia estética; importancia económica y otras razones.

La selección de un método apropiado de evaluación debe considerar, en primer lugar, los criterios básicos y amplios, para avanzar luego hacia criterios progresivamente más selectivos. De este modo, es posible construir un marco general de evaluación multiobjetivo definido por su propósito, información resultante, recursos disponibles y alcances. Esta concepción posibilita combinar los parámetros de información (resultado y propósito) con los parámetros logísticos para la integración del INH (financiamiento disponible y alcance geográfico), a fin de presentar una metodología realista y determinar de qué métodos se dispone para su aplicación en México.

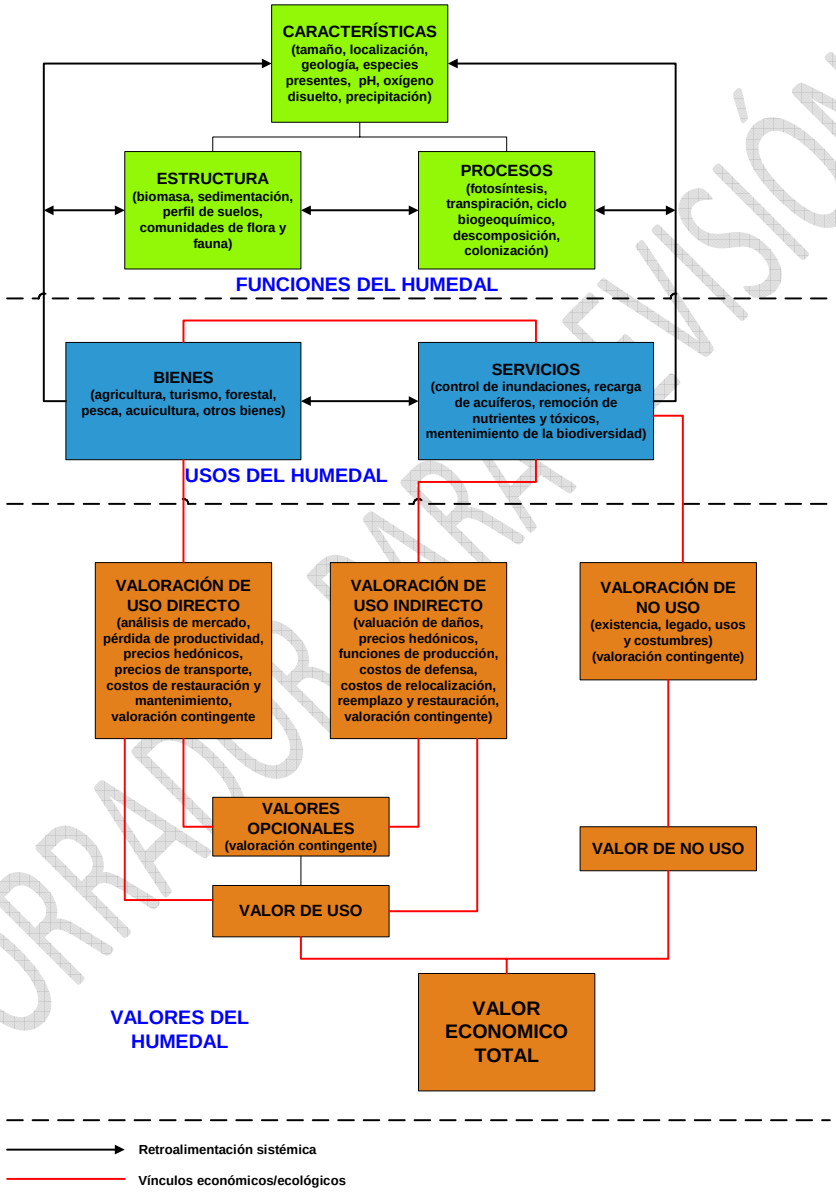
5.2 Funciones, usos y valoración

El proceso inventario-evaluación-monitoreo está ligado al objetivo de determinar las acciones que debieran ser incorporadas a un plan de manejo con fines de protección, conservación, restauración y/o aprovechamiento sustentable de un humedal, a partir

BORRADOR PARA REVISIÓN

de ciertas condiciones iniciales que lo caracterizan en términos de las funciones que provee, los usos a que está sujeto y los valores asociados a los beneficios que genera (Figura 8).

Figura 9. Interrelación Función-Uso-Valor



Fuente: Adaptado de Turner et al., 2000

De acuerdo con la parte superior de la figura anterior, las funciones de un humedal están determinadas por los procesos (transformación de materia y energía) que están

asociados a sus características y estructura. La interacción de la hidrología y geomorfología, la saturación del suelo y la vegetación, determinan con mayor o menor precisión las características y relevancia de los procesos que ocurren en un humedal determinado. Estos procesos facilitan el desarrollo y mantenimiento de la estructura del humedal que, a su vez, es factor clave para la producción bienes y servicios. En suma, las funciones ecosistémicas de los humedales resultan de la interacción entre sus características, estructura y procesos, así como de los factores socioeconómicos que promueven el cambio ambiental.

La parte intermedia de la Figura 8, asociada al uso de los humedales, constituye la interfase entre las funciones de los humedales y su valoración (económica y no económica). La valoración de un humedal proporciona los elementos necesarios para formular, negociar e implementar planes de conservación y manejo orientados hacia su protección, conservación, restauración y uso sostenible. De acuerdo con la misma Figura 8, las funciones de los humedales adquieren un valor específico al surgir una demanda de bienes y servicios que derivan de dichas funciones, incluidos ciertos valores de no uso (por ejemplo, estéticos y culturales).

A menudo se supone que los humedales no debieran valorarse económicamente debido a la trascendencia de sus funciones ecológicas y procesos ecosistémicos involucrados. Sin embargo, tal valoración se realiza cotidianamente de facto. Cuando alguien decide sustituir o degradar un humedal por el avance de cualquier mancha urbana, por el desarrollo de un proyecto inmobiliario o turístico, por la sobre-explotación mono-específica de algún recurso natural existente en este ecosistema y otros, lo que realmente está sucediendo es que sí se está valorando económicamente a dicho humedal, pero con un valor igual a cero, entonces dicho humedal siempre tendrá un valor económico mayor ante cualquier alternativa de uso (directo o indirecto) al registrar éstos cifras positivas. Por ello, para que la conservación ecológica de cualquier humedal y su aprovechamiento adecuado sea, además de conveniente desde el punto de vista ecosistémico, debe registrar una evidente viabilidad

BORRADOR PARA REVISIÓN

económica con valores positivos superiores a los de las otras opciones de uso: sobre-explotación o sustitución parcial o total de dicho ecosistema.

El proceso inventario-evaluación-monitoreo debe, consecuentemente, considerar, bajo el mismo enfoque multiescalar y jerarquizado, el conjunto de variables y los niveles de detalle necesarios para una evaluación económica y social adecuada, conducente de los planes de manejo que en su caso correspondan. En cada escala, la dimensión económica en términos de uso del suelo, conversión de usos del suelo y "*silvicultura*" de los humedales, así como en términos del costo ambiental por ser (también de facto) "*depósitos pasivos*" de descargas de aguas residuales, residuos municipales, residuos peligrosos y materiales procedentes de procesos erosivos, resulta importante. La importancia y el valor económico de los humedales ante una probable mayor frecuencia y mayor intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos resulta igualmente clave de considerar y estimar, con objeto de añadir valor económico a su trascendencia ecológica.

5.3 Tipos de evaluación

El primer paso para una evaluación es la definición de su propósito. La Convención RAMSAR (2005) señala que existe una amplia gama de tipos y métodos de evaluación de humedales en términos de la aplicación de la Convención. Señala además que cada uno de estos métodos es válido y está diseñado para diferentes propósitos y situaciones, cada una de ellas relacionadas entre sí. Entre los tipos de evaluación se incluyen los siguientes:

(i) ***Evaluación ambiental estratégica***: proporciona un marco o contexto que ayuda a determinar la necesidad y los parámetros a considerar en *evaluaciones de impacto ambiental* específicas de proyectos conexos, centrándose en cuestiones clave, riesgos prioritarios y oportunidades.

(ii) ***Evaluación del impacto ambiental****:* ayuda a determinar los parámetros y la necesidad de llevar a cabo *valoraciones de humedales, así como evaluaciones de vulnerabilidad y el riesgo.*

BORRADOR PARA REVISIÓN

(iii) ***Evaluaciones de vulnerabilidad y riesgo***: ayudan a definir referencias, límites de tolerancia, magnitud y probabilidad de impactos, medidas de mitigación o medidas para reducir el riesgo de degradación de los humedales así como otros elementos que se pueden utilizar en la *evaluación del impacto ambiental*.

(iv) ***Valoración de humedales***: (beneficios/servicios de los ecosistemas, como aprovisionamiento, regulación y culturales), puede proporcionar información para ayudar a expresar los beneficios que se obtienen de los humedales y así servir de apoyo a los conceptos que ofrece la *evaluación de vulnerabilidad y riesgo*.

(v) ***Evaluación rápida de la biodiversidad***: ofrece información útil para la *evaluación del impacto ambiental* y de apoyo a la *evaluación de vulnerabilidad y riesgo*, así como para determinar los elementos de la biodiversidad que podrían utilizarse en la *valoración de humedales*.

(vi) ***Evaluación de impacto neto:***, en términos del beneficio ambiental económico neto, permitiría incorporar criterios adicionales para la formulación de planes de manejo y conservación.

5.4 Evaluación rápida de humedales

Las limitantes que la información impone, así como la limitación de recursos y la necesidad imperativa de atender la problemática que enfrentan los humedales del país, hacen de la ***evaluación rápida*** una herramienta fundamental dentro del INH. De hecho, la Convención RAMSAR señaló la necesidad de elaborar directrices para la evaluación rápida de la diversidad biológica de los humedales y de sus funciones, con el fin de monitorear los cambios de sus características, mediante el uso de indicadores, para ecosistemas interiores, costeros y marinos[6].

[6] El Grupo de Examen Científico y Técnico (GECT) de RAMSAR, dentro de la 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales, en su Resolución IX.1 Anexo E, incorpora directrices para la evaluación rápida de la biodiversidad de los humedales continentales, costeros y marinos. Asociado con esto, el Comité sobre la Diversidad Biológica ha

BORRADOR PARA REVISIÓN

RAMSAR (2005) define la evaluación rápida como: "*una evaluación sinóptica, que a menudo se lleva a cabo en calidad de urgente, en el menor tiempo posible, para producir resultados aplicables y confiables con un propósito definido*". Por su parte, la metodología de evaluación rápida desarrollada para los humedales de California, Estados Unidos, la define como "*una evaluación rápida, científicamente sustentada y repetible, que puede ser aplicada rutinariamente en programas de evaluación y monitoreo de humedales*" (Collins et al., 2004). Asimismo se menciona que la CRAM (por su sigla en inglés, California Rapid Assessment Methodology) debiera ser aplicable a todo tipo y región de humedales, aún cuando debiera también permitir su adaptación para abordar características especiales de las diferentes regiones y humedales.

5.4.1 Aspectos metodológicos

Un aspecto que define a una metodología de evaluación rápida es su costo-efectividad, llevada a distintas escalas, desde humedales específicos, hasta complejos de humedales, regiones de humedales y cuencas hidrográficas. La evaluación rápida puede enfocarse a:

- La identificación preliminar de las condiciones y tensores de los humedales, a efecto de confirmar una jerarquización inicial y determinar las necesidades de un monitoreo más intensivo en aquéllos humedales que se confirmen como prioritarios.
- La formulación de planes de conservación y manejo.

BORRADOR PARA REVISIÓN

---

elaborado documentos relativos a las directrices del CDB sobre evaluación rápida, los cuales contienen una serie de tablas metodológicas y estudios de caso para apoyar la implementación de la orientación general sobre evaluación rápida. Estas directrices se centran en la evaluación de la diversidad biológica a escala de especies y comunidades. Sin embargo, también se hace referencia a las herramientas que ayudarán a la evaluación de los ecosistemas de humedales. Estas directrices no brindan orientación metodológica para evaluar de manera rápida toda la gama de los valores socioeconómicos o culturales de la diversidad biológica de los ecosistemas de humedales.

- La evaluación del progreso alcanzado por los planes de conservación y manejo respecto de la condición del humedal en cuestión y su comparación con condiciones de referencia[7] y las condiciones ambientales esperadas.

En términos generales, la evaluación debe estar sustentada en una metodología científicamente válida, pero suficientemente pragmática para poder ser aplicada de manera amplia y con orientación a obtener información necesaria para el manejo del humedal (Turner et al., 2003). El enfoque que se adopte depende, fundamentalmente del tiempo y recursos disponibles. RAMSAR (2005) distingue cinco propósitos específicos para realizar una evaluación rápida:

(i) Inventario de base (también llamado evaluación del inventario).

(ii) Evaluación particular de una especie.

(iii) Evaluación del cambio.

(iv) Evaluación de indicadores.

(v) Evaluación de los recursos económicos.

Algunos métodos de evaluación rápida, incluida la teledetección, pueden ser aplicables a nivel de ecosistema/humedal como hábitat, en particular para las evaluaciones rápidas del inventario. Con un esfuerzo analítico adicional, es posible desarrollar métodos de evaluación rápida a escala de ecosistema.

Además de la evaluación de los componentes bióticos de la diversidad biológica, es importante también recopilar información sobre los rasgos socioeconómicos y culturales de la población en estas regiones con alta diversidad biológica, aunque una evaluación completa del valor económico queda, por lo general, totalmente fuera del ámbito de una evaluación rápida.

BORRADOR PARA REVISIÓN

[7] A partir de experiencias registradas en países con estudios de más tiempo o en sitios de investigación científica con reportes a nivel de publicación, aún cuando se reconoce que tales experiencias abarcan períodos de tiempo cortos.

Como parte de una evaluación rápida de inventario o una evaluación de riesgos, puede resultar útil elaborar una nota inicial sobre las características socioeconómicas y culturales pertinentes del sitio de estudio incluida:

- La composición demográfica general y los índices de marginación.
- Las principales actividades económicas.
- La percepción de conflicto a nivel local.
- La cultura cívica o de participación.

Lo anterior puede ofrecer un indicio de los cambios probables en la base de los recursos naturales y puede utilizarse para indicar cuáles son los rasgos que deben someterse a una evaluación de seguimiento más detallada.

En muchas evaluaciones rápidas no es posible evaluar completamente las amenazas, o presiones, que pesan sobre la diversidad biológica. No obstante, al igual que para los rasgos socioeconómicos y culturales, puede resultar de utilidad realizar una evaluación provisional de las categorías de las amenazas, a fin de identificar hacía dónde sería necesario dirigir la atención de cualquier evaluación ulterior.

En la Figura 9 se esquematiza el marco metodológico para conducir una evaluación rápida, donde se distinguen dos niveles de actuación, central y regional, para llevar a cabo diez pasos agrupados en cuatro fases (diseño metodológico inicial, verificación, calibración y validación).

BORRADOR PARA REVISIÓN

Figura 10. Marco metodológico para la evaluación rápida

Equipo central

- **Identificar atributos generales de la condición del humedal**
- **Determinar formas de medición de los atributos generales**
- **Identificar funciones y tensores claves**
- **Elaborar escalas de medición para los atributos**

Equipos central y regionales

- **Verificar atributos, formas de medición y escalas**
- **Desarrollar lista de control para identificar cada tensor clave**
- **Calibrar formas de medición y atributos**
- **Validar formas de medición y atributos**
- **Revisión de expertos externos al proyecto**
- **Difusión, educación y capacitación**

Nota: Tensores clave son las acciones antropogénicas que tienden a modificar la cantidad y/ calidad del hábitat físico o biológico, y el abasto de agua y/o sedimentos de las que dependen las funciones del humedal. Los impactos de los tensores incluyen, entre otros, conversión o pérdida de hábitat, cambios en los regímenes hidrológicos y geohidrológicos, contaminación e invasiones de especies (flora y/o fauna) adversas. Los gradientes de tensión resultan de la variación espacial en magnitud, intensidad o frecuencia de los tensores.

Fuente: Adaptado de Collins et al., 2004

- ***Diseño metodológico inicial***[8]. En esta fase se definen los criterios y modelos conceptuales clave. Se identifican los atributos generales que definen la condición de un humedal. Se determinan los indicadores que describirán los distintos atributos del humedal y la forma en que se cuantifican o miden dichos indicadores. Esta fase involucra un proceso de discusión y análisis conjunto entre especialistas de distintas áreas de conocimiento, con una primera verificación gruesa para validar las hipótesis de partida.

- ***Verificación***. El propósito general de esta fase es el de proporcionar una evaluación general de los indicadores propuestos y la validez de la forma en que son cuantificados, en términos de:

[8] Esta fase es fundamental y se considera que la experiencia de los investigadores de la UNAM es determinante.

BORRADOR PARA REVISIÓN

(i) Su alcance y pertinencia.

(ii) Su respuesta frente a variaciones obvias de la condición del humedal.

(iii) Su capacidad de proporcionar resultados similares para humedales que están sujetos a tensores/amenazas similares.

(iv) Su tendencia a repetir los mismos resultados estacionales e independientes de las personas que los miden.

Para cada atributo o característica seleccionada, la verificación se lleva a cabo en un conjunto de humedales seleccionados por representar condiciones extremas (valores altos y bajos de un determinado tensor o conjunto de tensores). La forma de cuantificar o medir cada indicador se evalúa en términos de la posibilidad de discernir entre humedales de distinta condición y tensión. La verificación implica la determinación de una primera "muestra" de humedales que reflejen las distintas condiciones que se considere prioritarias.

- ***Calibración***. El objetivo de la calibración es el de verificar la viabilidad de poder medir los valores (numéricos o cualitativos) de los distintos indicadores y su capacidad para medir condiciones mutuamente excluyentes y reconocer condiciones semejantes. La calibración se sustenta en información existente que permita representar el espectro de condiciones y su gradiente[9] espacial a lo largo del tiempo.

- ***Validación***. El propósito de la validación es el de comprobar la eficacia de la metodología calibrada y revisar los resultados de la calibración mediante la verificación en campo de la certidumbre de estas mediciones. Esta fase implica la aplicación de los indicadores seleccionados y ajustados con los resultados de la calibración, en una segunda muestra de humedales, que sea estadísticamente representativa de la primera. Idealmente y con un criterio de objetividad, la validación implica un trabajo de campo más intenso realizado por un equipo

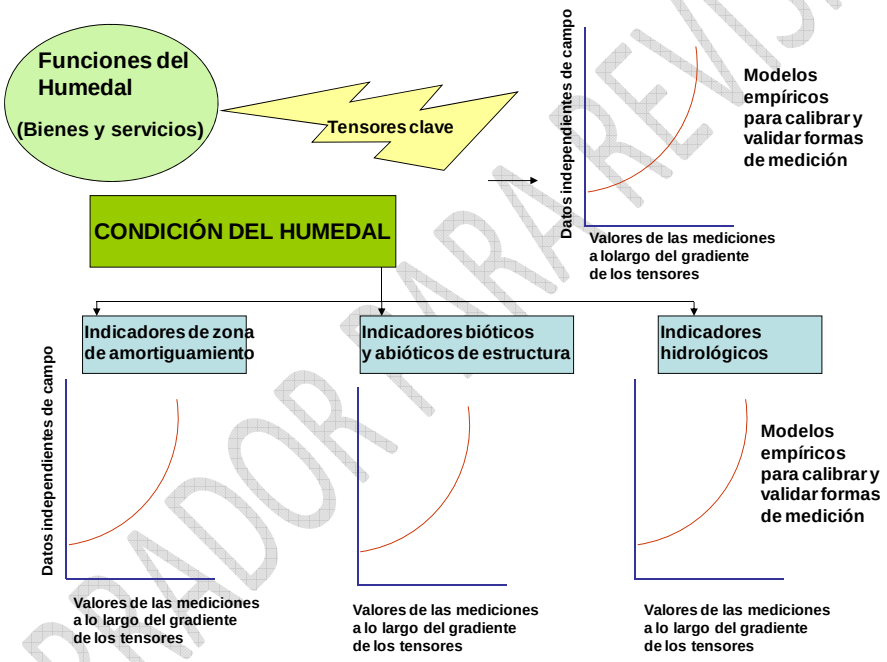
[9] El término gradiente significa en este contexto variabilidad o tendencia temporal.

BORRADOR PARA REVISIÓN

independiente, a efecto de comprobar la validez de la metodología de evaluación rápida desarrollada.

El marco metodológico así expuesto, permite identificar y explicar los factores que relacionan las funciones, bienes y servicios relevantes de los humedales y la condición de los mismos asociada a un conjunto de tensores/amenazas presentes, a través de un conjunto de indicadores que al ser calibrados y validados, pueden ser adoptados como estándar para los fines del INH (Figura 10).

Figura 11. Aplicación y resultados de la evaluación rápida



Fuente: Adaptado de Collins et al., 2004

BORRADOR PARA REVISIÓN

Análisis de actores interesados

Como parte fundamental de la evaluación rápida, es recomendable realizar un análisis de actores o partes interesadas (*stakeholder analysis*[10]). El análisis de partes o actores

[10] El término inglés "stakeholder" tiene su origen en el siglo XVII y se refería a terceras personas encargadas de conducir apuestas (Ramírez, 1999). Actualmente se utiliza para referirse a las personas o

interesados es una herramienta que se ha utilizado con diversos fines en distintos ámbitos, donde destacan la administración de empresas, análisis de políticas públicas y manejo de recursos naturales. Una definición de análisis de actores la brinda Reed et al. (2009) como un proceso que i) define los aspectos de un fenómeno natural o social que se ve afectado por una decisión o acción, ii) identifica individuos, grupos y organizaciones que se ven afectados o pueden afectar ciertas partes del fenómeno (esto incluye entidades no humanas y no vivientes, así como generaciones futuras), y iii) prioriza a estos individuos o grupos para su involucramiento en el proceso de toma de decisión.

El manejo de los recursos naturales se enfrenta invariablemente a la contraposición de intereses de distintos actores. Esto se debe a que el mismo recurso se puede utilizar para distintos propósitos. Típicamente, el diseño de leyes, normas y programas de manejo tiende a excluir a ciertos individuos u organizaciones, dada la asimetría en la capacidad de influencia sobre las decisiones. Por lo tanto, los dos motivos principales para realizar un análisis de actores en el manejo de recursos naturales es identificar a aquellos actores clave que pueden tener influencia sobre algún fenómeno determinado (actores poderosos o influyentes) y al mismo tiempo involucrar en el proceso de toma de decisión a aquellos actores que no cuentan con el mismo nivel de influencia (actores marginados ya sea por pobreza, ubicación geográfica o capacidad limitada de negociación), pero que se ven afectados por los fenómenos o las decisiones que se tomen sobre los recursos que usan. De esta manera, se puede mitigar el riesgo de conflictos o por lo menos aprovechar el conflicto como agente de cambio social mediante mecanismos de negociación oportunos (Ramírez, 1999).

Los motivos del análisis de interesados pueden ser descriptivos (¿quiénes son los actores clave y por qué?), normativos (¿quiénes deben estar involucrados en la toma de decisiones y de qué manera?) e instrumentales (¿cuáles actores son capaces de lograr cambios). La figura yy brinda un esquema de las razones, tipos y métodos de

---

grupos con interés o capacidad de influencia sobre algún fenómeno, evento o cosa. La traducción al español más aceptada es *parte interesada* o *actor interesado*.

BORRADOR PARA REVISIÓN

para realizar un análisis de actores (Reed et al., 2009). Los pasos a seguir en el análisis de actores se dividen en:

(i) Identificación de actores: normalmente es un proceso iterativo, lo que quiere decir que la identificación de unos actores lleva al conocimiento de otros actores y así sucesivamente. Es necesario tener una clara comprensión del fenómeno o tema que se está investigando –establecer el sistema[11]- antes de identificar actores para evitar generar listas interminables de posibles actores interesados en una decisión o fenómeno.

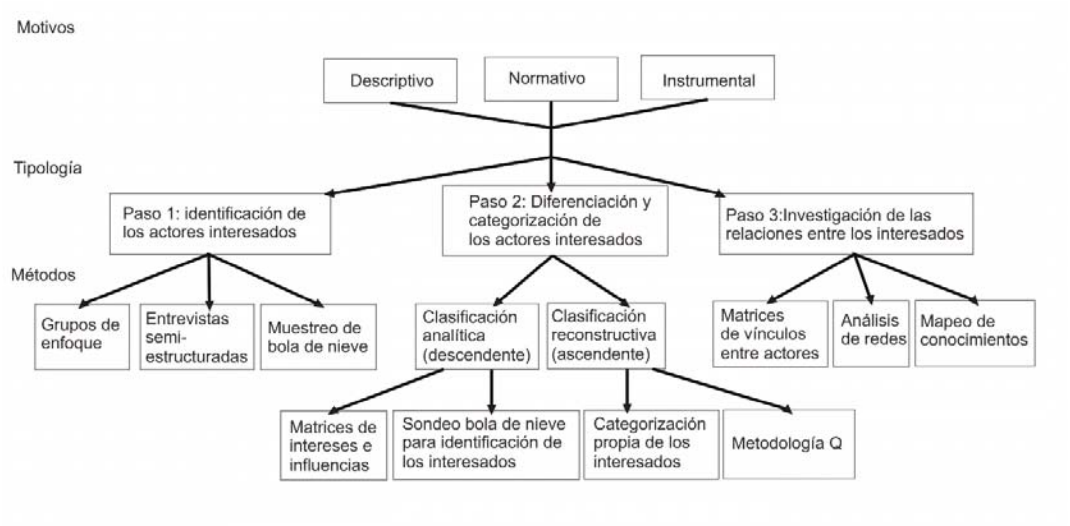
(ii) Diferenciación y categorización: Para comprender el grado de interés, afección y capacidad de influencia de los actores identificados, es necesario llevar a cabo un ejercicio de categorización que puede ser de dos formas: categorización analítica "arriba hacia abajo", es decir que los propios responsables de realizar el análisis de actores ya cuentan con categorías predefinidas de acuerdo a los objetivos de la investigación, o de manera reconstructiva, de "abajo hacia arriba", en donde los propios actores generan categorías y colocan a los demás interesados.

(iii) Investigación de relaciones entre actores: Un análisis de actores no está completo si no se identifica el tipo de relación entre los diversos actores, si es tendiente a la cooperación o a la rivalidad, y que tan cercana o lejana aparenta ser. Esto es necesario para poder identificar formas de acercamiento y negociación para la toma de decisiones.

BORRADOR PARA REVISIÓN

[11] Para una excelente exposición de la investigación interdisciplinaria de sistemas complejos, ver García (2006). García define al sistema como: "[U]na representación de un recorte de la realidad. Los elementos con los cuales se constituye este recorte expresan abstracciones y conceptualizaciones del *material empírico* (observaciones, hechos, procesos) tomado del dominio de la investigación." Es decir, el sistema no es la realidad sino un trozo de la misma, deliberadamente extraído para fines analíticos. Para que un sistema sea complejo, los procesos que determinan su funcionamiento interactúan de manera no lineal y por lo tanto, "no es descomponible, sino sólo semi-descomponible" (García, 2006: 182).

Figura 12. Representación esquemática de los motivos, tipología y métodos para llevar a cabo un análisis de actores interesados.



Fuente: Adaptado de Reed et al. (2009)

Al igual que con los modelos de investigación y evaluación presentados anteriormente, el grado de profundidad y robustez de un análisis de actores depende de los recursos disponibles. La ventaja es que muchas técnicas de investigación empleadas para realizar un análisis de actores pueden realizarse con relativamente pocos recursos materiales y financieros (ver tabla yy), ya que se basan en técnicas participativas de investigación que aprovechan el conocimiento y destrezas de los propios actores locales.

BORRADOR PARA R

Tabla 3. Recursos necesarios, fortalezas y debilidades de distintos métodos para realizar análisis de partes interesadas.

Método	Descripción	Recursos	Fortalezas	Debilidades
Grupos de enfoque	Un pequeño grupo de interesados	Moderación de alta calidad, alquiler de	Rápido y adaptable. Es particularmente útil para la	Ya que es menos estructurado que otras alternativas,

Método	Descripción	Recursos	Fortalezas	Debilidades
	genera lluvia de ideas acerca de sus intereses y otros atributos que pueden ser categorizados.	espacios, comida y bebidas, material que facilite el trabajo, como papel para rotafolio, notas adhesivas, etc.	generación de datos sobre cuestiones complejas que requieren discusiones para desarrollar entendimiento.	se debe contar con buenos moderadores para obtener resultados óptimos.
Entrevistas semi-estructuradas	Entrevistas con interesados clave para complementar datos del grupo de enfoque.	Tiempo para entrevistas, transporte, audio grabaciones.	Útil para profundizar en las relaciones entre los interesados y para triangular los datos colectados en los grupos de enfoque y otras herramientas.	Requiere de mucho tiempo, razón por la cual se le considera de alto costo. Puede ser difícil alcanzar un acuerdo general sobre los interesados a entrevistar.
Muestreo bola de nieve	Los individuos identificados inicialmente son entrevistados. Éstos a su vez indican qué otras personas deben ser entrevistadas o involucradas. Se pueden establecer nuevas categorías de entrevistados.	Identificación sucesiva de contactos para entrevistas.	Programación de entrevistas sencilla. Menos entrevistados se reúsan a contestar (porque fueron contactados a través de una referencia).	La muestra puede estar sesgada por las redes sociales de os primeros contactos.
Matrices de	Los interesados	Se puede hacer	Con él se puede	La asignación de

BORRADOR PARA REVISIÓN

Método	Descripción	Recursos	Fortalezas	Debilidades
intereses e influencias	son colocados sobre una matriz según su interés relativo e influencia.	dentro del grupo de enfoque o individualmente a cada entrevistado. El equipo investigador puede hacer su propia matriz.	priorizar a los interesados que deben ser incluidos. Se hace explícita la dinámica de poder e influencia.	prioridades puede marginar a ciertos grupos. Asume categorías de interesados sobre la base de influencia/intereses.
Categorización de interesados por ellos mismos	Los mismos interesados clasifican a otros interesados en categorías definidas previamente o en el grupo.	Igual al método de entrevistas semi-estructuradas.	Las categorías de los interesados se basan en percepciones de ellos mismos.	Los distintos interesados pueden ser ubicados en las mismas categorías por los entrevistados, lo que se pueden generar categorías con poco valor analítico.
Metodología Q	Se solicita a los interesados que ordenen afirmaciones elaboradas previamente según qué tanto están de acuerdo.	Tarjetas u otros materiales para apuntar declaraciones; tiempo de la entrevista, el transporte entre las entrevistas.	Diferentes discursos sociales que rodean un problema pueden ser identificados y los individuos pueden ser categorizados según como encajen en cada uno de estos discursos.	No se pueden identificar todos los posibles discursos, sólo los exhibidos por los entrevistados.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Método	Descripción	Recursos	Fortalezas	Debilidades
Matrices de vinculación entre actores	Las partes interesadas se colocan en matrices de dos dimensiones y sus relaciones se describen utilizando códigos	Se puede hacer dentro de un grupo de enfoque (ver arriba), o individualmente por las partes interesadas durante las entrevistas (ver arriba) o por un investigador.	Relativamente fácil, se requiere de pocos recursos.	Puede ser muy confuso y difícil de definir el tipo de vínculos y descripciones.
Análisis de redes sociales (ARS)	Se utiliza para identificar las relaciones entre actores interesados mediante el uso de entrevista estructurada/ cuestionario.	Entrevistador/a, cuestionarios, la formación en el enfoque, análisis de datos, tiempo, software.	Adquirir conocimiento de los límites de de la red de los interesados, la la estructura de la red; identifica influencias de las partes interesadas y actores marginales interesados.	Tiempo; el cuestionario puede ser un poco tedioso para los entrevistados; necesidad de especialistas en el método.
Mapeo de conocimientos	Utilizada en conjunto con ARS; consiste en entrevistas semi-estructuradas para identificar	Mismos que para entrevistas semi-estructuradas.	Se identifican a los interesados que trabajan bien juntos, así como aquellos que pueden generar discusiones interesantes.	Las necesidades de conocimiento todavía no pueden ser encontradas debido a la diferencias en los niveles de conocimiento de

BORRADOR PARA REVISIÓN

Método	Descripción	Recursos	Fortalezas	Debilidades
	las interacciones sociales y el conocimientos.			cada interesado participante.
Actores marginados al centro ("Radical transactiveness")	Se hace un muestreo bola de nieve para identificar a los interesados marginados y se desarrollan estrategias para atender sus preocupaciones.	Gente capacitada y tiempo.	Identifica ciertos interesados y a los problemas que de otra manera podrían ser omitidos y reduce al mínimo los riesgos de alcanzar el éxito de un proyecto futuro.	El método es muy tardado y por lo tanto costoso.

Fuente: Adaptado de Reed et al. (2009)

BORRADOR PARA REVISIÓN

Como mínimo, en el ámbito de la evaluación rápida de humedales es recomendable realizar un análisis con los siguientes elementos (Ramírez, 1999 y Adger y Luttrel, 2000):

- Mapeo de usuarios, sus intereses y prioridades.
- Mapeo de instituciones públicas y privadas responsables del manejo y conservación de los humedales
- Análisis de planes de manejo y conservación existentes en la zona
- Identificación y evaluación de instancias de participación ciudadana (consejos asesores de ANP, consejos de cuenca) y su funcionamiento
- Tendencias en el cambio de uso de suelo
- Regímenes de propiedad (privada, social, de uso común)

Este análisis corto debiera arrojar como sus principales productos una evaluación de riesgo de conflictos (Ramírez, 1999) y una identificación de usuarios característicos que puedan participar en las etapas subsecuentes de monitoreo, planeación y ejecución de planes de manejo.

Usuarios, valores y perspectivas

Como ya se explico anteriormente, los humedales son zonas cuyos recursos son aprovechados de manera diferente por una gran gama de actores. Turner et al. (2000), identifica al menos 9 categorías de usuarios:

- Usuarios directos extensivos (usuarios "tradicionales"),
- Usuarios directos intensivos,
- Explotadores directos,
- Productores agropecuarios,
- Extractores de agua,
- Asentamientos humanos cercanos a los humedales,
- Usuarios indirectos (aquellos que se benefician de los servicios ecosistémicos),
- Grupos de conservacionistas y
- No usuarios (que atribuyen un valor de no uso, a raíz del reconocimiento de valor intrínseco de los humedales).

Cabe destacar que el tipo de uso se traslapa dentro de las categorías. Un usuario directo extensivo puede ser también un productor agropecuario que, por un lado, aprovecha los recursos acuáticos para su subsistencia, como la pesca, pero que también puede ser un agricultor o ganadero que activamente transforma zonas de humedales a tierras agropecuarias.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Los distintos usuarios y otros individuos o grupos interesados (como gobierno o instituciones locales) tienen, entonces, distintas preferencias sobre el uso y manejo de los recursos, por lo tanto, sus perspectivas sobre los mismos son diferentes. Durand (2008), elabora una definición de perspectiva ambiental con base en conceptos de la psicología y la antropología social. Para la autora, la perspectiva ambiental se conforma tanto por la percepción de la naturaleza, como por la interpretación de quien percibe. La percepción se refiere a los estímulos sensoriales que se desatan a través del contacto con el ambiente, mientras que la interpretación implica el procesamiento de estos estímulos de acuerdo a la experiencia individual.

Las diferencias en interpretación sobre los recursos naturales y la calidad ambiental se derivan de los aspectos culturales, sociales y económicos de la historia personal y de la vida diaria de los distintos individuos y grupos sociales que pueden llegar a entrar en contacto en un proyecto de manejo de recursos naturales. Para Habermas (1987), estos aspectos son los elementos que conforman el *Lebenswelt,* o mundo-vida en español, de las personas. El mundo-vida dista de ser un sistema racional de pensamiento y acción, sino más bien se enfoca en la identidad compartida, la imaginación, los valores, las prioridades e intereses personales y la acción colectiva de los grupos que comparten una manera de ver y entender el mundo.

Los valores sobre los recursos naturales son parte fundamental de la diferencia en interpretación. Winter (2005) nos recuerda que existen dos tipos de valor relevantes para el manejo de recursos naturales: los instrumentales e intrínsecos. Un objeto tiene valor instrumental en tanto que se percibe como un medio para alcanzar otro objetivo. Por lo tanto, el valor instrumental se refiere al uso o no uso de los recursos naturales. El valor intrínseco es aquel que se le otorga a un recurso u objeto por si mismo, sin necesidad de relacionarlo con un uso posterior. Por lo tanto, la naturaleza puede tener tanto valor intrínseco como instrumental. La asignación de valores responde principalmente a los grupos o individuos que le estén asignando un valor determinado y no necesariamente reflejan valores universales sobre la calidad ambiental o el mejor uso de un recurso determinado. Es por ello que los humedales pueden representar una

BORRADOR PARA REVISIÓN

complejísima gama de perspectivas, intereses y valores que determinan en gran medida la actitud y comportamiento de los distintos grupos sociales hacia los recursos en cuestión (Buttel, 1987, Winter, 2005).

5.4.2 Conocimiento local

Una contribución importante al desarrollo de una metodología de evaluación rápida se refiere a la conveniencia de integrar a la misma el conocimiento ecológico local, como un recurso adicional para enriquecer y complementar la información existente. El conocimiento ecológico local puede complementar la información científica en los siguientes aspectos (Robertson y McGee, 2003):

- Descripciones sobre el impacto de proyectos de manejo anteriores
- Información ecológica histórica (en algunos sitios, la historia oral puede ser la única fuente de información histórica)
- Monitoreo de especies
- Observaciones del impacto de ciertas prácticas agropecuarias sobre los sitios
- Requerimientos ambientales de la flora y la fauna del sitio

Además de enriquecer el acervo informativo, el involucramiento de los actores locales desde las fases iniciales de los proyectos, constituye un mecanismo mitigador de potenciales conflictos y puede generar mejores políticas de manejo al incorporar los intereses y perspectivas de los actores locales, así como lograr una mayor aceptación de los cambios de políticas de manejo (Kapoor, 2001). El Manual de Manejo de Humedales de RAMSAR (RAMSAR, 2004) indica que la inclusión de los interesados locales debe realizarse desde las primeras etapas de diseño de los planes de manejo a fin de incorporar el mayor número de intereses y perspectivas posibles.

6 Monitoreo

El monitoreo se define como "*un proceso de medición del cambio en las condiciones ecológicas de un humedal durante un determinado período de tiempo*" (RAMSAR, Anexo a la Resolución 5.6, 2005). El monitoreo se diferencia de un reconocimiento

BORRADOR PARA REVISIÓN

general en que existe un motivo concreto y un método para recoger datos particulares o información.

El monitoreo puede tomar muchas formas y puede acompañar toda clase de programas de manejo ambiental, en todas las etapas de un determinado proyecto (Finlayson y Mitchell, 1998). Aún bajo el sistema de manejo ambiental más benigno, el monitoreo es necesario en varias etapas. La intensidad y el rigor de un programa de monitoreo depende a menudo de la probabilidad de impactos o cambios adversos identificados por evaluaciones de impacto ambiental entorno de impacto así como los resultados posteriores de la vigilancia y/o monitoreo. La extensión del monitoreo puede depender también de factores políticos y de la disponibilidad de recursos que a su vez puede depender, al menos en parte, del nivel de la degradación y el valor del sitio. Pero sobre todo, el monitoreo es un proceso iterativo, ligado intrínsecamente al manejo de un humedal. En un sentido general, el monitoreo ambiental se focaliza en los cambios o falta de cambios que ocurren a lo largo del tiempo y en lugares particulares. Se construye a partir de las labores de reconocimiento, inspección y vigilancia, pero es más preciso que la inspección o la vigilancia y está orientado a objetivos y metas específicas (Hellawell, 1991).

La efectividad y complejidad de un programa de monitoreo puede variar considerablemente. Un programa de monitoreo efectivo no es necesariamente complejo, ni costoso. La efectividad puede ser medida por la relevancia y oportunidad de los datos o la información recolectados, más que por la complejidad del diseño del monitoreo. Los enfoques sencillos de monitoreo pueden ser muy efectivos y económicos, si son bien diseñados; igualmente, un programa de monitoreo complejo y costoso no constituyen necesariamente un programa efectivo. El desafío consiste entonces en definir lo que se requiere para lograr metas y objetivos predeterminados, y posteriormente tratar de cumplir con las expectativas establecidas.

En esencia, el monitoreo es un proceso que proporciona información para fines de manejo y conservación. La información derivada del monitoreo proporciona una

BORRADOR PARA REVISIÓN

plataforma sobre la cual se basan y son evaluadas las acciones de manejo. Conforme a esto, las razones principales para establecer un programa de manejo incluyen:

(i) Para caracterizar las variaciones en respuestas de humedales a la variabilidad natural en el ambiente.

(ii) Para reunir los datos de línea de base en humedales como parte de procesos de inventario.

(iii) Para detectar cambios actuales o potenciales en las características ecológicas de un humedal, se necesita una labor periódica de monitoreo.

La Convención RAMSAR ha incorporado distintas experiencia para desarrollar un marco de referencia que puede servir de base para el diseño de un programa de monitoreo de humedales (Finlayson, 1996). El mismo define una serie de pasos interconectados: (i) identificar el problema que será sujeto a monitoreo, (ii) establecer el objetivo del monitoreo, (iii) formular una hipótesis de trabajo sobre indicadores de las relaciones causa-efecto que definen el problema bajo monitoreo, (iv) desarrollar métodos de medición para las variables relevantes, (v) evaluar la factibilidad y costo-efectividad de la metodología propuesta, (vi) llevar a cabo un estudio piloto, (vii) realizar muestreos y mediciones, (viii) analizar los datos resultantes, y (viii) elaborar el informe correspondiente.

El marco de referencia propuesto por RAMSAR no constituye una receta para un tipo particular de problema o para un tipo particular de humedal. Simplemente establece una serie de pasos, en secuencia lógica, que permiten obtener información confiable y comparable en diversos sistemas y que pueden ser utilizados tanto por manejadores/administradores como por planificadores de humedales, que trabajan junto con los usuarios y manejadores locales. Cada programa de monitoreo debe ser diseñado con base en sus circunstancias y necesidades particulares. Las flechas señalan la retroalimentación que hace posible la evaluación de la efectividad del programa de monitoreo para el logro de sus objetivos.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Con el fin de medir el cambio en las condiciones del humedal, una primera versión de la ficha técnica de levantamiento profundo de datos propuesto en este proyecto debe incluir variables como las que se presentan en el Anexo IV. Este acercamiento involucra varios días de trabajo en el sistema e incluye la utilización de equipo más elaborado.

6.1 Indicadores de alerta temprana

Como parte del marco metodológico para la evaluación y monitoreo de riesgos, la Convención RAMSAR ha propuesto la definición y medición de indicadores de alerta temprana (van Dam et al., 1999; www.RAMSAR.org/key–res–vii.10e.htm). Dichos indicadores han sido clasificados dentro de tres categorías (Humphrey et al., 1999):

(i) Pruebas de toxicidad de respuesta rápida. Evaluación en laboratorio de las respuestas de ciertos organismos en términos de factores sensibles (p. ej. crecimiento, reproducción) con resultados en tiempos muy cortos. Se trata de pruebas predictivas que, potencialmente, facilitan la implementación de acciones oportunas y dinámicas (p. ej. determinar una dilución segura para la descarga de efluentes de composición variable).

(ii) Pruebas de alerta temprana en campo. Medición en campo de las respuestas de organismos sub-letales sensibles que pueden proporcionar información preventiva para evitar impactos substanciales y biológicamente importantes.

(iii) Evaluaciones rápidas. Monitoreo estandarizado, rápido y costo-efectivo que de distintas formas puede proporcionar información de primera mano para la condición ecológica de sitios dentro de grandes extensiones y para identificar los "puntos críticos", a efecto de adelantarse y prevenir situaciones similares en otras partes.

6.2 Consideraciones técnicas

La capacidad de incorporar información georeferenciado (GPS) y su unión con el SIG para almacenar la información resultante, fue identificada como una de las tareas principales iniciales para establecer un marco para el reconocimiento de humedales en la zona costera de Australia (Finlayson et al., 1998).

BORRADOR PARA REVISIÓN

Una revisión global de experiencias sobre datos y aplicaciones con fines de monitoreo indicaron que los datos generados a través de percepción remota tenían el potencial para actuar como la fuente mayor de datos para un inventario nacional de humedales. También en ese entonces se reconocieron algunas restricciones en el alcance y forma de aplicación de este tipo de datos: (i) la selección de un esquema apropiado de clasificación de humedales o medios para incorporar todos esquemas existentes; (ii) cómo incorporar los base de datos de inventarios existentes, (iii) identificar los productos que debe generar el inventario y sus aplicaciones potenciales.

6.3 Aspectos biofísicos e hidrológicos

En los últimos 20 años, en México se han intensificado los estudios, evaluaciones y monitoreo, así como el manejo y capacitación sobre el tema de los humedales, sin embargo falta mucho por hacer (Moreno-Casasola y Warner, 2009). Dada la diversidad de climas, zonas fisiográficas, condiciones geológicas y socio-económicas que existen en México, y que reflejan la variedad, complejidad y afectación de los humedales en el país, tenemos el reto de generar, desarrollar e implementar programas efectivos de evaluación de humedales que permitan la cohesión y una articulación efectiva entre los programas de conservación y las políticas de uso del suelo (Abarca, 2007).

El levantamiento de información tanto en campo como en gabinete, deberá considerar las fluctuaciones de los humedales con relación a los periodos secos y húmedos del año de las regiones inventariadas.

Las condiciones hídricas específicas de los humedales se reflejan en tres elementos clave que sirven como criterios para su delimitación (USACE, 1987; INE, 2008):

(i) Inundación o saturación del suelo de forma permanente o temporal, lo cual origina condiciones anaeróbicas que ocasionan una reducción química en el suelo restringiendo así, los tipos de plantas que pueden crecer y los tipos de suelos que se desarrollan en el sitio (criterios hidrológicos)

(ii) La aparición de vegetación hidrófila, que crece en el agua o en sustratos que al menos periódicamente, presentan condiciones anaeróbicas por un exceso de agua.

BORRADOR PARA REVISIÓN

También se considera la presencia de freatofitas, que crecen principalmente a lo largo del curso de una corriente de agua, o donde sus raíces alcanzan la franja capilar (criterios botánicos con base en tipos de vegetación).

(iii) La presencia de suelos hídricos (criterios edafológicos con base en tipos de suelos).

6.3.1 Criterios hidrológicos

Las condiciones hídricas en las que se desarrolla un humedal se presentan en zonas con las siguientes características:

- Zonas de inundación permanente o temporal sujetas o no a la influencia de mareas.
- Zonas de aguas someras, afloramientos superficiales del manto freático (manantiales) y aguas perisubterráneas (cársticas).
- Zonas bajo la influencia de aguas marinas y salobres como estuarios, marismas, zonas arrecifales y playas de marea.
- Zonas inundadas permanentemente o temporalmente a una profundidad a la cual la vegetación emergente limita con el agua abierta.
- Zonas en las que el suelo presenta frecuentemente un nivel freático alto y que permanece dentro de los 30 cm. de la superficie por más de 14 días consecutivos durante la temporada de crecimiento de la vegetación prevaleciente.

Para usar las condiciones hídricas como un criterio de campo del humedal, se deberá contar con reportes, medidas u observaciones directas en campo que muestren que la frecuencia y duración de los eventos de inundación o saturación son suficientes para producir condiciones anaeróbicas en el suelo o sustrato (dos semanas al menos en un suelo inicialmente seco). Algunos indicadores de la presencia de las condiciones hídricas de un humedal son:

- Los patrones de drenaje del área en relación con la geomorfología: zonas bajas de acumulación, áreas de escurrimientos, cuencas cerradas, entre otras.

BORRADOR PARA REVISIÓN

- Datos hidrológicos de ríos, lagos, mareas y registros históricos de inundaciones.
- Fotografías aéreas que muestren áreas de inundación o escurrimientos.
- Observación directa de las áreas inundadas. Las observaciones por un periodo de días o semanas proporcionan una indicación confiable de las condiciones hídricas del área.
- Observación directa en campo de un nivel freático superficial: el agua contenida en una excavación de prueba. La profundidad observada del agua que fluye y llena la excavación es un indicador de la profundidad del manto freático en ese momento particular; sin embargo, cuando se utilice este indicador deberán considerarse las condiciones climáticas recientes.
- Observación directa en campo de un nivel freático superficial: los suelos saturados liberan agua cuando son presionados. Como en el caso anterior, también deberán considerarse las condiciones climáticas recientes.

6.3.2 Criterios con base en el tipo de vegetación

La vegetación hidrófila es aquella capaz de crecer en el agua, o en un substrato que, al menos periódicamente, es deficiente en oxígeno como resultado de un contenido excesivo de agua (Cowardin et al. 1979).

En la bibliografía relacionada al tema, se consideran como humedales las zonas donde el 50% o más de las especies vegetales dominantes en todos los estratos, son hidrófilas (Lyon 2001). El término “especies vegetales dominantes” se refiere a la abundancia relativa de las plantas presentes en la zona, la cual generalmente es medida por la extensión espacial (porcentaje de cobertura) que ocupan. Para determinar la presencia de un humedal, se identifican las especies dominantes en los diferentes estratos de la comunidad vegetal y su abundancia relativa, y se determina cuáles de estas especies corresponden a vegetación hidrófila.

De acuerdo con Rzedowski (1981) y de forma general, entre las especies de vegetación hidrófila para México se encuentran los manglares, popales, tulares, carrizales,

BORRADOR PARA REVISIÓN

vegetación sumergida, comunidades herbáceas subacuáticas, bosques de galería y algunas especies de halófilas como pastizales halófilos.

En los casos en los que la zona de transición es gradual, deberán utilizarse tanto indicadores de vegetación hidrófila, como de condiciones hidrológicas o de suelo

Para delimitar el humedal, se determina la abundancia de las diferentes especies a lo largo de una línea trazada desde el cuerpo de agua hacia las zonas de tierra "seca". Los límites del humedal se establecen cuando se presenta un decremento en la abundancia de las hidrófilas de tal manera que ya no se cumpla con el criterio anteriormente establecido.

De acuerdo con Cowardin et al. (1979), el límite de la "tierra alta" del humedal se designa como:

- El límite entre el terreno con cubierta predominantemente hidrófila y el terreno con cobertura predominantemente mesófila o xerófila.
- La frontera entre el suelo que es predominantemente hídrico y el suelo que no es predominantemente hídrico.
- En el caso de humedales sin suelos ni vegetación del tipo hídrico, la frontera se establece entre el terreno que se encuentra inundado o saturado por un tiempo durante la estación de crecimiento anual de la vegetación y los terrenos que no se encuentran en esta condición.

6.3.3 Criterios edafológicos

Un suelo hídrico se considera como un suelo saturado o inundado el tiempo suficiente para desarrollar condiciones anaeróbicas en la parte superior del área (zona de las raíces de la vegetación dominante). La duración de la saturación necesaria para producir condiciones anaeróbicas varía entre humedales y depende, en parte del tipo de suelo. Como regla general, las condiciones anaeróbicas se pueden desarrollar rápidamente en un plazo de 7 a 21 días con temperaturas del suelo por arriba de 4 °C.

BORRADOR PARA REVISIÓN

De acuerdo con Medrano-González (2004), algunos tipos de suelos que pueden formar suelos hídricos son:

Gleysoles: son suelos que se encuentran en casi todos los climas, en zonas donde se acumula y estanca el agua cuando menos en la época de lluvias, como las lagunas costeras y las partes más bajas y planas de los valles y llanuras. La vegetación que sustentan son manglares, petenes, pastizales, carrizales, vegetación halófila, así como tulares y popales.

Vertisoles: son muy arcillosos, con grietas anchas y profundas cuando están secos; si están húmedos son pegajosos, su drenaje es deficiente. Debe notarse que estos suelos pueden o no estar en zonas inundadas.

Histosoles: suelos presentes en México en las zonas de climas húmedos, ya sean templados o cálidos. Están restringidos a áreas donde se acumula agua y los desechos de las plantas que quedan en la superficie sin descomponerse durante mucho tiempo. Se localizan en zonas pantanosas o en lechos de antiguos lagos, y se caracterizan por tener altas cantidades de materia orgánica y en ocasiones tienen olor a podrido (por su contenido de sulfuros). En ellos prosperan los popales, tulares, carrizales y pastizales.

Solonchak: tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación que sustentan es la vegetación halófila, pastizales halófilos o naturales resistentes a la sal, tulares en el contacto con el agua y manglares en las lagunas costeras.

Planosol: suelos que se desarrollan en sitios de topografía plana o en depresiones mal drenadas.

Fluvisoles: se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua, es decir, materiales disgregados que no presentan estructura en terrones, por lo que son suelos muy poco desarrollados. La vegetación que presentan varía desde selva hasta matorrales y pastizales. El Fluvisol gleyico se caracteriza porque al menos alguna de sus capas se satura de agua periódicamente.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Feozem gleyico: se encuentran en depresiones, y se caracterizan por presentar una capa que se satura periódicamente con agua.

La metodología en campo contempla usar la vegetación y los suelos a lo largo de líneas trazadas desde el cuerpo de agua hasta la zona de tierra "alta". Se observa la abundancia de las comunidades de plantas dominantes, y se seleccionan puntos para escarbar pozos de prueba. Los pozos de prueba deben estar localizados en las áreas representativas de cada comunidad vegetal y en ellos deberá determinarse la presencia de suelos hídricos utilizando los criterios anteriormente expuestos.

Los suelos característicos y las comunidades vegetales de los humedales generalmente se encuentran presentes a lo largo del año y son indicadores más confiables de las condiciones hidrológicas. Por lo tanto, y en condiciones naturales, éstos son más útiles para delimitar las fronteras del humedal que las características hidrológicas mismas (Jackson 1995).

6.4 Aspectos sociales

La dimensión social del monitoreo de humedales abarca tres aspectos interrelacionados: (i) la obtención de información socioeconómica para entender tendencias locales y regionales, (ii) la participación de actores locales en el propio monitoreo y (iii) la mejor comprensión de los arreglos institucionales locales dirigidos a la conservación. Para el primero y segundo aspectos se integrará dentro del proyecto el diseño y piloteo de una metodología de monitoreo que abarque parámetros relacionados con las dinámicas socioeconómicas y jurídicas del sitio. Para el segundo aspecto, se brindarán y probarán los lineamientos necesarios para lograr la adecuada participación de los actores locales en el monitoreo de parámetros, tanto los socioeconómicos obtenibles a nivel local, como los relacionados con la calidad del agua. El tipo de parámetros socioeconómicos y jurídicos a identificar pueden incluir los señalados en la Tabla 4.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Tabla 4. Parámetros socioeconómicos para el monitoreo

Parámetros socioeconómicos	Parámetros jurídicos
▪ **Tasas de migración.** ▪ **Crecimiento demográfico.** ▪ **Población rural urbana.** ▪ **Aparición y percepción de riesgo de conflictos.** ▪ **Cambios administrativos en las autoridades locales y regionales.** ▪ **Cambios en las políticas de manejo.** ▪ **Volumen y valor de producción agropecuaria y pesquera.** ▪ **Índices de precios.** ▪ **Usos del suelo; áreas urbanas, industriales, agrícolas, pecuarias, reservas, turísticas y otras.** ▪ **Valor del suelo.** ▪ **Volumen y valor de la producción forestal.** ▪ **Desarrollo industrial (# de plantas manufactureras, # de nuevos establecimientos de servicios, tipo de industrias).** ▪ **Valor económico de servicios ecosistémicos seleccionados.** ▪ **Valoración económica de costos de oportunidad privados, sociales, presentes, futuros e inter-temporales.**	▪ **Cambio en la legislación.** ▪ **Cambio en los ordenamientos a nivel federal, estatal y municipal.** ▪ **Aparición de convenios de coordinación, colaboración y/o concertación.** ▪ **Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas (por ejemplo la NOM-022-SEMARNAT-2003).** ▪ **Acuerdos informales.**

A través de estos indicadores se pueden deducir, por ejemplo, cambios en el uso del humedal, cambios en los precios de los recursos, grado de desarrollo, la aparición de nuevos usuarios y su repercusión en el ámbito socioeconómico y político local, tasas de

BORRADOR PARA REVISIÓN

migración y percepción local de riesgo de conflicto. Este tipo de indicadores están dirigidos a informar la toma de decisiones de manejo a niveles regional, de cuenca y humedal. Algunos de los parámetros están sujetos a información estadística (provista principalmente por el INEGI) y jurídica nacional y otros, como la apreciación de riesgo de conflicto o las instituciones locales de manejo de recursos, provienen de información generada localmente, a través de un sistema de provisión de información por parte de actores locales. Por lo tanto, las escalas de medición son diferentes y dependen tanto de la disponibilidad de información de acuerdo a los tiempos censales del país y de las regiones, como de los acuerdos y mecanismos que se establezcan con actores locales para obtener la información necesaria.

La participación local en el monitoreo de diversos parámetros -el segundo aspecto señalado en este apartado- ha sido identificado como fundamental para lograr un monitoreo más extensivo y eficiente, siempre y cuando se tenga un estricto control de calidad a través del adecuado entrenamiento, supervisión y provisión de herramientas básicas. Además, permite aprovechar los conocimientos locales para la identificación de sitios y aspectos a monitorear, generar sinergias entre autoridades y pobladores locales, estimular un proceso de sensibilización ambiental y aprendizaje mutuo, buscar soluciones diversas y generar disposición de colaboración a niveles institucional y local (Gawler, 2002).

Tanto para el monitoreo de la calidad ambiental, como para el monitoreo de parámetros socioeconómicos, se proveerán y evaluarán en campo los lineamientos necesarios para la adecuada participación local, entre otros:

- Estrategias de vinculación entre pobladores y autoridades en torno a aspectos ambientales (identificadas durante el mapeo de actores interesados).
- Mecanismos estratégicos para obtener información de riesgos de conflicto a nivel local.
- Integración de instituciones de participación ciudadana existentes (como consejos de cuenca o consejos asesores de áreas naturales protegidas) para estructurar y definir planes de monitoreo.

BORRADOR PARA REVISIÓN

- Sensibilización ambiental a raíz del monitoreo.
- Formación de capacidades para el monitoreo y tipo de equipo requerido para el monitoreo local.
- Integración de prioridades e intereses locales en los planes de monitoreo.
- Retroalimentación directa para el diseño de planes de manejo.
- Modificación o no (escenarios) de caracterización socio-económica en el ámbito de humedales y cuencas hidrológicas. Actividades económicas (agrícolas, pecuarias, silvícolas, urbanas, industriales, índices de desarrollo humano (IDH) estatales y municipales, mezcla de indicadores socio-ambientales y económicos, entre otros.

6.5 Capacitación y entrenamiento de las brigadas de campo

El Proceso de Capacitación y entrenamiento contempla la ejecución de 5 Talleres de gabinete y campo para desarrollar en los miembros de las brigadas la habilidad de pensar en forma analítica y crítica con respecto a la información obtenida.

Mediante la metodología propuesta, se pretende orientar el análisis y aplicación de las estrategias que se requieren para recolectar, procesar e interpretar la información. Esto permitirá que el aprendizaje sea perdurable y que se traduzca en una eficiente transferencia de procesos cognoscitivos y de resultados.

6.5.1 Perfil de los miembros de las brigadas.

Para el proceso de llenado de la ficha de gabinete se requiere de personal capacitado en el manejo, organización y estandarización de información, con:

Nivel mínimo de licenciatura (Biólogo; Geógrafo; Ecólogo; Ingeniero Hidrólogo ó Geólogo y afines) con conocimientos de:

- Hidrología, suelos hidromórficos, vegetación hidrófila y aspectos socio-económicos y legales de los humedales.
- Conocimientos de computación (Windows, Arc GIS, Arc view),

BORRADOR PARA REVISIÓN

- Comprensión de información cartográfica, así como experiencia en el manejo de sistemas de información geográfica. iv) conocimiento de técnicas de percepción remota.

Para realizar el proceso de validación en campo se requiere de al menos 6 especialistas, capacitados para realizar todas las actividades planeadas, que trabajarían simultáneamente en dos equipos: Equipo 1: cuatro personas en la evaluación y levantamiento de la información de las características bio-físicas: a) Agua; b) suelos; c) Vegetación y fauna y Equipo 2: dos personas en la realización de entrevistas y recolecta de aspectos socio-económicos y jurídicos. El personal debe contar además con experiencia de trabajo en campo.

6.5.2 Trabajo de gabinete.

Siete días antes de salir al campo, se realizarán las siguientes actividades:

Recopilar y estudiar toda la información publicada disponible sobre clima (temperatura y precipitación), geomorfología/geología, vegetación, suelos, hidrología (superficial y sub-terránea; duración y frecuencia de inundación o hidroperiodo), uso de suelo y socioeconómicos (localidades, carreteras) -documental, cartográfica y estadística- del humedal, para propósitos de planeación y comparación futura:

Caracterización de la condición (variabilidad espacial) de los atributos físicos, fisicoquímicos y biológicos en un área dada.

Evaluación de los cambios en la biota y en las condiciones del ecosistema a través del tiempo (variabilidad temporal).

Se llevará a cabo la ubicación y delimitación preliminar de los sitios seleccionados usando información auxiliar, como mapas temáticos, bases de datos y la clasificación de las imágenes de satélite y fotografías aéreas. Los humedales se ubican cartográficamente en la cuenca y sub-cuenca hidrográfica correspondiente.

Con la información recopilada se construirá la ficha técnica de gabinete, para compararla con la ficha actualizada en la fase de análisis de la información. En el

BORRADOR PARA REVISIÓN

campo, se corroborará la validez de la información de gabinete (ej. aspectos contradictorios o controversiales) y otros elementos serán observados y medidos en el humedal de que se trate.

6.5.3 Trabajo de campo.

El proceso de validación en campo comienza con la evaluación y el análisis de la información previa (trabajo de gabinete), y se realizará con el fin de corroborarla y/o generar información complementaria. Consiste en documentar las relaciones existentes entre los resultados de la evaluación y medidas independientes de la condición del humedal, estableciendo dichos resultados como medidas significativas y reproducibles de la condición del humedal.

1. Recorrer al menos el 50% del perímetro del humedal.

2. Realizar inspección visual del 100% del perímetro recorrido.

   - Observar evidencias de fauna (huellas, heces, etc.) incluyendo avistamientos y fotografías.

   - Identificar visualmente la composición comunitaria vegetal, estimando % de cobertura y tipos (incluyendo plantas exóticas y nocivas) en el humedal y las áreas adyacentes, usando transeptos predeterminados (si es necesario).

   - Identificar los indicadores hidrológicos presentes (ej. matas algales, musgos, plantas acuáticas, aufwuchs (organismos microscopicos pegados a los sustratos), evidencia de fauna acuática, canales secundarios, depositación de sedimentos y marcas de agua).

3. 3. Documentar todas las observaciones de campo en las fichas técnicas (Ver instructivo de llenado Ficha Técnica UNAM 1), para establecer antecedentes y como referencia futura.

A medida que se colecta más información, el subsiguiente análisis conducirá a establecer con mayor claridad las relaciones entre uso del suelo y el funcionamiento de un humedal.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Con base en los criterios anteriores, los miembros de las brigadas de campo recibirán capacitación y adiestramiento en las siguientes actividades:

1. Evaluación visual del humedal y ambientes asociados (tipo de suelo, signos de contaminación, olores, color del agua, etc.)

2. El manejo de dispositivos de campo (ej. GPS, anemómetro, ecosonda, correntímetro, clisímetro, etc.).

3. La calibración y uso de los instrumentos electrónicos (ej. Sonda multi-parámetros HANNA instruments) usados en la caracterización fisicoquímica del agua.

4. La toma y conservación de muestras de agua y sedimento, para la caracterización química (ej. iones mayores, nutrientes) de acuerdo con APHA (1992) y Wetzel y Likens (1995).

5. La observación y registro de información biótica (ej. Tipo, abundancia y distribución de flora y fauna); y

6. En la realización de encuestas y entrevistas breves in situ, con fines de recolectar información socio-económica.

En el campo se realizarán todas las actividades de muestreo y se evaluará la destreza y desempeño de cada uno de los miembros de la brigada.

7 Planes de conservación y manejo

Las secciones anteriores de este capítulo han establecido las bases de un proceso por fases para conjuntarse finalmente en el desarrollo metodológico que culmina con la formulación e implementación de planes de manejo de humedales o complejos de humedales específicos que se ubican en una cuenca prioritaria determinada.

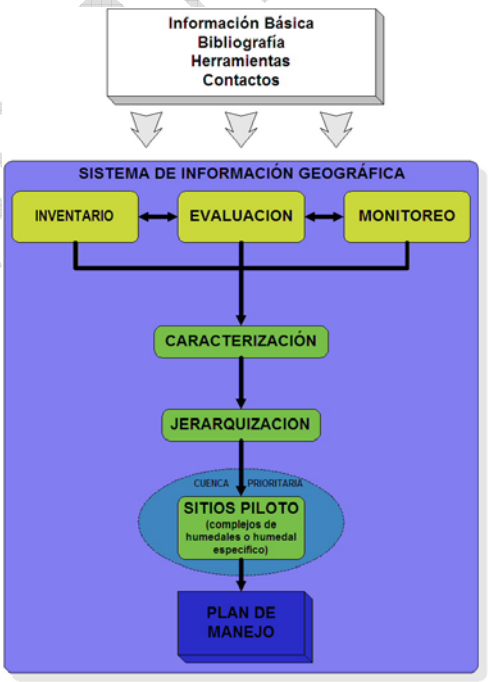
Básicamente, el marco metodológico y la organización de los trabajos, bajo un principio de esfuerzo interdisciplinario, culmina en la formulación e implementación de los planes de manejo, define el conjunto de actividades que, en sus distintas

BORRADOR PARA REVISIÓN

dimensiones y perspectivas, forman parte de un proceso que tiene su punto de partida en la delimitación espacio-temporal de los humedales del país, a partir del cual se definirán los criterios cartográficos correspondientes.

La caracterización de los humedales permite definir una tipología de los mismos, con objeto de definir aspectos metodológicos comunes y especiales. Con lo anterior se inicia el diseño de un sistema de evaluación y monitoreo que permite establecer y aplicar criterios para jerarquizar aquellos humedales que requieren de atención inmediata. De esta jerarquización se selecciona un conjunto de humedales para los cuales se generan criterios o lineamientos con el fin de que las instancias gubernamentales tengan los elementos para elaborar los planes de manejo correspondientes, incluidos los indicadores de impacto que permitan dar seguimiento a los resultados de dichos planes. El diseño y puesta en operación de un Sistema de Información Geográfica que sirva de base para el análisis espacial, es un componente fundamental del proceso (Figura 12).

Figura 13. Planes de Conservación y Manejo



Fuente: Elaboración propia

BORRADOR PARA REVISIÓN

7.1 Criterios

Los criterios para el desarrollo de los planes de manejo están orientados a identificar e implementar acciones concretas relacionadas con los siguientes elementos:

(i) Organización social para la elaboración e instrumentación de los planes de manejo.

(ii) Talleres participativos cuya finalidad sea la búsqueda de soluciones conjuntas (no sólo la obtención de información)

(iii) Acciones para regular la interacción (condiciones de frontera) entre los humedales y la cuenca y/o acuífero correspondientes, así como la interacción entre éstos y la zona costera:

a) Modificaciones del régimen hidrológico.

b) Manejo de sedimentos.

c) Manejo de la cuenca y/o acuífero alimentadores.

d) Control de la calidad del agua.

e) Infraestructura (compuertas, obras de rectificación, obras de protección).

(iv) Acciones en el ámbito de los humedales:

a) Uso del suelo.

b) Ordenamiento del uso del suelo.

c) Restricciones de acceso.

d) Reportes sobre biodiversidad.

e) Evaluación de la provisión de bienes y servicios ambientales.

(v) Opciones de fomento a actividades sustentables que tengan un impacto medible en el ingreso y calidad de vida de la población asentada en los humedales.

(vi) Marco instrumental.

BORRADOR PARA REVISIÓN

a) Instrumentos regulatorios.

b) Incentivos.

c) Apoyos gubernamentales (subsidios y financiamiento).

d) Coordinación entre instituciones competentes.

(vii) Difusión/educación. Los planes de manejo se realizan bajo principios de investigación-acción participativa.

a) Elaboración de materiales de difusión y educación ambiental a diferentes niveles (ejemplo, escolares, adultos, autoridades gubernamentales)

b) Impartición de pláticas de orientación e inducción sobre la problemática y opciones de manejo de los humedales

c) Encuestas que complementen la información obtenida mediante los talleres

7.2 Naturaleza y características del plan de conservación y manejo

La diversidad de humedales en el país impide plantear las bases para un solo modelo de plan de manejo y conservación, puesto que éstos responden a diferentes tipos de variables geográficas, climáticas, ecológicas y socioeconómicas. Por ejemplo, es diferente la dinámica en humedales sujetos a influencia de "nortes" que en humedales bajo el régimen único de secas y lluvias. Por lo tanto, la relevancia de muchos de los elementos que conforman un humedal depende de factores como la altura (cercanos a la costa, o por arriba de los 1200 msnm) y la zona de influencia biogeográfica (el norte del país es de influencia neártica, mientras que el sur del país en una zona de influencia neotropical). Así, los humedales pueden encontrarse en zonas templadas áridas a húmedas, o bien en zonas tropicales también áridas a húmedas, pero que pueden parecer templadas por tener una temperatura mitigada por la altura.

Al reconocer que, al margen de los factores que caracterizan a un humedal, el agua es el factor determinante de su existencia, el enfoque metodológico interdisciplinario adoptado en esta propuesta se ubica en el ámbito de las cuencas/acuíferos que están

BORRADOR PARA REVISIÓN

asociados a los humedales y, además de su zona de influencia, toma en cuenta las condiciones de frontera que se establecen entre los humedales y la porción de la cuenca y/o acuífero fuera de ellos (zona de amortiguamiento).

El análisis de los humedales y de las condiciones de frontera antes señaladas permitirá establecer las acciones que deben ser incluidas dentro de los planes de manejo. Entendiendo el funcionamiento de éstos y de los impactos de las acciones que se propongan, será posible crear un plan de monitoreo y una propuesta de manejo que incluye forzosamente la zona núcleo y la de influencia.

Para el entendimiento de los humedales con fines de manejo, se requiere conocer las variables que explican la relación de la sociedad con los humedales y la importancia que estos ecosistemas representan en los aspectos social, económico, cultural y político. Lo anterior demanda la realización de un diagnóstico socioeconómico de cada zona considerada como humedal y su zona de influencia, con objeto de aportar elementos que permitan formular estrategias integrales y sustentables dirigidas a lograr una compatibilidad entre el manejo y utilización de estos cuerpos de agua, de tal manera que permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes y, al mismo tiempo, preservar los bienes y servicios ecosistémicos que estos aportan, con miras a implementar una nueva visión orientada a la conservación y un uso sustentable de los recursos hídricos.

Lo anterior supondrá el desarrollo de una serie de herramientas y metodologías de análisis, tal y como se ha explicado anteriormente, cuyos alcances serán determinados como parte del Estudio y que en forma resumida incluyen:

7.2.1 Información

(i) Sistema de Información Geográfica.

(ii) Una lista de indicadores comunes para los humedales, en lo que se incluyan datos tanto hidrológicos, biológico-ecológicos, de calidad del agua y alteración del hábitat, así como variables socioeconómicas representativas.

BORRADOR PARA REVISIÓN

(iii) Información que defina las áreas y actividades que se desarrollan en la zona núcleo y la de influencia, ya sean de tipo social o económico, así como los tipos de usos y usuarios del agua en la cuenca correspondiente.

(iv) Datos y material bibliográfico existente para obtener una primera cobertura espacial de los actores sociales de cada zona, de sus perspectivas y sus intereses.

7.2.2 Análisis

(i) Climatológico y del régimen hidrológico (en condiciones medias, secas y húmedas), incluido el análisis de avenidas.

(ii) Bases metodológicas y técnicas para la determinación de los caudales ecológicos.

(iii) Distribución de la población existente en las zonas consideradas como humedales – demografía y composición.

(iv) Usos del suelo relacionados con uso del agua (de manera global) en la zona del humedal y zona de influencia.

(v) Análisis de los riesgos de conflictos.

(vi) Mapeo de las instituciones públicas y privadas responsables del manejo y conservación de los humedales.

(vii) Análisis de actores interesados y sus elementos analítico-descriptivos, como base para completar el diagnóstico mediante trabajo de campo, realizando encuestas y visitas para actualizar la información y entender la composición demográfica y socioeconómica de cada zona.

(viii) Oportunidades y limitaciones para la conservación de los humedales, así como las amenazas e impactos por diversos usos del suelo y actividades productivas,

(ix) Impactos sociales, económicos, biológico-ecológicos e hídricos, en el corto, mediano y largo plazos, que deriven de la implantación de los planes de manejo bajo distintos escenarios.

7.2.3 Modelación

(i) De la distribución de la población existente en las zonas consideradas como humedales – demografía y composición.

BORRADOR PARA REVISIÓN

(ii) De caracterización y funcionamiento de cuencas que permitan simular las condiciones de frontera entre los humedales y el resto de la cuenca (en cantidad y calidad, aguas superficiales y subterráneas).

(iii) Comportamiento hidrodinámico y de transporte en ríos y estuarios.

(iv) Transporte de sedimentos y diversos contaminantes.

(v) Valoración económica y social de los humedales (relaciones función-uso-valor)

7.2.4 Acciones

(i) Recomendación sobre instrumentación y desarrollo de programas de monitoreo.

(ii) Programas de monitoreo que dará pautas para plantear planes de manejo sobre diferentes tipos de humedal. Este programa incluye variables que pueden medirse frecuentemente, otros que se miden estacionalmente, entre 2 y 3 veces al año y unos más que se miden cada 3 años.

(iii) Determinación de las áreas de los humedales, considerando el núcleo y el área de influencia.

(iv) Selección de grupos e individuos a los que se les aplicarán entrevistas y apoyo en la realización de talleres participativos para identificar su percepción ambiental, las opciones productivas y los riesgos de conflicto.

(v) Programas piloto para tipificar o describir con más detalle humedales con propiedades tales que les imprime un carácter especial.

(vi) Definiciones estructurales y no estructurales que pueden incorporarse a los planes de manejo, incluida la definición de proyectos productivos, así como del marco regulatorio y de incentivos para la instrumentación de los planes de manejo.

7.3 Proceso de planeación

Para mantener la productividad y diversidad biológica de los humedales y hacer posible el aprovechamiento de sus recursos, no se puede prescindir de un acuerdo global entre los responsables de su manejo, propietarios, ocupantes y otros

BORRADOR PARA REVISIÓN

interesados directos. El proceso para formular un plan de manejo puede servir de mecanismo para alcanzar este acuerdo.

En el proceso de planeación es de suma importancia analizar los regímenes de propiedad existentes en la zona del humedal. Existen al menos cuatro aspectos fundamentales que generan un escenario sumamente complicado en cuanto a regímenes de propiedad y derechos de usufructo en las zonas de humedales. Por un lado, se trata de recursos acuáticos, que constitucionalmente son propiedad de la nación y por lo tanto, sujetos a ser utilizados como propiedad común. Segundo, la estacionalidad de los humedales y los consecuentes cambios en los regímenes hídricos puede llegar a generar confusión sobre los límites de aprovechamiento de recursos acuícolas y terrestres, y por lo tanto sobre los regímenes de propiedad y usufructo que debieran primar en las distintas zonas. Tercero, debido a una falta de información sobre el valor económico total de los humedales, normalmente se les ha asignado un valor bajo con relación a otros usos, por lo tanto se han impuesto regímenes oficiales de derechos de propiedad que compiten con otros regímenes de propiedad y usufructo tradicionales (Adger y Lutrell, 2000). Esto se vuelve aún más complejo si tomamos en cuenta las distintas modalidades de tenencia de la tierra en México (ejido, comunidad, propiedad privada) y las distintas estructuras de toma de decisión en cada uno de los sistemas de tenencia.

Existe clara evidencia a lo largo del mundo entero sobre la importancia de las instituciones locales para el manejo sustentable y conservación de los recursos naturales, incluidos los humedales, a través de las cuales se establecen concesiones de aprovechamiento, así como sanciones y sistemas de vigilancia (Ostrom, 2000, Merino, 2008). Este planteamiento surge como respuesta al paradigmático artículo de Hardin (1968) en donde se plantea el concepto de la “tragedia de los comunes”. Bajo este supuesto, los usuarios de un recurso de propiedad común no tienen incentivos para cuidarlo, ya que los costos de su degradación se diluyen en el grupo entero, mientras que los beneficios se aprecian de manera individual.

BORRADOR PARA REVISIÓN

En el contexto de los humedales, el tema de las instituciones locales es de particular relevancia por las características cambiantes del régimen hídrico y por la multiplicidad de usuarios (Meyer y Konisky, 2007). Sin embargo, como apunta Batllori et al. (2006) por lo general los reglamentos y lineamientos de aprovechamiento oficiales se realizan sin un proceso de consulta y generación de consenso con los usuarios, por lo que los segundos corren el riesgo de convertirse en infractores ambientales pasivos (particularmente aquellos que se encuentran sumidos en la pobreza extrema, como los pescadores de subsistencia). Por lo tanto, es de suma importancia realizar un cuidadoso análisis sobre los sistemas de conocimiento y arreglos comunitarios de manejo, así como la estructura y funcionamiento de instituciones locales para lograr planes de manejo duraderos y con el aval de los usuarios más relevantes.

Un plan de manejo y el proceso para su formulación debiera ser congruente en envergadura y complejidad, con las que el sitio de que se trate requiera. Los alcances de un plan y los recursos habilitados para su elaboración, debieran guardar proporción con el tamaño y la complejidad del sitio, así como con los recursos disponibles para protegerlo y/o administrarlo. Unos planes cortos y concisos bastarán pues para los sitios pequeños de poca complejidad.

Con frecuencia el plan de manejo no puede limitarse únicamente al espacio demarcado por los límites de los sitios, sino que tendrá que considerar un contexto de planeación y manejo más global, como podría ser la cuenca o zona costera en que se hallen. Como referencia de un marco lógico para la formulación de un plan de manejo de humedal, RAMSAR (2005) considera una serie de funciones básicas del proceso de planeación:

(i) Definir los objetivos de manejo del sitio.

(ii) Determinar los factores que afectan o pueden afectar la condición del humedal.

(iii) Dirimir conflictos.

(iv) Definir las necesidades de monitoreo.

(v) Determinar y explicar qué gestión hace falta para alcanzar los objetivos.

BORRADOR PARA REVISIÓN

(vi) Mantener la continuidad de un manejo efectivo.

(vii) Conseguir recursos.

(viii) Hacer posible la comunicación en los sitios y entre ellos, las organizaciones y los interesados directos.

(ix) Demostrar que el manejo es efectivo y eficiente.

(x) Asegurar el cumplimiento de las políticas locales, nacionales e internacionales.

7.4 Incorporación de objetivos comunitarios

Los planes de manejo se debieran realizar en conjunto con los actores interesados, de tal forma que se adapten a las perspectivas de los usuarios, a la estructura de las instituciones locales y los arreglos comunitarios. Existen una serie de métodos de planeación participativa para la conservación y el manejo de recursos naturales. Para la incorporación de objetivos comunitarios en el manejo de humedales destacan las siguientes métodologías:

- *Planeación participativa para el manejo y la restauración de humedales.* Tiene como objetivo la formulación de estrategias de conservación y restauración de humedales mediante el establecimiento de alcances de restauración junto con pobladores locales *(*Carlson, *2009)*

- *Jerarquía analítica de objetivos comunitarios para el manejo de humedales*. Se refiere al establecimiento de jerarquías sobre distintos objetivos, mediante la comparación de matrices de criterios de manejo y conservación por los propios actores interesados, con base en investigación de campo y un modelo matemático (Herath, 2004)

- *Desarrollo de capacidades para la planeación y la evaluación.* Se enfoca más directamente en el desarrollo de capacidades local a lo largo del ciclo entero de un programa o proyecto determinado, desde la planeación, el diseño, la ejecución y la evaluación (McDuff, 2001)

BORRADOR PARA REVISIÓN

Todos estos métodos tienen como base conceptual la investigación-acción participativa. Este cuerpo metodológico se inspira principalmente en el trabajo de críticos sociales como el pedagogo brasileño Paulo Freire (1970) y del británico Robert Chambers (1994, 1997). Sus fundamentos incluyen el diálogo y la exploración de problemáticas comunes mediante herramientas que propician la comunicación horizontal e incluyente.

Los métodos participativos son diversos y dependen de las preguntas de investigación y el tipo de información que se pretenda obtener y el proceso local que se quiera desatar (ver http://www.fao.org/Participation/ para obtener información sobre métodos participativos de investigación), sin embargo su característica común es que permiten realizar indagaciones de una forma horizontal, que genera confianza e impulsa la creatividad de los habitantes locales en la búsqueda de soluciones.

Este tipo de investigación no es privativa de las ciencias sociales y se puede aplicar a indagaciones diversas. Además de los métodos específicos, incorpora principios básicos de comportamiento en campo para científicos, extensionistas o técnicos de campo. Por ejemplo, brinda herramientas para generar un ambiente de confianza, facilitar reuniones, lograr acercamientos respetuosos con habitantes locales y permite la generación colectiva de conocimiento.

7.5 Asignación de agua y caudal ecológico

El establecimiento de un programa de monitoreo es un aspecto esencial de la puesta en la toma de decisiones respecto de la determinación de caudales específicos para la protección y conservación de los humedales (**caudal ecológico**)[12]. La puesta en práctica de este concepto sólo puede tener éxito si descansa en información fidedigna, la evaluación de los resultados del monitoreo para determinar en qué grado se han alcanzado los objetivos que persigue y la revisión del programa de puesta en práctica cuando sea necesario.

[12] Este aspecto metodológico se relaciona con lo establecido en el inciso v) del apartado 2.2 de esta propuesta en relación con los objetivos específicos de la misma.

BORRADOR PARA REVISIÓN

En las Resoluciones VI.1 y VIII.14 de RAMSAR (2005) figuran orientaciones adicionales respecto del establecimiento de un programa de monitoreo. Las informaciones necesarias para la puesta en práctica de dicho programa comprenden las relativas a:

(i) La hidrología, para velar por que la asignación de agua se suministre conforme a lo previsto.

(ii) La calidad del agua, que está relacionada con el uso potencial del recurso.

(iii) Las características ecológicas, a fin de determinar y monitorear la reacción del ecosistema de humedales al nuevo régimen de flujo.

(iv) El uso del agua y el grado de cumplimiento por los usuarios de agua de las condiciones de sus respectivos títulos de concesión-asignación.

(v) El bienestar económico de los usuarios de agua y los interesados directos, para cerciorarse de que los costos y beneficios de la puesta en práctica de la designación de caudales ecológicos se distribuyan equitativamente.

(vi) La conservación de los servicios ecosistémicos de una cuenca, humedal, zona o región.

La asignación de aguas para un ecosistema de humedales suele determinarse con el propósito de reproducir en el mayor grado posible el régimen de flujo natural. En el caso de una cuenca de captación regulada, donde las descargas de caudales para los ecosistemas de humedales proceden de presas, es fundamental que tengan lugar en un momento que se aproxime lo más posible al natural, sobre todo tratándose de inundaciones pequeñas o medianas que desempeñan un papel importante como señal de inicio de procesos ecológicos como la migración y el desove. El monitoreo en tiempo real de la precipitación y/o de los flujos en algún sitio no impactado aguas arriba del punto donde se lleven a cabo las descargas suele ser necesario para que coincidan con el momento en que se habrían observado los propios de condiciones naturales, no reguladas.

La determinación de las necesidades hídricas de los ecosistemas de humedales suele descansar en el conocimiento y la información disponible, pero aún en condiciones

BORRADOR PARA REVISIÓN

óptimas, son pocos los casos en que es posible anticipar con precisión la reacción de un ecosistema de humedales a los cambios en el régimen de flujo o de calidad del agua, dado que se ha generado poca información a la fecha sobre este tema. De ahí es necesario adoptar un enfoque adaptativo que parte de la asignación del caudal ecológico, monitorear la evolución temporal del ecosistema y examinar periódicamente la información nueva, para en su caso modificar el régimen de flujo o las tendencias medibles en cuanto a calidad del agua.

7.6 Marco Jurídico

El marco jurídico de los humedales comprende dos grandes rubros: el legal y el programático. Ambos se encuentran estrechamente vinculados y un estudio aislado no es suficiente para lograr un planteamiento integral desde la óptica jurídica.

Dentro del marco legal, será necesario identificar los siguientes aspectos:

(i) Conceptos

(ii) Naturaleza

(iii) Análisis de preceptos constitucionales

(iv) Determinación de legislación aplicable (federal, estatal y/o municipal)

Dentro del marco programático, los aspectos a identificar son:

(i) Programas sectoriales (federales, estatales y/o municipales)

(ii) Programas de ordenamiento territorial (estatales y/o municipales)

(iii) Otros documentos de política pública

La idea central de vincular estos dos rubros, el legal y el programático, no sólo es la de obtener una radiografía de la aplicación de leyes y políticas públicas, sino la de elaborar una posible propuesta de recomendaciones, orientaciones o lineamientos deseables del marco jurídico existente con el fin de hermanarlos. Los diagnósticos que se realizan desde esta óptica conducen a detectar distorsiones o discrepancias entre lo legalmente regulado (*i.e.* los actos de autoridad) y lo programáticamente regulado (*i.e.*

BORRADOR PARA REVISIÓN

las políticas públicas). Lograr que ambas regulaciones queden empatadas es a lo que llamaremos “armonización del marco jurídico”.

Una vez detectados los caminos que nos llevarán a esta armonización, entonces se podrá proceder a desarrollar fórmulas metodológicas que nos permitan vincular lo legal y lo programático de humedales con otros marcos jurídicos ajenos al tema de humedales. Lograr que la variable jurídica de los humedales se inserte dentro de la legislación y/o programas sectoriales diversos, es a lo que llamaremos “*transversalidad del marco jurídico*”.

El estudio jurídico sobre humedales no ha merecido todavía la atención de los juristas en México. La forma de acercarnos a ellos tiene dos vías:

(i) Desde el ámbito del derecho en su parte jurídica-normativa (legal y programático) a través de instrumentos internacionales como RAMSAR, leyes nacionales como la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Navegación y Comercio Marítimo, o la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, o bien a través de otras disposiciones jurídicas domésticas como las normas oficiales mexicanas, en particular la NOM-022-SEMARNAT-2003, o bien a través de documentos de política pública, como el denominado “Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México” por la SEMARNAT(2006) que se encuentra alejado de la realidad legislativa mexicana.

(ii) Desde el ámbito del derecho en su parte jurídico-científica a través de libros o artículos que se refieren a ellos estableciendo de suyo acotadas clasificaciones para su estudio. Esto es palpable con el uso de diversas denominaciones y bajo categorías conceptuales muy particulares como la utilizada por Brañes Ballesteros (2000) desde un enfoque acuático-ambiental, o la de Nava Escudero (2006) desde un enfoque patrimonial-ambiental como parte integrante de las zonas costeras.

Por ello, la base de nuestro desarrollo metodológico en el entendimiento del marco jurídico de los humedales se constituye a partir de las pocas clasificaciones o referencias académicas que existen al respecto, pero sobre todo, a raíz del estudio

BORRADOR PARA REVISIÓN

minucioso y transversal de la legislación (tanto internacional como nacional) que aborda el tema. El punto de partida lo constituye la división que hace nuestra Constitución Política de las aguas en nuestro país, continentales (superficiales y subterráneas) por un lado y marinas por el otro que permiten enmarcar a los humedales en su concepto y naturaleza jurídica.

Uno de los puntos centrales de investigación jurídica será el de agrupar las disposiciones jurídicas que se encuentran dispersas en toda nuestra legislación, así como confrontar los posibles conflictos legales de atribuciones entre entes federales, y de estos con entes estatales o municipales. Esto supone una indagación de método deductivo pero holístico de nuestro marco normativo en donde intervienen intereses patrimoniales, sociales, económicos, comerciales, tributarios y ambientales. Esto permitirá diferenciar el marco jurídico aplicable y la participación según la competencia que corresponda a entes públicos, pues no serán las mismas Dependencias del Ejecutivo Federal que intervengan en el manejo de un humedal si este se trata de un humedal continental o uno costero, o si este es o no considerado como susceptible de navegación y convertirse así en una vía general de comunicación.

La dispersión de disposiciones jurídicas en nuestra legislación, la intervención por sector de diversos entes federales, y la posibilidad de participación de estados y municipios (estos particularmente a través de programas de ordenamiento) sobre un determinado humedal, conlleva asimismo una enorme yuxtaposición de actos jurídicos que de región a región pudiera derivar en una aplicación jurídica complicada y de difícil resolución. Por su complejidad, extensión y falta de detección, es común que ciertas autoridades con atribuciones sobre humedales emitan actos de autoridad sin que otras autoridades también con sus propias atribuciones lo conozcan.

Por lo anterior, el estudio de campo permitirá detectar tanto los actores públicos que intervienen desde sus atribuciones, como los actos que pueden o deben emitir según el humedal de que se trate, sus posibles conflictos y su deseable forma de dirimirlos. En la medida en que la recopilación de información se logre, podrá incorporar al

BORRADOR PARA REVISIÓN

proyecto final de resultado algunos resultados universales a través de un esfuerzo inductivo.

De modo que con todo lo anterior se podrán determinar las fortalezas y debilidades de nuestro marco jurídico vigente en materia de humedales con el objeto de emitir, como ya se ha dicho, orientaciones / lineamientos / recomendaciones para adecuar nuestro normatividad a los resultados que arroje la investigación de campo. Esto permitirá establecer las bases para la formulación y aplicación de planes de conservación y manejo de los humedales que deberán atender a las características especiales (variables geográficas, climáticas, ecológicas y socioeconómicas) de cada región en el país.

BORRADOR PARA REVISIÓN

8 Bibliografía

1. Adger, N. W. y C. Lutrell (2000). Property rights and the utilization of wetlands. *Ecological Economics* 35: 75-89.

2. APHA, AWWA, WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. U. S. A. 19ª ED.

3. Aguilar J. y Mazari Hiriart, M. (2003). Escherichia coli Virulence Factors. En Water from the Xochimilco Area, Mexico City. International Water Association. 4th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. México, D. F., 19 noviembre, 2003.

4. Amemiya, T., T. Enomoto, A. G. Rossberg, N. Takamura, and K. Itoh. 2005. Lake restoration in terms of ecological resilience: a numerical study of biomanipulations under bistable conditions. Ecology and Society 10:-.

5. Amemiya, T., T. Enomoto, A. G. Rossberg, T. Yamamoto, Y. Inamori, and K. Itoh. 2007. Stability and dynamical behavior in a lake-model and implications for regime shifts in real lakes. Ecological Modelling 206:54-62.

6. Arizmendi, M.C. (2003). Proyectos Demostrativos de NABCI. Humedales del Noroeste. Elaborado bajo los auspicios de SDJV.

7. Arriaga Cabrera, L. V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durán, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López y E. Vázquez Domínguez (coordinadores.). (1998). Regiones Hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapas (escala 1:4 000 000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

8. Batllori, E. (2006). *Ordenamiento ecológico local del territorio en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún*. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Mérida.

BORRADOR PARA REVISIÓN

9. Barba-;Macías, E., Rangel-Mendoza, J. y Ramos-Reyes, R. (2006). Clasificación de los humedales de Tabasco mediante Sistemas de Información Geográfica, Universidad y Ciencia, 22, 2, 101-110 (www.ujat.mx/publicaciones/Uciencia).

10. Biggs, R., S.R. Carpenter and W.A. Brock. 2009. Turning back from the brink: Detecting an impending regime shift in time to avert it. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(3): 826-831. Online at: www.pnas.org_cgi_doi_10.1073_pnas.0811729106

11. Bonilla Meza S., Mazari-Hiriart, M. (2006). Evaluación del humedal de Cuitzmala para identificar prioridades de rehabilitación. Primer Congreso Mexicano de Ecología. Morelia, Michoacán. 26-30 noviembre, 2006.

12. Brañes Ballesteros, R. (2000), Manual de Derecho Ambiental Mexicano, FCE, México.

13. Brinson, M. M. (1993). A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, USA. Technical Report WRP-DE-4.

14. Buttel, F. (1987), New directions in environmental sociology. *Annual Review of Sociology* 13: 465-488.

15. Carbajal, S.S. Evaristo, Escalona, L. (2008). Inventario de humedales costeros de la zona de la Chontal baja de Oaxaca, 3er Coloquio de Jóvenes Talentos en Investigación Científica, Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero

16. Carlson, E. P. (2009). Participatory planning for outcomes-based wetlands restoration. *Ecological Restoration* 27,3: 249-250.

17. Carrera, E. y de la Fuente, G. (2003). Inventario y Clasificación de Humedales en México. Parte 1. Ducks Unlimited de México A.C. (DUMAC).

BORRADOR PARA REVISIÓN

18. CECU (2005). Una visión sobre la UNAM. Aportaciones para el proceso de reforma. Comisión Especial para el Congreso Universitario. UNAM, México.

19. Chambers, R. (1994). The origins and practice of participatory rural appraisal. World Development 22: 953-69.

20. Chambers, R. (1997). *Whose Reality Counts? Putting the First Last*. London: Intermediate Technology Publications.

21. Cisneros I. P. (2005). *Aspectos ambientales relacionados con la calidad del agua en Xochimilco, Distrito Federal*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: 91.

22. CONABIO (1988). *La Diversidad Biológica de México: Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

23. CONABIO, 2002. *Regiones hidrológicas prioritarias* (última actualización 5 de diciembre de 2002).

24. CONAMP (2007). "Laguna de Términos: Área de Protección de Flora y Fauna". http://lagunadeterminos.conanp.gob.mx

25. Consejo, J.J. y López, D. (2006). Unidos por el agua: regulación ecológica de la cuenca del Río Manialtepec, Oaxaca, 1er Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sustentable del Trópico, 2-4 Mayo de 2006, Boca del Río, Veracruz, México

26. Contreras Ruiz Esparza, A. V. (2006). *Distribución potencial del Ambystoma mexicanum en los canales de la zona chinampera de Xochimilco*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México: 49 pp.

27. CNA (2008). *Estadísticas del agua en México*. México

28. Amemiya, T., T. Enomoto, A. G. Rossberg, N. Takamura, and K. Itoh. 2005. Lake restoration in terms of ecological resilience: a numerical study of biomanipulations under bistable conditions. Ecology and Society 10:-.

BORRADOR PARA REVISIÓN

29. Amemiya, T., T. Enomoto, A. G. Rossberg, T. Yamamoto, Y. Inamori, and K. Itoh. 2007. Stability and dynamical behavior in a lake-model and implications for regime shifts in real lakes. Ecological Modelling 206:54-62.

30. Biggs, R., S.R. Carpenter and W.A. Brock. 2009. Turning back from the brink: Detecting an impending regime shift in time to avert it. Proceedings of the National Academy of Sciences 106(3): 826-831. Online at: www.pnas.org_cgi_doi_10.1073_pnas.0811729106

31. Correia, A. M., and P. M. Anastacio. 2008. Shifts in aquatic macroinvertebrate biodiversity associated with the presence and size of an alien crayfish. Ecological Research 23:729-734.

32. Costa, L. T. et al. (2001). *Regional wetland inventory approaches: The Mediterranean example*. En: Finlayson, C.M., Davidson, N.C. & Stevenson, N.J. (Eds.).Wetland inventory, assessment and monitoring: Practical techniques and identification of major issues. Proceedings of Workshop 4, 2nd International Conference on Wetlands and Development, Dakar, Senegal, 8-14 November 1998, Supervising Scientist report 161, Supervising Scientist, Darwin, Australia.

33. Cowardin et al (1979). *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C. Jameston, ND: Northern Prairie Wildlife Research Center Home Page.

34. Collins, J. N. et al. (2004) *California Rapid Assessment Method (CRAM) for Wetlands, v 3.0. User's Manual and Scoring Forms*. Draft. San Francisco Estuary Institute y Southern California Coastal Water Research Project.

35. Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (1991). *Development of the US Army Corps of Engineers Wetlands Research Program*.

36. Davies, J. (2002). *Wetland Inventory, Assessment and Monitoring. An Introduction. In: Developing a proposed framework for a Wetland Inventory,*

BORRADOR PARA REVISIÓN

Assessment and Monitoring System (WIAMS). En Malaysia (comp. Murugadas, T. L.). Proceedings of the Workshop on Developing a proposed framework for a Wetland Inventory, Assessment and Monitoring System (WIAMS) in Malaysia, Sundari, R., Davies, J. & Humphrey, C. L (eds). Kuala Lumpur, Malaysia, 18-19 April 2002, Wetlands International – Malaysia Programme, Kuala Lumpur.

37. Davis, S.M. 2004. *Draft Southern Marl Prairies Conceptual Ecological Model. Pages A-29 – A-52*. En RECOVER, CERP Monitoring and Assessment Plan: Part 1, Monitoring and Supporting Research. Restoration Coordination and Verification, c/o United States Army Corps of Engineers, Jacksonville District, Jacksonville, FL, and South Florida Water Management District, West Palm Beach, FL.

38. Dunn, Tony (1994). "*Rapid Rural Appraisal: A description of the methodology and its application in teaching and research at Charles Sturt University*" En Rural Society 4(3/4), December 1994. Published by the Centre for Rural Social Research Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australia.

39. Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales. Una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva Antropología* 68: 75-87.

40. Edmonson, W.T. (Ed.) (1959) *Freshwater Biology*. Wiley, New York.

41. Edmonson, W.T. y G.G. Winberg (Eds) (1971). *A Manual of Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edimburgh. 358 pp.

42. Environmental Modeling Inc. (2007) *SMS 9.2 - 2D flood modeling, bay modeling, wetland modeling, ocean modeling*.

43. Espinosa-García A.C., M. Mazari-Hiriart, C.F. Arias y S. Ponce de León. (2002). *Presence of enteric viruses in water in southern Mexico City*. Proceedings of the International Conference: Water and Wastewater, Perspectives of Developing Countries. Indian Institute of Technology Delhi-

BORRADOR PARA REVISIÓN

44. Espinosa García, A.C., P. Cisneros, P. Islas, C. Arias y M. Mazari Hiriart. (2003). Seasonal Variability of Rotavirus and Indicator Bacteria in Recycled Water used for Irrigation in Mexico.

45. Ezcurra E., Mazari-Hiriart, M., Pisanty, I., Aguilar, A.G. (2006). *La Cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica. México. México: 112-119.

46. Finlayson, C. M. y van der Valk, A. G. (1995) *Wetland classification and inventory: A summary*. Vegetatio 118: 185-192. Kluwer Academic Publishers. Belgium

47. Finlayson, C. M. (2001). *Considerations for undertaking a wetland inventory*. En "Wetland inventory, assessment and monitoring: Practical techniques and identification of major issues. Proceedings of Workshop 2nd International Conference on Wetlands and Development, Dakar, Senegal, 8-14 November 1998.

48. Finlayson, C. M. (2005). *A Framework for designing a monitoring programme*. En: RAMSAR COP9 DR 1 MedWet Methodological Guide for Monitoring Programmes in Mediterranean Wetlands

49. Finlayson, C.M., D'Cruz, R. y Davidson, N.C. (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. *Synthesis*. Evaluación de Ecosistemas del Milenio. World Resources Institute, Washington D.C. (véase también la Resolución IX.I, Anexo A, de la COP9 de RAMSAR). Secretaría de RAMSAR, Suiza.

50. Finlayson CM (1996c). *Framework for designing a monitoring programme*. En Monitoring Mediterranean wetlands: A methodological guide, ed P Tomás Vives, MedWet publication, Wetlands International, Slimbridge, UK and Instituto da Conservacao da Natureza, Lisboa, Portugal, 25-34.

51. Finlayson, C. M. y Mitchell, D. S. (1999). *Australian wetlands: the monitoring challenge*. Wetlands Ecology and Management 7: 105-112.

BORRADOR PARA REVISIÓN

52. Finlayson, C. M. et al., (1999). *Global Wetland inventory: current status and future priorities*. Marine Freshwater Research. 50:717-27

53. Finlayson, C. M., Davidson, N. C. y Stevenson, N. J. (Eds) (2001). *Wetland inventory, assessment and monitoring: Practical techniques and identification of major issues*. Proceedings of Workshop 4, 2nd International Conference on Wetlands and Development, Dakar, Senegal. 8-14 November 1998. Supervising Scientist Report 161, Supervising Scientist, Darwin, Australia

54. Finlayson, C. M. et al. (2002) *Towards developing a wetland inventory, assessment and monitoring scheme in Australia: case studies from the wet–dry tropics*. *En: Developing a Proposed Framework for a Wetland Inventory, Assessment and Monitoring System (WIAMS) in Malaysia, Proceedings of the Workshop on Developing a Proposed Framework for a Wetland Inventory, Assessment and Monitoring System (WIAMS) in Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, 18–19 April, Sundari R, Davies J, Humphrey CL (eds). Wetlands International}Malaysia Programme: Petaling Jaya; 59–85.*

55. Finlayson C. M. (2003) *The Challenge of integrating wetland inventory, assessment and monitoring*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13:281-286.

56. Finlayson C. M. y van Dam (2004). *Developing local capacity and ensuring relevant risk assessment for tropical wetlands*. SETAC Globe Jan-Feb, 36-38

57. Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson, and C. S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics 35:557-581.

58. Food Security Act, (1985) *Food Security Act of 1985*. United States Code Citation: 16 U.S.C. 3801-3862.

59. Freire, P. (1970) *Pedagogy of the Oppressed*. New York: Seabury Press/Continuum.

BORRADOR PARA REVISIÓN

60. Gawler, M. (2002) *What are best practices? Lessons in participatory management of inland and coastal wetlands*, en M. Gawler (ed.), Strategies for wise use of wetlands: Best practices in participatory management. Proceedings of a workshop held at the 2nd International Conference on Wetlands and Development (November 1998, Dakar, Senegal). Wetlands International, IUCN, WWF Publication 56, Wagengingen, Holanda.

61. Gopal, B. y Junk, W. J. (2001) *Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation*. Ecology, Vol. 82, No. 5 (May, 2001), pp. 1496-1497.

62. Gottret, M. V. and White, D. (2001) *Assessing the impact of integrated natural resource management: challenges and experiences*, Conservation Ecology 5/2: 17. [en línea: http://www.consecol.org/vol5/iss2/art17/

63. Grayson, R., et al. (1993). *Process, Scale and Constraints to Hydrological Modelling in GIS*. En Kovar, K. and H. Nachtnebel (Eds.) Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management. Proceedings HydroGIS 93. Vol. 211, pp. 83-92, IAHS Press, Wallingford, England.

64. Grayson, et al. (2002). *Advances in the use of 22 observed spatial patterns of catchment hydrological response*. Adv. Water Res. 25:1313-1334.

65. Habermas, J. (1987). *The theory of communicative action: A critique of functionalist reason*, Vol. 2 Lifeworld and system, Polity Press, Londres.

66. Hardin, G. (1968). Tragedy of the commons, *Science* 162: 1243-1248.

67. Hellawell, J.M. (1991). *Development of a rationale for monitoring*. En: Goldsmith, B.F. (ed.), Monitoring for Conservation and Ecology. pp. 1–14. Chapman and Hall, London.

68. Herath, G. (2004). Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process. *Journal of Environmental Management* 70: 263-273.

BORRADOR PARA REVISIÓN

69. Humphrey, C.L. et al. (1999) *Wetland risk assessment*. En: Finlayson, C.M. and Spiers, A.G., eds, Techniques for Enhanced Wetland Inventory and Monitoring. Supervising Scientist Report, Supervising Scientist, Canberra, ACT.

70. Humphrey C. L. et al. (2002) *Towards developing a wetland inventory, assessment and monitoring scheme in Australia: case studies from the wet-dry tropics*. En T.L. Murugadas (comp.) Developing a Proposed Framework for a Wetland Inventory, Assessment and Monitoring System (WIAM) in Malaysia. Proceedings of the Workshop on Developing a Proposed Framework for a Wetland Inventory, Assessment and Monitoring System (WIAM) in Malaysia, edited by R. Sundari, J. Davies and C. Humphrey, Kuala Lumpur, Malaysia, April 2002, Wetlands International – Malaysia Programme, Petaling Jaya. Pp. 59-85.

71. INE-SEMARNAT (2004) *Manejo Integral de Cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. Cotler, H. (comp.)

72. 68.73. INE-SEMARNAT (2003) Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala, Dirección de Manejo Integral de Cuencas, México.

73. Iniciativa Darwin (2004*), La conservación del ajolote (Ambystoma mexicanum) en Xochimilco, Ciudad de México. Un plan de especie/hábitat*. Plan producido por el seminario/taller internacional de la Iniciativa Darwin. México, DF: UAM-X/CIBAC

74. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (IINEGI) (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda*. Aguascalientes, México.

75. International Water Association (2002). New Delhi, India. 11-13 diciembre, 2002: 677-682.

76. International Water Association. (2003) *4th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse.* México, D. F., 19 noviembre, 2003.

77. Jefatura de Gobierno del Distrito Federal (2006). *Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco*". México, D. F.

BORRADOR PARA REVISIÓN

78. Jiménez J., Rojas Rabiela, T., del Amo, S., y Gómez Pompa, A. (1995) *Conclusiones y Recomendaciones del Taller*. En: Presente, pasado y futuro de las chinampas. Rojas Rabiela T. (Coord.): p. 25.

79. Kapoor, I. (2001). *Towards participatory environmental management?* Journal of Environmental Management 63: 269-79.

80. Jiménez Nava F. (2008). Integración de información geográfica digital para el manejo integral de cuencas: el caso de la cuenca Lerma Chapala Santiago, Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana (UGM).

81. Lampert, W. y Sommer, U. (1997) *Limnoecology: The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press. 382 pp

82. Leriche Guzmán, L.F. (2001*). Isla del Carmen: La historia indecisa de un puerto exportador: el caso de la industria camaronera* (1947). México, DF: ENDESU, AC.

83. Ley de Aguas Nacionales de México, 2004. Diario Oficial de la Federación, 29 de abril de 2004.

84. Ley de Agua Francesa (1992). Francia: Ley No. 92-3 del 3 de enero de 1992 sobre el agua.

85. Ley de Navegación y Comercio Marítimos, 2006. Diario Oficial de la Federación, 1 de julio de 2006.

86. LGEEPA (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988.

87. Loverde-Oliveira, S. M., V. L. M. Huszar, N. Mazzeo, and M. Scheffer. 2009. Hydrology-Driven Regime Shifts in a Shallow Tropical Lake. Ecosystems 12:807-819.

88. Margalef, R.(1983). *Limnología*. Omega, Barcelona, 1010 pp.

BORRADOR PARA REVISIÓN

89. Mazari M., Mazari-Hiriart, M., Ramírez, C., Alberro, J. (1992). *Efectos de la extracción de agua en la zona lacustre del valle de México*. En: Volumen R. J, Marsal. Sociedad de Mecánica de Suelos, A.C.: 37- 48.

90. Mazari-Hiriart, M., López-Vidal, Y., Ponce de León, S., Castillo-Rojas, G., Hernández-Eugenio, C., Rojo, F., 2003). *Bacteria and disinfection by-products in water from Southern Mexico City.* Archives of Environmental Health 58 (4): 233-237.

91. McDuff, M. (2001). Building capacity of grassroots conservation organizations to conduct participatory evaluation. *Environmental Management* 27: 715-727.

92. Merino, L. (2008). Conservación comunitaria en la cuenca alta del Papaloapan, Sierra Norte de Oaxaca. *Nueva Antropología* 68: 37-49.

93. Meyer, S.M. y D.M. Konisky (2007). Adopting local environmental institutions. *Political Research Quarterly* 60: 3-16.

94. Moldan B., Billharz, S. (1997) *Sustainability Indicators. Report of the Project on Indicators of Sustainable Development*. John Wiley & Sons Ltd. Sussex, England.

95. Nava Escudero, C. (2006), La privatización de las zonas costeras en México, en López Olvera, M.A., Estudios en homenaje a don Alfonso Nava Negrete, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, 2006.

96. Nava Escudero, C. (2007), Comentarios al artículo 27 constitucional en materia de aguas, en Rabasa, Emilio O., Constitución y medio ambiente, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM, 2007.

97. Neiff, J.J et al. (2003) *Glosario de Humedales Latinoamericanos*. En: Neiff, J.J. (Ed.) Humedales de Iberoamérica. En prensa.

98. NOM-001-SEMARNAT-1996. *Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes*

BORRADOR PARA REVISIÓN

nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 1l 11 de diciembre de 1996 como NOM-001-ECOL-1996.

99. NOM-022-SEMARNAT-2003. *Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable, y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de abril de 2003. El 7 de mayo de 2004 el Diario Oficial de la Federación publica la adición de la especificación

100. NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo de 2002 como NOM-059_ECOL-2001.

101. O. Chabrerie, O. et al. (2001). *Biodiversity and Ecosystem Functions in Wetlands: A Case Study in the Estuary of the Seine River, Fran*ce. Estuaries Vol. 24, No. 6B, p. 1088–1096. December 2001.

102. Odum , H.P, *et al* (1988). *Environmental systems and Public Policy*. Ecological Economics Program. University of Florida, USA.

103. Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva.* Fondo de Cultura Económica, México.

104. Otto, J y A. Towle (1989). *Biología Moderna*. McGraw-Hill. México, 11ª. ed. 621 pp.

105. Pérez Ortiz M.A:, (2005*). Diagnóstico ambiental como base para la rehabilitación de las Ciénegas del Lerma, Estado de México*. Tesis Maestría en Ciencias (Biología Ambiental). Posgrado en Ciencias Biológicas-Instituto de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México. México: 85 pp. Dirigida por Marisa Mazari Hiriart, con apoyo del Instituto de Ecología, UNAM y la ONG Unidos para la Conservación

BORRADOR PARA REVISIÓN

106. Piña Poujol, P.C. (2007). *Regionalización eco-hidrológica de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, México*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Facultad de Ciencias-Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

107. Ramirez, R. (1999) *Stakeholder Analysis and Conflict Management*. En: Daniel Buckles (ed), Cultivating Peace: Conflict and Collaboration in Natural Resource Management. Ottawa: IDRC.

108. RAMSAR (1971). *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. RAMSAR, Iran, 2.2.1971 as amended by the Protocol of 3.12.1982 and the Amendments of 28.5.1987-

109. RAMSAR, (2004*). Manuales de RAMSAR para el uso racional de los humedales*, Secretaría de la Convención de RAMSAR, Gland, Suiza.

110. RAMSAR, (2005). Resolution IX.1 *Annex E: An Integrated Framework for wetland inventory, assessment and monitoring (IF-WIAM)*. 9th Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Wetlands (RAMSAR, Iran, 1971). Wetlands and water: supporting life, sustaining livelihoods. Kampala, Uganda, 8-15 November 2005.

111. RAMSAR, (2007*). Juego de herramientas de la Convención de RAMSAR*, 3a. edición

112. Robertson, Hugh A. y McGee, Tara K. (2003). *Applying local knowledge: the contribution of oral history to wetland rehabilitation at Kanyapella Basin, Australia*. Journal of Environmental Management 69: 275-87.

113. Sanders, W.T. (1993). *El Lago y el Volcán. La Chinampa (1957)*. En: La Agricultura Chinampera. Compilación Histórica, Rojas Rabiela T. (Comp.). Universidad Autónoma de Chapingo. México: 129- 178.

BORRADOR PARA REVISIÓN

114. Sandoval C.J., (1993). *Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de los canales de Xochimilco*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: 64.

115. SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006), Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México, SEMARNAT.

116. Séptima Reunión de Partes Contratantes RAMSAR (1999). *Resoluciones y recomendaciones de la COP7 de RAMSAR*. San José (Costa Rica), 10 al 18 de mayo de 1999

117. Scheffer, M., S. Carpenter, J. A. Foley, C. Folke, and B. Walker. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. Nature 413:591-596.

118. Scheffer, M., S. Szabo, A. Gragnani, E. H. van Nes, S. Rinaldi, N. Kautsky, J. Norberg, R. M. M. Roijackers, and R. J. M. Franken. 2003. Floating plant dominance as a stable state. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100:4040-4045.

119. Scheffer, M., J. Bascompte, W.A. Brock, V. Brovkin, S.R. Carpenter, V. Dakos, H. Held, E.H. Van Nes, M. Rietkerk and J. Sugihara. 2009. Early warning signals for critical transitions. Nature 461: 53-59.

120. Schippers, P., M. Lurling, and M. Scheffer. 2004. Increase of atmospheric CO2 promotes phytoplankton productivity. Ecology Letters 7:446-451.

121. Solís, C., Sandoval J., Pérez-Vega H., Mazari-Hiriart, M.(2006). *Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy metal analyses*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 249: 592-595.

122. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente (suma) (2009). Conservación de humedales en Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán. [Página Web copnsultada en junio de 2009) http://www.michoacan.gob.mx/Medio_Ambiente

BORRADOR PARA REVISIÓN

123. Talling, J.F.(1989). *Phytoplankton and primary production – Chairmans' overview*. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. (33):361-362.

124. Terrones López, María Eugenia (2006). *Xochimilco sin arquetipo: historia de una integración urbana acelerada*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 10, 218

125. Turner *et al* (2000). *Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy*. Ecological economics 35: 7-23

126. UNAM (2008). "*Estudio interdisciplinario de los humedales de la República Mexicana: Desarrollo metodológico para el inventario, evaluación, jerarquización, monitoreo, planes de manejo y marco jurídico, con validación en humedales piloto prioritarios*". México D. F. México

127. UNESCO-WWAP (2003). *Water for People Water for Life*. Bergham Books. Barcelona, España: 29-60

128. UNESCO (2006). *Water: a shared responsibility*. Bergham Books. New York: 123-145

129. US Environment Protection Agency (2007). *Wetlands Web Page*.

130. US Fish And Wildlife Service (2006). En Dahl, T.E. 2006. *Status and trends of wetlands in the conterminous United States 1998 to 2004*. U.S. Department of the Interior: Fish and Wildlife Service. Washington, D.C.

131. Valiente Riveros, Elsa Leticia (2006). *Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (Ambystoma mexicanum*). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología-UNAM: 99 pp.

132. Water Resources eAtlas, (2007) http://www.iucn.org/themes/wani/eatlas/

133. Wetzel, R.G. (2001). Limnology. Lake and Rivers Ecosystems. 3rd ed. Academic Press, USA. 1006 pp.

BORRADOR PARA REVISIÓN

134. Wetzel, R.G. y E.G. Likens, (2000). Limnological Analyses. 3rd ed. Springer-Verlag, New York. 429 pp.

135. Zambrano, L, E. Vázquez, D. García-Bedolla, W.F. Loftus and J.C. Trexler. (2006). Fish communities in inland aquatic habitats of the Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Ichthyological Exploration of Freshwater. 17(3): 193-206.

136. Zambrano, L., J. Beijer, F. Roozen, and M. Scheffer. 2005. A method for measuring effects of bioturbation and consolidation on erosion resistance of aquatic sediments. Archiv Fur Hydrobiologie 162:327-337.

BORRADOR PARA REVISIÓN

Anexo I. La UNAM y los humedales

Académicos de distintas dependencias de la UNAM han participado activamente en el estudio de los humedales, de su problemática y de posibles soluciones. Los recuadros siguientes destacan algunos aspectos relevantes de esta experiencia acumulada.

Recuadro 1. Laguna de Términos

Localización

La Laguna de Términos está ubicada en la zona costera del estado de Campeche. Abarca más del 80% de la superficie del municipio del Carmen y partes de los municipios de Palizada, Escárcega y Champotón (coordenadas: 18º03'27", 19º10'35'' de latitud norte; 92º28'38" y 91º03'16" de longitud oeste). Junto con la vecina Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (sitio RAMSAR desde 1995), en Tabasco, la región comprende la parte baja de las cuencas de los ríos Grijalva, Usumacinta al oeste y Candelaria al este, y es uno de los humedales más extensos de Mesoamérica.

Régimen de protección

Área de Protección de Flora y Fauna y sitio RAMSAR (2004)

Extensión

El área natural protegida tiene una extensión de 705,016 hectáreas y presenta un sistema lagunar que incluye pantanos permanentes y temporales, cuerpos acuáticos someros y estuarios. La Laguna, con una extensión de aproximadamente 200,000 ha, es el estuario más grande de México.

Clima

La región tiene un clima cálido subhúmedo con abundantes lluvias en verano; presenta una temperatura media anual de 26-28oC y precipitación total anual de entre 1,200-2,000 mm.

Importancia biológica

Los tipos de vegetación de la zona incluyen selva alta perennifolia y subperennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja perennifolia, popal, tular, carrizal, matorral espinoso inundable, matorral inerme inundable, palmar inundable, pastizal natural y cultivado, sabana, palmar inundable, vegetación acuática y subacuática. Los tipos de hábitats más comunes son dunas, pantanos, esteros, manglares, marismas, espejos de agua dulce y salobre e islas fluviales. La región tiene una alta riqueza de insectos, moluscos, reptiles, aves y mamíferos. La flora más característica incluye manglares negro, blanco, rojo y botoncillo, palmas de tasiste, helecho, jaguacaté, julube y pucté, entre otros.

Amenazas

La Laguna de Términos ha sido testigo de una intensa explotación de recursos naturales desde épocas de la colonia. La extracción maderera, sobre todo de palo de tinte, cedro y caoba que alcanzó su auge en el siglo XIX, fue causa directa del agotamiento casi total de estas especies en la región. La pesca del camarón, que tuvo su mayor ímpetu a partir de mediados del siglo pasado, marcó la siguiente gran ola de actividades extractivas en la zona. Como resultado, la productividad de la pesquería se redujo hasta 80% entre 1972 y 2000. El descubrimiento de yacimientos de petróleo en la sonda de Campeche en 1977, marcó el tercer período extractivo en la región que continúa al día de hoy.

Junto con las actividades extractivas vino el crecimiento demográfico. Actualmente habitan cerca de 153,600 personas en el área de Laguna de Términos, de los cuales el 81% se concentra en Ciudad del Carmen; el 19% restante se distribuye en 31 comunidades, 25 poblados y rancherías. Muchas de ellas tuvieron su origen en la época de explotación maderera del siglo antepasado.

Los principales problemas que enfrenta esta región de humedales son:

- **Sobreexplotación pesquera**
- **Pérdida de cobertura de manglar y de humedales por conversión a suelos agropecuarios**
- **Contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos utilizados en las actividades agropecuarias (sobre todo en potreros y arrozales)**
- **Contaminación por desechos urbanos y por explotación petrolera**
- **Expansión de infraestructura de transporte que ha fracturado a los humedales**

La UNAM en Laguna de Términos

La UNAM ha realizado investigaciones en la Laguna de Términos desde hace más de tres décadas. Los estudios han girado en torno a las dinámicas ecosistémicas del sitio, la diversidad biológica (estudios a nivel de población, comunidad y especie) y la presencia de contaminantes en cuerpos de agua relacionados con actividades petroleras, entre otros. El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología cuenta con una estación de investigación en la zona.

Referencias

APFF-LT CONANP (http://lagunadeterminos.conanp.gob.mx/),

CONABIO (http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_090.htm),

INEGI (XII Censo General de Población y Vivienda 2000),

Leriche Guzmán, L.F. (2001). Isla del Carmen: La historia indecisa de un puerto exportador: el caso de la industria

camaronera (1947). México, DF: ENDESU, AC.

Recuadro 2. Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an

Localización

La Reserva se encuentra en el estado de Quintana Roo, entre los 20°07'48'' y los 18°54'00'' de latitud norte y los 88°16'12'' y los 87°24'36'' de longitud oeste.

Régimen de protección

Reserva de la Biósfera

Extensión

Este polígono comprende un área de alrededor de 5,517.15 km^2.

Clima

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio anual es de 26ºC y la precipitación total anual de entre 1,100 y 1,200 mm. El 70% de la precipitación se registra entre mayo y octubre y el 30% restante durante el periodo de secas que va de noviembre a abril. Esta zona cuenta una con una temporada de ciclones entre junio y noviembre.

Importancia biológica

Alrededor del 25% de la porción terrestre de la reserva es humedal. La importancia de la zona radica en su localización que puede ser considerada la puerta de entrada natural para las especies neotropicales (originadas en Sudamérica), hacia el norte, y los neárticos (originados en Norteamérica) hacia el sur. Es por esto que la diversidad del lugar es muy alta en plantas que van desde manglar, pasando por pastos llegando a la selva inundable; en peces (con más de 7 familias y alrededor de 30 especies) y otros grupos de animales asociados, como decápodos (muchos endémicos al humedal), aves (flamencos, halcones, garzas y hasta tapacaminos). Los reptiles, como tortugas, cocodrilos, boas y nauyacas, están relacionados con el ciclo hídrico. En este humedal son abundantes los mamíferos (tapires, viejos de monte, monos araña, venados, zorros, jabalíes, tuzas y armadillos),

incluyendo grandes felinos, como pumas, jaguares, ocelotes y tigrillos, lo que sugiere que el sistema no está muy perturbado.

Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos que este humedal brinda a la península van desde la recarga del manto freático para las zonas costeras cercanas a Tulúm hasta el amortiguamiento de huracanes que entran por ese lado de la península.

Amenazas

El peligro potencial de este gran humedal es la presión turística que desde el norte genera el corredor Cancún-Tulúm. Sin tener que tocar el humedal, el crecimiento turístico puede modificar en gran medida el ciclo hídrico de los humedales al reducir el manto freático y/o cortar el flujo subterráneo del centro de la península de Yucatán hacia el humedal con infraestructura de comunicaciones. Aún cuando esto puede parecer lejano, la perturbación que ha sufrido el humedal de "Los Everglades" (humedal gemelo al de Sian Kaan) en Florida indica que este peligro es más cercano de lo que se piensa. El cambio en el flujo hídrico de "Los Everglades" generado a partir de los 50s ha provocado la desaparición de muchas especies, reducido la capacidad de los servicios ecosistémicos (como la protección de Miami contra los huracanes) y su restauración está siendo evaluada en cientos de miles de millones de dólares.

La UNAM en la Biosfera de Sian Ka'an

La UNAM ha estado trabajando en este humedal desde el 2000 haciendo análisis de diversidad íctica y de la estructura trófica en diferentes ambientes del sistema. El enfoque de los trabajos que se han realizado es el de analizar el funcionamiento del sistema bajo la luz de la dinámica hídrica con el fin de entender los cambios potenciales de su funcionamiento si ésta se modifica por la presión turística. De esta manera se ha trabajado con la diferenciación ecomorfológica de los diferentes tipos de cuerpos de agua (humedales, cenotes, selva baja y lagos). Una vez diferenciados se puede comprender la dinámica funcional de los mismos y como están involucradas las comunidades en cada uno de éstos.

Referencias

Zambrano, L, E. Vázquez, D. García-Bedolla, W.F. Loftus and J.C. Trexler. (2006) Fish communities in inland aquatic habitats of the Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. Ichthyological Exploration of Freshwater. 17(3): 193-206.

Recuadro 3. Ciénegas del Lerma, Estado de México

Localización

Las Ciénegas del Lerma se localizan en la franja oriental del Valle de Toluca en el Estado de México y forman parte de la Cuenca Alta del Lerma. Se localizan en el extremo sur, entre las coordenadas 19º 06' 29" N y 99º 30' 53" W, y hacia el norte, entre las coordenadas 19º 21' 48" N y 99º 30' 13" N.

Régimen de protección

Las Ciénegas de Lerma fueron declaradas como Área de Protección de Flora y Fauna. La ciénega de Almoloya fue declarada como Parque Municipal en 1978, y recientemente ha sido propuesta como "Santuario del Agua", entendiéndose como un sitio donde brota o recarga el acuífero

Debido al gran número de aves migratorias que utilizan las ciénegas en invierno, se han desarrollado planes de manejo a través de lo que se denomina UMAs (Unidades de Manejo y Aprovechamiento para la Conservación de la Vida Silvestre), que permite la cacería controlada en la zona.

Extensión

Actualmente cubren una superficie promedio de 1,425 hectáreas. Están conformadas por tres tramos separados, que se extienden en escalones sucesivos, descendentes, de sur a norte.

Hidrología

La mayor parte de la hidrografía proviene de los escurrimientos de la sierra de las Cruces y del Nevado de Toluca, formando ríos y gran cantidad de arroyos, entre los que destaca el río Lerma, que, aunque poco caudaloso, presenta un lecho extenso.

Importancia biológica

Las ciénegas son importantes ya que poseen una gran diversidad biológica, que incluye especies endémicas y nativas en riesgo, mismas que son de importancia estética y económica (actividades cinegéticas). Entre ellas se encuentran más de 30 especies de plantas, cinco especies de peces, dos de aves y un ajolote. Cabe destacar que estos humedales reciben aves migratorias de una de las tres rutas de migración que cruzan el país: la ruta de la Altiplanicie Mexicana. Albergan cerca de 100 especies de aves, de las cuales más del 60% presentan hábitos acuáticos; algunas de estas aves migran provenientes de Estados Unidos, Canadá y el Norte de México. Estos ecosistemas son considerados de alta diversidad y de extrema fragilidad.

Servicios ecosistémicos

Desde el punto de vista hídrico, este ecosistema reviste un papel importante para el almacenamiento e infiltración de agua, además de funcionar como vaso regulador de inundaciones.

Amenazas

Las Ciénegas del Lerma presentan como problema fundamental la disminución de la superficie original, llevando a una fragmentación y pérdida de los hábitats, alterando el ecosistema acuático. Lo que fue un sistema de lagos, separado por pequeños arroyos, se transformó en cuatro cuerpos de agua durante 1970, y en la actualidad existen tres cuerpos de agua perennes. Este deterioro está estrechamente relacionado con la explotación intensiva de agua subterránea, y la disminución de la recarga natural, además de la desecación para abrir tanto tierras de cultivo, como para la urbanización e industrialización de la región. Adicionalmente, debido a que las ciénegas se encuentran ubicadas en una zona altamente poblada, reciben aguas de descargas de drenajes urbanos e industriales.

Referencia

Pérez Ortiz G., 2005. Diagnóstico ambiental como base para la rehabilitación de las Ciénegas del Lerma, Estado de México. Tesis Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Universidad Nacional Autónoma de México. México: 85 pp. Dirigida por Marisa Mazari Hiriart, con apoyo del Instituto de Ecología, UNAM y la ONG Unidos para la Conservación.

Recuadro 4. Río Cuitzmala y Humedal Cuixmala-Chamela, Jalisco.

Localización

La cuenca del río Cuitzmala se localiza en la porción occidental del país en la vertiente del Océano Pacífico. Fisiográficamente se localiza al noroeste de la Sierra Madre del Sur y las subprovincias de las sierras de las costa de Jalisco y Colima. El punto con mayor altitud de la cuenca se ubica a 1,770 msnm en cerro de Bramon. Las coordenadas geográficas de ese punto son 19º 50' 28'' latitud norte y 104º 36' 34'' longitud oeste (SARH 1993). La desembocadura se ubica cerca de la localidad de Cuitzmala a 3 km en línea recta de la línea litoral; desembocadura que se presenta en el Boletín Hidrológico No. 41 S al Océano Pacífico (Meléndez, 1999).

Extensión y ubicación del humedal

El área total de la cuenca del río Cuitzmala es de 1096 km2 (Meléndez 1999).La parte del humedal la constituye la planicie a nivel del mar donde se localizan ocho lagunas (seis de ellas estacionales) destacando la laguna de Corte (Meléndez, 1999).

Clima

El promedio de la temperatura anual es superior a 20 ºC y la precipitaciones anual es de 1200 mm como máximo, aunque lo común es que sean del orden de 800 mm, con una temporada seca que puede durar hasta 7 u 8 meses

y que es muy severa.

Importancia biológica

El humedal está constituido por vegetación selva baja caducifolia. Esta selva constituye el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las regiones cálido-húmedas. Estas selvas se presentan desde el nivel del mar hasta unos 1700 m.

La desembocadura del río Cuitzmala cuenta con una gran diversidad de la flora y fauna, entre las que más destacan son: una alta densidad poblacional de cocodrilos (Kinosternon chimalhuaca) de 26 individuos /km2, registro que coloca al área con una densidad de las más altas que se han registrado en su especie a los largo de distribución en el continente americano (Casas-Andreu y Aguilar, 2002). Además, cuenta con endemismos como es el caso de la tortuga, Kinosternon chimalhuaca Berry (Casas-Andreu, 2002).

Servicios ecosistémicos

Además de su importancia hídrica, los mangles (Laguncularia racemosa y Rizophora mangle) funcionan como barreras naturales, entre otros (Lot, 2002).

Amenazas

La zona sufre grandes presiones por los desarrollos turísticos y los limitados recursos hídricos lo que se contrapone con las prioridades de conservación de la Reserva de la Biosfera Cuixmala-Chamela, Jalisco. El no entender los procesos que están llevando a cabo por la explotación intensiva del acuífero pueden llevar a un problema de intrusión salina en la región, lo que afectaría a los pobladores locales, a la zona turística y sería una disrupción del sistema de flujo y calidad del agua en la zona baja, costera que es donde se ubican los sitios de extracción. Esto puede tener también efectos en la vegetación, especialmente del humedal pero también en vegetación de la zona terrestre al provocarse una situación con menor disponibilidad de agua para ésta.

La UNAM en el río Cuitzmala y en Cuixmala-Chamela

El Grupo Cuencas de la UNAM lleva a cabo estudios desde hace 30 años en la zona del humedal Cuixmala-Chamela, en la costa de Jalisco, donde está actualmente en pleno debate la autorización del desarrollo turístico Rancho Don Andrés con clave 14JA2007T0002 del Promovente Fraccionamiento Punta Farallón, S. A. de C. V. La consulta pública por parte de SEMARNAT se cerró el 30 de abril, 2007. Se han discutido recientemente otros dos desarrollos turísticos que ya han sido aprobados IEL La Huerta y La Tambora, en la misma zona de la costa de Jalisco. El conflicto en ésta zona es conservación vs. desarrollo turístico en una zona tropical seca donde el agua constituye el principal factor limitante.

Se han realizado tres tesis de maestría como parte del proyecto "Manejo del agua en la Cuenca del Río Cuitzmala: bases ecológicas y sociales para un manejo integrado de cuencas" realizado por investigadores del Centro de

Investigación en Ecosistemas (CIEco), Morelia, Michoacán y del Instituto de Ecología de la UNAM (IEUNAM) de 2003 a 2007.

Se describen las condiciones del río Cuitzmala, Jalisco, estudiado durante el ciclo anual 2004 a través del trabajo de investigación de tesis de maestría de la Biól. Diana Mayra López Tapia (2008) denominada "Elaboración de criterios para la restauración de la Cuenca del Río Cuixmala, Jalisco", del Posgrado en Ciencias Biológicas, Maestría en Biología Ambiental (Restauración Ecológica). Facultad de Ciencias-Instituto de Ecología, UNAM. Los resultados sobre determinaciones microbiológicas muestran la influencia de las actividades productivas a lo largo del río, con influencia predominantemente de origen animal, como fuente difusas de contaminación. Está en proceso la interpretación de datos de calidad del agua en función de las actividades productivas en la cuenca que cubre un área de 1,089 km^2.

Se ha concluido la tesis de maestría "Regionalización eco-hidrológica de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, México" del alumno Pablo César Piña Poujol, alumno de Manuel Maass Moreno del CIEco, UNAM. El objetivo general fue el de generar las bases para el seguimiento a largo plazo de parámetros eco-hidrológicos en la cuenca del río Cuitzmala. Para ello fue necesaria una regionalización eco-hidrológica de la cuenca. Esta se realizó con base en un criterio de subsistemas (subcuencas) denominadas Unidades de Respuesta Ecohidrológica (UREh), cuya función es reconocer mecanismos de retroalimentación (a diferentes escalas espaciales y temporales) entre el componente de cobertura vegetal y el componente hidrológico. La elaboración de la propuesta de monitoreo eco-hidrológico, se basó en un modelo conceptual que parte de la naturaleza de la lluvia como evento disparador del proceso hidrológico, su incidencia sobre los componentes del espacio (área de la cuenca, geomorfología, cobertura del suelo, asentamientos humanos, relieve, etc.) y la respuesta de la cuenca en su conjunto ante dicho evento disparador. Con base en la información generada, se hizo una propuesta de monitoreo eco-hidrológico a largo plazo, que incluye los siguientes aspectos: una descripción de las principales unidades geomorfológicas; la demarcación detallada de su cobertura vegetal; la evaluación de la evapotranspiración actual en las diferentes sub-cuencas; un análisis de la respuesta intra e inter anual de la cobertura vegetal; la ubicación de estaciones de monitoreo (para lluvia, temperatura, calidad y cantidad de escorrentía); la modelación de los procesos hidrológicos; y el registro detallado de usuarios del agua, así como de las estructuras asociadas a su aprovechamiento.

En el humedal de Cuixmala-Chamela se realizó la tesis de maestría "Evaluación del humedal de Cuitzmala para identificar prioridades de rehabilitación" de la alumna Sara Bonilla Meza (2007), dirigida por Marisa Mazari Hiriart del Instituto de Ecología, UNAM. En este estudio se evaluó la calidad del agua en cuatro subsistemas representativos del humedal de la desembocadura del río Cuitzmala, en la costa de Jalisco. Estos subsistemas son el Río, la Vena, la Laguna Principal y Laguna de Corte, cubriendo el ciclo anual 2005-2006 durante la época de lluvias y secas, se monitorearon parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Se identificaron los principales tipos de vegetación acuática relacionada, así como, su cobertura y biomasa. Los resultados muestran que el humedal, en general, cuenta con relativamente buena calidad, apta para la conservación de la vida acuática de acuerdo

con la NOM-001-SEMARNAT-1996. Sin embargo, existen diferencias significativas entre los subsistemas muestreados, sobresaliendo la Laguna de Corte en donde la concentración de carbono orgánico total es alta, así como los conteos bacteriológicos, por lo que se propone establecer criterios para una evaluación más detallada con el fin de conservar dicho sitio.

Son escasas las investigaciones en humedales tropicales donde se hace una evaluación de la degradación del sistema basada en la calidad del agua, su impacto y su relación con la vegetación acuática presente, por lo que este estudio resulta novedoso. Tesis en proceso de revisión final.

Referencias

Piña Poujol, P.C., 2007. Regionalización eco-hidrológica de la cuenca del río Cuitzmala, Jalisco, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Facultad de Ciencias-Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Bonilla Meza S., 2007. Evaluación del humedal de Cuitzmala para identificar prioridades de rehabilitación. Maestría en Biología Ambiental (Restauración Ecológica). Facultad de Ciencias, UNAM.

López Tapia, D.M. 2008. Elaboración de criterios para la restauración de la Cuenca del Río Cuixmala, Jalisco. Maestría en Biología Ambiental (Restauración Ecológica). Facultad de Ciencias, UNAM.

Recuadro 5. Xochimilco

Localización

La zona lacustre de Xochimilco se encuentra en la Delegación de Xochimilco, al sur del Distrito Federal,

Régimen de protección

Área natural protegida (ANP) con carácter de Zona de Conservación Ecológica. Xochimilco está inscrito como Patrimonio Mundial Cultural y Natural ante la UNESCO desde 1987 y sitio RAMSAR (2004).

Extensión

Tiene una superficie aproximada de 2,657 hectáreas.

Importancia biológica

La importancia biológica de Xochimilco es clave, ya que es refugio de una variedad de especies. Se han registrado 180 especies de flora y 139 especies de vertebrados. Entre los anfibios existentes en la zona, destaca el ajolote

(Ambystoma mexicanum), especie con alto valor científico y cultural, que es endémico de la zona y está en categoría de protección especial. La región también es un importante refugio de aves migratorias; se han llegado a registrar más de 193 especies.

Servicios ecosistémicos

La provisión de servicios ecosistémicos de Xochimilco a la zona metropolitana de la Ciudad de México es fundamental. El área funciona como filtro de agua, punto de recarga de acuíferos y absorción de carbono. Los acuíferos ubicados en la subcuenca Chalco-Tláhuac-Xochimilco suministran 27 m3/s según lo reportado por Mazari y colaboradores en 1992, lo que equivalía al 43% del consumo total de agua en la Ciudad de México en los noventas, y en la actualidad representa el 37% (Ezcurra et al., 2006). Actualmente, debido a la explotación de los manantiales y acuíferos de la región, que comenzó desde la época del porfiriato, los aportes de agua al humedal (sistema de canales) proviene principalmente de la precipitación pluvial en época de lluvias (620 mm/año), drenajes, descargas clandestinas y agua proveniente de tres plantas de tratamiento de aguas residuales, principalmente de la Planta Cerro de la Estrella.

Desde el punto de vista cultural, Xochimilco alberga el último vestigio del sistema de aprovechamiento agrícola de la época prehispánica basado en las chinampas, islas artificiales construidas con sedimentos del lago y vegetación lacustre en capas alternadas, elevando así su nivel sobre el nivel del lago y afianzadas con Salix bonplandiana o ahuejote (Sanders, 1993). Desde el punto de vista agrícola, se trata del agroecosistema sostenible más diverso y productivo que se conoce a la fecha (Jiménez et al., 1993). Las chinampas, canales circundantes, apantles (canales secundarios), lagos permanentes y de temporal conforman un paisaje único de atractivo turístico para visitantes nacionales y extranjeros.

Amenazas

Con el manejo del humedal se ha propiciado una alteración del flujo hídrico, lo que ha afectado la cantidad y la

calidad del agua, tanto en el cuerpo de agua superficial como en el sistema de agua subterránea (Cisneros, 2005; Mazari-Hiriart et al., 2003; Aguilar y Mazari Hiriart, 2003; Espinosa-García et al., 2002 y 2003). Afectando así mismo las prácticas de riego por capilaridad que se utilizaban en la zona.

Diversos estudios sobre Xochimilco han identificado los siguientes problemas ambientales.

- **Alta densidad de población (145,778 personas viven tanto dentro y en la zona de influencia del ANP (INEGI 2000)) aunado al crecimiento urbano desordenado (Terrones, 2006).**
- **Contaminación microbiológica del agua con conteos bacterianos que superan los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud y las Normas Oficiales Mexicanas para agua de riego (Sandoval 2003), así como presencia de virus en agua (Aguilar y Mazari Hiriart, 2003), afectando el agua de riego y de consumo (Espinosa-García et al., 2002 y 2003; Mazari Hiriart et al., 2008).**
- **Contaminación de agua subterránea con presencia de *Enterococcus*, *Escherichia*, *Salmonella* y *Helicobacter pylori*, lo que indica un proceso deficiente de desinfección del agua y un riesgo potencial a la salud por consumo humano (Mazari-Hiriart et al., 2003).**
- **Pérdida de la tradición agrícola chinampera por presión ejercida por las prácticas agrícolas con uso intensivo de agroquímicos, sobretodo los invernaderos (Contreras, 2006; Solís et al., 2006).**
- **Extracción ilegal e indiscriminada de fauna nativa (Iniciativa Darwin, 2004, obs. pers) e introducción de especies exóticas acuáticas -lirio *Eichhornia crassipes*, carpa *Cyprinus carpio* y tilapia *Oreochromis niloticus*-. Estas dos últimas amenazan la sobrevivencia del ajolote por depredación directa y competencia por recursos (Valiente, 2006).**

La UNAM en Xochimilco

La UNAM lleva más de una década participando activamente en la generación de conocimiento de la zona de Xochimilco. Las líneas de investigación giran en torno a las modificaciones sufridas por el sistema a lo largo de los años y su repercusión ambiental, económica y social. Las instancias participantes de la UNAM en Xochimilco incluyen al Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Facultad de Medicina, Instituto de Física, Instituto de Ingeniería y el Instituto de Investigaciones Económicas. A diferencia de estudios realizados en la zona por décadas, el trabajo que se ha llevado a cabo se ha georeferenciado, lo que permite tener una idea tanto temporal como espacial de la situación en el humedal de Xochimilco (Zambrano et al., en prensa).

Referencias

Aguilar J. y Mazari Hiriart, M. 2003. Escherichia coli Virulence Factors in Water from the Xochimilco Area, Mexico City. International Water Association. 4th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. México, D. F., 19 noviembre, 2003.

Cisneros I. P., 2005. Aspectos ambientales relacionados con la calidad del agua en Xochimilco, Distrito Federal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: 91.

Contreras Ruiz Esparza, A. V. (2006). Distribución potencial del Ambystoma mexicanum en los canales de la zona chinampera de Xochimilco. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México: 49 pp.

Espinosa-García A.C., M. Mazari-Hiriart, C. F. Arias y S. Ponce de León. 2002. Presence of enteric viruses in water in southern Mexico City. Proceedings of the International Conference: Water and Wastewater, Perspectives of Developing Countries. Indian Institute of Technology Delhi-International Water Association. New Delhi, India. 11-13 diciembre, 2002: 677-682.

Espinosa García, A.C., P. Cisneros, P. Islas, C. Arias y M. Mazari Hiriart. 2003. Seasonal Variability of Rotavirus and Indicator Bacteria in Recycled Water used for Irrigation in Mexico. International Water Association. 4th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse. México, D. F., 19 noviembre, 2003.

Ezcurra E., Mazari-Hiriart, M., Pisanty, I., Aguilar, A. G., 2006. La Cuenca de México. Fondo de Cultura Económica. México. México: 112-119.

Valiente Riveros, Elsa Leticia (2006). Efecto de las especies introducidas en Xochimilco para la rehabilitación del hábitat del ajolote (Ambystoma mexicanum). Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología-UNAM: 99 pp.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (IINEGI) (2000). XII Censo General de Población y Vivienda. Aguascalientes, México.

Iniciativa Darwin (2004), "La conservación del ajolote (Ambystoma mexicanum) en Xochimilco, Ciudad de México. Un plan de especie/hábitat", Plan producido por el seminario/taller internacional de la Iniciativa Darwin. México, DF: UAM-X/CIBAC

Jefatura de Gobierno (11/I/2006). Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco". México, DF: GDF.

Jiménez J., Rojas Rabiela, T., del Amo, S., y Gómez Pompa, A., 1995. Conclusiones y Recomendaciones del Taller. En: Presente, pasado y futuro de las chinampas. Rojas Rabiela T. (Coord.): p. 25.

Mazari M., Mazari-Hiriart, M., Ramírez, C., Alberro, J., 1992. Efectos de la extracción de agua en la zona lacustre del valle de México. En: Volumen Raúl J, Marsal. Sociedad de Mecánica de Suelos, A.C.: 37- 48.

Mazari-Hiriart, M., López-Vidal, Y., Ponce de León, S., Castillo-Rojas, G., Hernández-Eugenio, C., Rojo, F., 2003. Bacteria and disinfection by-products in water from Southern Mexico City. Archives of Environmental Health 58 (4): 233-237.

Mazari-Hiriart, M., Ponce-de-León′ S., López-Vidal, Y., Islas-Macías, P., Amieva-Fernández R.I., Quiñones-Falconi, F., 2008. Microbiological Implications of Periurban Agriculture and Water Reuse in Mexico City. *PLoSONE* 3(5): 1-8.

Sanders, W. T., 1993. El Lago y el Volcán. La Chinampa (1957). En: La Agricultura Chinampera. Compilación Histórica Rojas Rabiela T. (Compil). Universidad Autónoma de Chapingo. México: 129- 178.

Sandoval C. J., 2993. Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua de los canales de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México: 64.

Solís, C., Sandoval J., Pérez-Vega H., Mazari-Hiriart, M., 2006. Irrigation water quality in southern Mexico City based on bacterial and heavy metal analyses. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 249: 592-595.

Terrones López, M.E. (2006). "Xochimilco sin arquetipo: historia de una integración urbana acelerada", Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 10, 218.

Zambrano, L., Contreras, V., Mazari-Hiriart, M., Zarco-Arista, A.E. En prensa. Spatial heterogeneity of water quality in a high altitude tropical managed freshwater system. Aceptado en Environmental Management.

BORRADOR PA

Anexo II. Criterios para la caracterización de humedales

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	México	Hidrológicos con criterios de zonación y temporalidad Físico-químicos (geomorfología, edafología, calidad del agua) Biológicos (biota, cobertura vegetal)	Nacional Sistema de Clasificación para el INH Ámbito Sistema Subsistema Clase Subclase Tipo dominante	Socioeconómicos Jurídicos	Modelo Jerárquico Enfoque Hidrológico/ Ecológico	Sistema de clasificación para el Inventario Nacional de Humedales (INH). Presentación de los trabajos realizados en función de delimitación y clasificación de manglares. Responsable: M. en C. Ma. Teresa Rodríguez ("Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Sobre el Agua" CONAGUA-CONACYT, 2007)

BORRADOR PARA

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
			Inventario			
Instituto Nacional de Ecología (INECOL A.C.)	México	Biofísicos (forma, tamaño, ubicación, inclinación, morfogénesis del relieve, edafología) Hidrológicos (régimen hídrico, calidad del agua) Biológicos y ecológicos (especies indicadoras)	Temporalidad: piloto para clasificación en 3 sitios Laguna de Sontecomapan, Veracruz, Región de los Petenes, Campeche Y Laguna De Alchichica, Puebla 1:250,000 1:100,000 1:50,000	Socioeconómicos Jurídicos	Enfoque geográfico. Bases cartográficas, SIG Mapas.	Presentación: Propuesta de clasificación de humedales. Responsable INECOL 2007

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
			1:10,000			
Instituto Nacional de Ecología (INE)-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	México	Físico-químicos (hidroperíodo, geomorfología, calidad del agua, edafología) Biológicos (biota predominante). Asentamientos Humanos	Estudio comparativo en apoyo a los trabajos del Grupo Interinstitucional para el Inventario Nacional de Humedales sobre los distintos sensores remotos y métodos de clasificación de imágenes para obtener información cartográfica de humedales.	Económicos Jurídicos	Enfoque geográfico. Bases cartográficas, SIG Mapas.	Presentación: Estudio comparativo de métodos de clasificación de imágenes y sensores remotos para obtener información geográfica de humedales. Responsable Nora Esquivel, INE. Convención Nacional de Geografía, 2005
Instituto Nacional de	México	Ecológicos	Estudio interdisciplinario para	Económicos	Manejo integral	El Manejo Integral de Cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Helena

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
Ecología (INE)-Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)		Hidrológicos Jurídicos	el manejo integral de cuencas		(interdisciplinario)	Cotler (compiladora). Instituto Nacional de Ecología. INE-SEMARNAT. 2004
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)	México	Biofísicos (ubicación, elevación, clima , edafología, geología, hidrología), químicos, calidad del agua) Biológicos (biodiversidad) Económicos (actividades económicas)	Nacional 1:4,000,000	Sociales Jurídicos	Hidrológico	Arriaga Cabrera, L.V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durán, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López y E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones Hidrológicas prioritarias: fichas técnicas y mapas (escala 1:4,000,000). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
CIAD A.C.	México, Subcuenca Río San Pedro	Edafológicos (características de suelos) Hidrológicos (hidroperiodo) Biológicos (vegetación) Socioeconómicos (cambio de uso de suelo)	1:50,000 Manejo	Climatológicos Fisicoquímicos Ecológicos Jurídicos	Geográfico. Análisis digital de imágenes satelitales y verificación en campo.	Presentación: Inventario de humedales de la subcuenca san pedro y alternativas para su manejo y conservación en función de las tendencias de cambio de usos de suelo y patrones de escurrimiento. Responsable Arturo Ruiz Luna Reunión informativa de los proyectos CONAGUA-CONACYT, 2007.
IMTA	México, Cuneca del Río	Físicos (geomorfología, edafología, clima)	1:250,000 1:75,000	Químicos (calidad del agua)	Teórico-metodológico. Uso de imágenes de	Presentación: Inventario, caracterización y uso sustentable de los humedales de la cuenca del Río Papaloapan. Responsables Jorge Brena Zepeda (IMTA), Angel Priego (UNAM) Rosario Landgrave (INECOL).

BORRADOR PARA

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
INECOL A.C. UNAM	Papaloapan	Hidrológicos (periodicidad de inundación) Biológicos (vegetación) Socioeconómicos (cambio uso de suelo)	1:25,000 Inventario integral de la cuenca Caracterización Manejo Prospección a 30 años con modelos	Ecológicos Jurídicos	satélite	Reunión informativa de los proyectos CONAGUA-CONACYT, 2007

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
			numéricos			
Finlayson	Asia (inc. Australia)	Físico-químicos (hidroperiodo, geomorfología, calidad del agua, clima, ecoregión, ubicación, elevación) Biológicos y ecológicos (biota predominante, procesos bioquímicos) Económicos (bienes y servicios ambientales)	Se puede aplicar a nivel global Monitoreo	Sociales Jurídicos	Jerárquico/ multiescalar Geográfico (SIG) Enfoque Ecológico/ Hidrológico/ Social	Finlayson 2003.The Challenge of integrating wetland inventory, assessment and monitoring. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 13:281-286.

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
		Jurídicos (autoridad administrativa) Modelo teórico				
Finlayson	Australia	Biofísicos, químicos (calidad del agua), biológicos (vegetación, procesos ecológicos) Socioeconómicos	Nacional Monitoreo y manejo	Jurídicos	Protocolo para monitoreo ecológico	Finlayson CM, Mitchell DS, 1999. Australian wetlands: the monitoring challenge. *Wetlands Ecology and Management 7*: 105-112.

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
US Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Office of Biological Services.	EU	Físico-químicos (hidroperiodo, geomorfología, calidad del agua, edafología) Biológicos (biota predominante).	Se aplicó a escala nacional para obtener información comparable. Sistema de clasificación: Sistema Subsistema Clase Subclase Tipo dominante	Socioeconómicos Jurídicos	Modelo Jerárquico Enfoque hidrológico/ecológico	Cowardin et al 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United Estates. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington D.C. Jameston, ND: Northern prairie Wildlife Research Center Home Page. http://www.npwrc.usgc.gov/resource/1998/classwet.htm (version 04DEC98)

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
			Monitoreo y Manejo Se considera muy completo y es la clasificación oficial			
Finlayson	Global	Físico-químicos (hidroperiodo, geomorfología, calidad del agua, clima, ecoregión, ubicación, elevación) Biológicos y ecológicos (biota predominante,	Se puede aplicar a nivel global Evaluación Monitoreo	Socioeconómicos Jurídicos	Multi-scalar, Inter.-related inventory, assessment and monitoring model	Finlayson & van Dam 2004. Developing local capacity and ensuring relevant risk assessment for tropical wetlands SETAC Globe Jan-Feb, 36-38

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
		procesos bioquímicos) Modelo teórico				
Turner	Global	Físicos-químicos (geomorfología, tamaño, hidroperiodo, ubicación, inclinación, edafología) calidad del agua) Biológicos y ecológicos (biota, procesos biológicos, biomasa).	Se puede aplicar a nivel global Manejo	Jurídicos	Enfoque ecológico/económico	Turner et al 2000.Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological economics 35: 7-23

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
		Económicos (bienes y servicios derivados del uso del humedal) Sociales (interesados/usuarios directos e indirectos) Modelo teórico				
Finlayson	Global	Biofísicos, químicos, (Área, limites, ubicación, geomorfología, edafología, hidroperiodo), químicos (calidad del agua),	Revisión bibliográfica comparativa de trabajos de inventarios de humedales a nivel	Jurídicos	Geográfico (SIG)	Finlayson et al 1999. Global Wetland inventory: current status and future priorities. Marine Freshwater Research. 50:717-27

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
		biológicos (características bióticas). Socioeconómicos (información orientada al manejo de los humedales)	regional.			
RAMSAR	Global	Biofísicos (ubicación, elevación, tamaño, forma, región biogeográfica, clima, suelo, geomorfología, hidroperiodo, profundidad, química del agua) Ecológicos (biota, productividad y procesos	Se ha llevado a cabo a nivel Nacional y regional. Se puede aplicar a nivel mundial Hay 154 países y 1674 sitios Ramsar en la lista de Humedales de importancia	_	Enfoque integral	Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004. Manuales de Ramsar para el uso racional de los humedales, Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. Sistema originado en 1971 con las modificaciones acordadas en las conferencias de San José, Costa Rica 1999 y Valencia, España 2003.

BORRADOR PARA R

Institución/ autor responsable	País/región	Criterios utilizados	ESCALA, (Nacional, regional, local) Temporalidad	Criterios faltantes	Análisis cuantitativos (Enfoque)	Referencias
		biológicos) Socioeconómicos (tenencia y uso de la tierra, interesados/usuarios directos e indirectos, presiones y amenazas, bienes y servicios, tradiciones socioculturales) Jurídicos (autoridades administrativas, instrumentos jurídicos, planes de gestión en vigor y previstos)	Internacional Inventario, evaluación, manejo Se considera completo, se toma como base para estandarizar los estudios a nivel mundial.			

BORRADOR PARA R

Anexo III. Información disponible para el Inventario Nacional de Humedales

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
Fichas Ramsar	Nacional	1:250000	--	--	--	--	variable	--	--	--	--
Inventario Nacional de Humedales Potenciales	Nacional	1:250000				aplicable	aplicable				
Humedales estudiados	Local	--	--	--	--	--	variable	--	--	--	--
Cartas (digitalizadas) Suelo, uso de suelo, geológicas	Nacional	1:50 000	--	--	--	aplicable	aplicable	aplicable		Distribución de suelo y vegetación	--
Cartas (digitalizadas) Hidrológicos, aguas superficiales y subterráneas,	Nacional	1:250 000	--	--	--	aplicable	aplicable	aplicable	Distribución climática	--	--

BORRADOR PARCIAL

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
climáticas y topográficos INEGI											
Mapas vectoriales INEGI	Nacional	1:1 000 000 1:50000	--	--	--	aplicable	aplicable	aplicable	Distribución climática	Distribución de suelo y vegetación	--
Ortofotos INEGI	Nacional	1:25 000 1:45 000 1:75 000	2m 3m 5m	variable	PAN	aplicable	aplicable	aplicable	--	--	--
Fotografías aéreas	Local/ regional	1:2 500 hasta 1:75 000		variable	PAN, VIS IR	aplicable	aplicable	aplicable	---s	Clasificación de la cobertura superficial	--
MDE	Nacional	Grid 30m	30 m	variable		aplicable		Aplicable	--	--	--

BORRADOR PARA

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
		(INEGI) Grid 90m (USGS) Grid 20m (SPOT) Grid 10m (Inst de Geografía), Grid 2 m (LiDAR	90m 20m 10m – 2 m					con hidrología superficial			
MODIS o AVHRR	Nacional	1:100 000 1:50 000 1:25 000	1.1 Km 500 m 250 m	2 veces al día↑	VIS, IRC, IRM, IRT, productos	aplicable	aplicable	aplicable	Precipitación Radiación Temperatura superficial Vapor de	Índices vegetativos	ET Biomasa Metano

BORRADOR PARA

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
									agua		
GEOS	Nacional	--	1.1 Km	diaria↑	VIS, IRC, IRM	aplicable	aplicable	aplicable	Precipitación Radiación	Índices vegetativos	--
Landsat MSS Landsat TM Landsat ETM+	Regional 180×180Km	1:3 000	60m 30m VIS e IRCe IRM 120m IRT 30m VIS e IRCe IRM 60m IRT	16 días↑	VIS, IRC VIS, IRC, IRM, IRT VIS, IRC, IRM,IRT,PAN	aplicable	aplicable	aplicable	Temperatura superficial Inundaciones	Índices vegetativos	ET Biomasa CO_2 Metano
ASTER	Regional /Local	1:1 500	15m VIS e IRC, IRM, IRT	16 días↑	VIS, IRC, IRM, IRT	--	aplicable	aplicable	Temperatura superficial	Índices vegetativos	ET Biomasa

BORRADOR PARA

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
	60×60Km										
SPOT	Regional /Local 60×60Km	1:50 000 1:5000	20 m 10 m 5 m 2.5m PAN	Variable1-26 días↑	VIS, IRC, PAN	--	aplicable	aplicable		Índices vegetativos planimetría	--
IRS*	Regional 141 Km VIS 148 Km IRC /Local 7×7KmPAN	1:50000 1:5000(	23.5 m 5.8 m PAN)	Variable1-26 días↑	VIS, IRC,	--	aplicable	aplicable		Índices vegetativos planimetría	--
IKONOS	Local 12×12Km	1: 10000 1:2000	4 m 1 m PAN	Variable3 días↑	VIS, IRC, PAN	aplicable	aplicable	aplicable		Índices vegetativos	--
QuickBird	Local 16.5×16.5Km	1:5000 1:1000	2.5m 0.67 m PAN	Variable1-3.5 días↑	VIS, IRC, PAN	aplicable	aplicable	aplicable	I	Índices vegetativos	--

BORRADOR PARA

Dato / especificaciones y aplicación	Cobertura	Escala	Resolución espacial	Resolución temporal	Resolución espectral	Delimitación de subcuencas	Área y extensión de humedal	Delimitación Hidrogeomor-fología	Variables climatológicas	Vegetación	Parametros Biofísico
	VIS: visible, IRC: infrarrojo cercano, IRM: Infrarrojo medio, IRT: Infrarojo Térmico, PAN: pancromática. ↑ depende cobertura nubosa										

BORRADOR PARA