

Aplicación de la metodología de identificación de humedales, escala 1:50000, en la Subcuenca del Río Yautepec, Morelos, México

GUADALUPE E. FUENTES MARILES¹, ANDRÉS ALMAZÁN GÓNZALEZ², VICTOR HUGO AQUINO ILLESCAS², PABLO LÉAUTAUD VALENZUELA², RENÉ MANDUJANO HURTADO¹ Y VERÓNICA TOTOLHUA RAMÍREZ^{1,2}

¹ INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

GFuentesM@ingen.unam.mx, r.a.mandujano@hotmail.com, totolhua@gmail.com

² POSGRADO DE GEOGRAFÍA, UNAM

andresalmazan84@gmail.com, vhaillescas@comunidad.unam.mx, pleautaud@gmail.com

Introducción: Los humedales son las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos. Estos ecosistemas juegan un papel de enorme importancia para la conservación y regulación de ciclos hidrológicos locales, al absorber una buena parte del exceso de agua producto de las tormentas y aguaceros, el control de inundaciones, permitir la recarga y mantenimiento del manto freático. Para las poblaciones humanas, los recursos y procesos asociados a los humedales, junto con la gran diversidad de servicios ambientales que proporcionan, son de vital importancia para el abasto de agua, la filtración de sedimentos y contaminantes, la pesca comercial y de subsistencia, el amortiguamiento de eventos hidrometeorológicos extremos, sumideros de carbono, y estabilizadores climáticos en una escala global así como para la recreación y el esparcimiento. La Subcuenca cuenta con 13 estaciones climatológicas, 7 estaciones hidrométricas y 6 estaciones de monitoreo de calidad. En los últimos 10 años, la precipitación promedio anual en la cuenca presenta valores por arriba de los 800 mm; el valor máximo en este periodo es de 1256.6 mm en 1995, y el mínimo es de 829.2 mm en el año 2000.

Materiales

La zona de estudio pertenece a la Subcuenca hidrográfica RH18Fc del Río Yautepec, dentro de la Cuenca del Río Grande de Amacuzac, Región hidrológica del Río Balsas. La cuenca del río Yautepec se ubica en la porción noroeste del estado de Morelos. Limita al norte con el Distrito Federal y el Estado de México, al oeste con la cuenca del río Apatlaco, al este con la cuenca del río Cuautla y al sur con la cuenca del río Amacuzac.

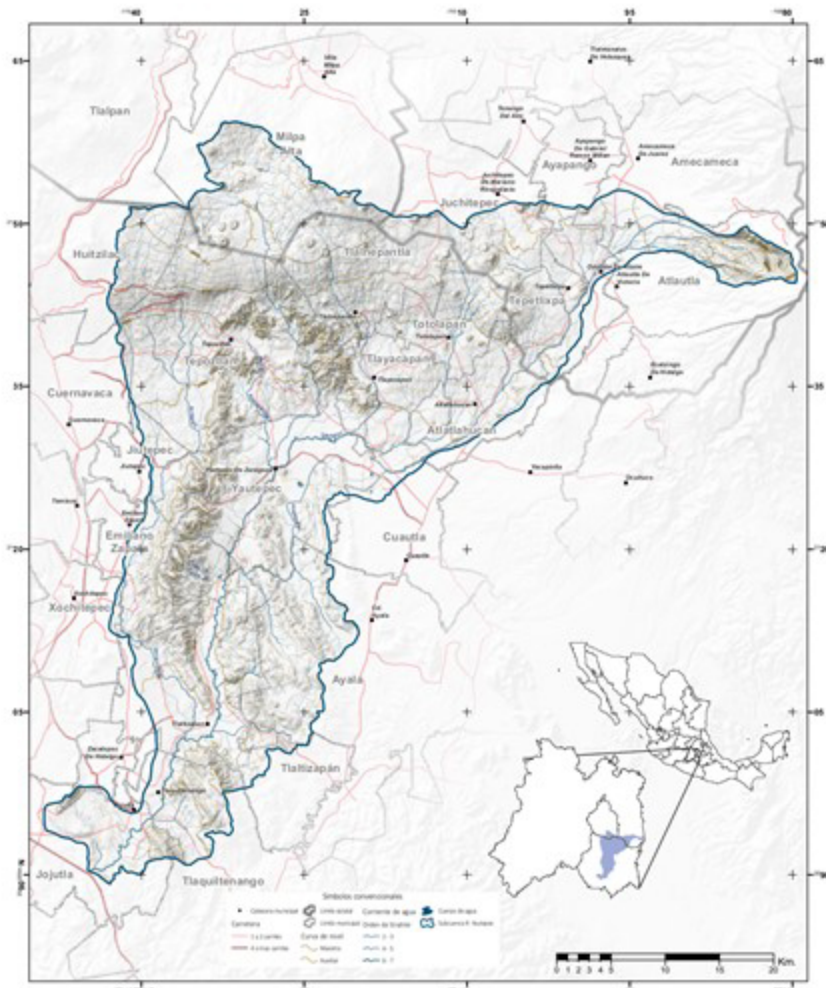


Figura 1. Zona de estudio.

La identificación de humedales y de zonas con probabilidad de ser humedal se llevó a cabo utilizando la metodología desarrollada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el proyecto "Estudio interdisciplinario de los humedales de la República Mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto", realizado conjuntamente con el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua).

El criterio más importante para la delimitación de los humedales es el hidrogeomorfológico, donde se complementa con los criterios de vegetación y de suelo. Para cada uno de estos criterios se determinan y utilizan indicadores que permiten distinguir elementos que caracterizan a los humedales en su espacio y tiempo. La idea fundamental es que se puedan identificar zonas de humedal a partir de tres líneas temáticas: agua, suelo y vegetación. En el caso del agua, esta se acumula periódicamente (hidroperiodo) en la superficie del humedal, constituyendo una lámina de agua fluctuante que se desplaza a favor de la pendiente (sistema lótico) o que permanece estancada (sistema léntico). La presencia de la lámina de agua de forma permanente, semipermanente o temporal permite la presencia de especies y comunidades bióticas exclusivas de los humedales. Los suelos presentes en los humedales son hidromórficos,

es decir, suelos sobresaturados debido al escaso drenaje como en marismas, pantanos, zonas de infiltración o zonas inundadas (Ramsar, 2007). La vegetación hidrófila esta constituida por comunidades de plantas estrechamente relacionadas con el medio acuático o suelos permanentemente saturados de agua: manglar, popal-tular y la vegetación de galería. En la medida en la que estos tres componentes presenten características asociadas a humedales, será más probable que determinada zona sea un humedal. En la siguiente tabla se presentan las capas de información geográfica utilizadas:

Componente	Capa	Fuente
Suelo	Suelos hidromórficos	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). 'Edafología'.
	Mapa de pendientes	Carta Topográfica 1:250000 (INEGI). Red Hidrográfica 1:50000.
Vegetación	Vegetación asociada a humedal	Carta de Uso de Suelo y Vegetación 1:250000 (INEGI).
	NDVI	Imágenes Landsat/SPOT (2010).
Agua	Índice Infrarrojo	Imágenes Landsat/SPOT (2010).
	Corrientes Naturales	Red Hidrográfica 1:50000.
	Corrientes Artificiales	Red Hidrográfica 1:50000.
	Cuerpos de Agua	Red Hidrográfica 1:50000.

El NDVI permite identificar presencia de vegetación con verdor en la superficie y caracterizar su distribución así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo (fenología). La vegetación sana absorbe más la luz visible y refleja una gran porción de luz en el IR (infrarrojo). El NDVI (Índice de Vegetación Diferencial Normalizada) es calculado mediante la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{(\text{infrarrojo cercano} - \text{rojo})}{(\text{infrarrojo cercano} + \text{rojo})}$$

Otro índice generado es el II (Índice infrarrojo) o NDWI (Índice diferencial de agua normalizado), el cual emplea la banda del NIR (Infrarrojo Cercano) y SWIR (Infrarrojo Medio). En lugar de utilizar la banda del rojo, que es reflejada por la clorofila, se emplea la banda del SWIR (la región entre 1500 y 1750 nm) en donde el agua presenta alta absorción. La banda del NIR es la misma que en el NDVI. El agua no presenta absorción en esta región del espectro electromagnético. El NDWI se calcula con la siguiente fórmula:

$$II = TM4 - TM5 / TM4 + TM5; TM4 = \text{infrarrojo cercano} (0.76 \text{ a } 0.90 \mu\text{m}); TM5 = \text{infrarrojo medio} (1.55 \text{ a } 1.75 \mu\text{m})$$

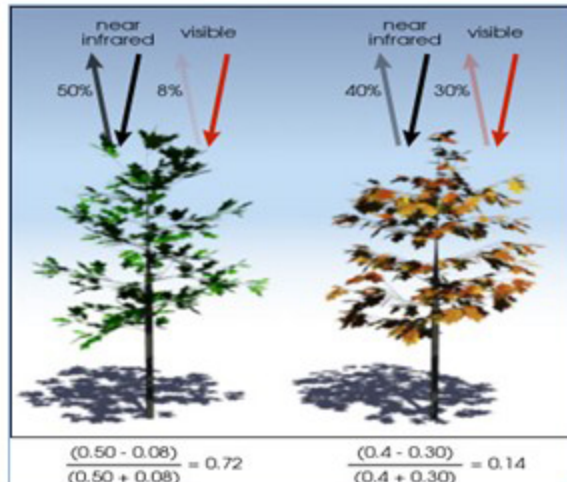


Figura 2. Los valores cercanos a +1 en el NDVI indican una alta posibilidad de "verdor".



Metodología

Todo el proceso de identificación se llevó a cabo en el software ArcGIS versión 10. Los ráster fueron creados con un tamaño de pixel de 30 X 30 m correspondiente a LANDSAT, a excepción del NDVI e Índice Infrarrojo, con resolución de 10 X 10 m correspondiente a SPOT. De la carta edafológica Serie II, 1:250 000, los suelos hidromórficos fueron extraídos en una capa aparte y se convirtieron a ráster, asignándoles un valor de 1, y de 0 a todos aquellos píxeles fuera de este tipo de suelos. El mapa de pendientes fue generado a partir de las curvas de nivel, la red hidrológica y los límites de la cuenca.

De la Red Hidrográfica, los ríos fueron considerados como corrientes naturales y los canales como corrientes artificiales. Cada tipo de corriente se extrajo en una capa y se convirtió a ráster. Considerando ambos tipos de corriente en otra capa, fue generado un búfer de 125 m a cada lado de todas las líneas de corriente y fue transformado a ráster, dejando con valores mayores a 0 y menores o iguales a 125 los píxeles dentro del búfer y con 0 los demás. También se creó un ráster con los cuerpos de agua, después de extraerlos de la Red Hidrográfica. En este último caso no se generó búfer. La tabla siguiente muestra un compendio de las capas ráster utilizadas como insumos y los valores de los píxeles (en cada ráster) ubicados en zonas que presentarían características de humedal.

Nombre de la capa	Zonas de interés	Valor de pixel
SuelosHumedal	Zonas con suelos hidromorfos	1
pendientes	Áreas planas, con pendientes bajas	<3
VegeHumedal	Vegetación asociada a humedal	1
ndvi_all	Zonas de vegetación	>0
ii_all	Zonas con alta humedad	>0.10204 (Media del II = 0.01128) (Desv. Std. del II = 0.09076)
CorrNaturales	Ríos	1
CorrArtificial	Canales	1
Corriente_buf	Zonas cercanas a las corrientes de agua	0 >= 125
CuerposAgua	Cuerpos de agua	1

Resultados

Verificación en campo
Coordenadas: X: 502606.003, Y: 2089523.971
Altitud: 1408 msnm
Colonia: Balneario Ejidal del Bosque.

Unidad Geoecológica

La composición geológica la conforman valles y llanuras, predominando las arcillas al centro oriente, con planicies que predomina la roca basáltica de origen ígneo extrusivo al oriente. La zona posee un relieve endógeno modelado, de montañas de plegamiento con erosión leve constituidas por rocas calcáreas, cretácicas, plegadas. Estos plegamientos forman la serranía de Yautepec que dividen la región en dos y que van de norte a sur. El suelo predominante en la zona es del tipo Andosol (suelo de color negro de origen volcánico, con gran contenido de sílice). Se pudo identificar en el lugar relicto de selva baja caducifolia y pastizales; el tipo de vegetación presente es el bosque de galería, característica por desarrollarse a lo largo de ríos y en riberas de agua dulce, consideradas como parte de una vegetación de tipo ripario (latín ripa=banco) o ribería. El lugar posee un clima que varía del frío al semifrío subhúmedo, con una temperatura de 2 a 12°C. Sin embargo, también se presenta clima templado subhúmedo con una temperatura de 12° a 18°C.

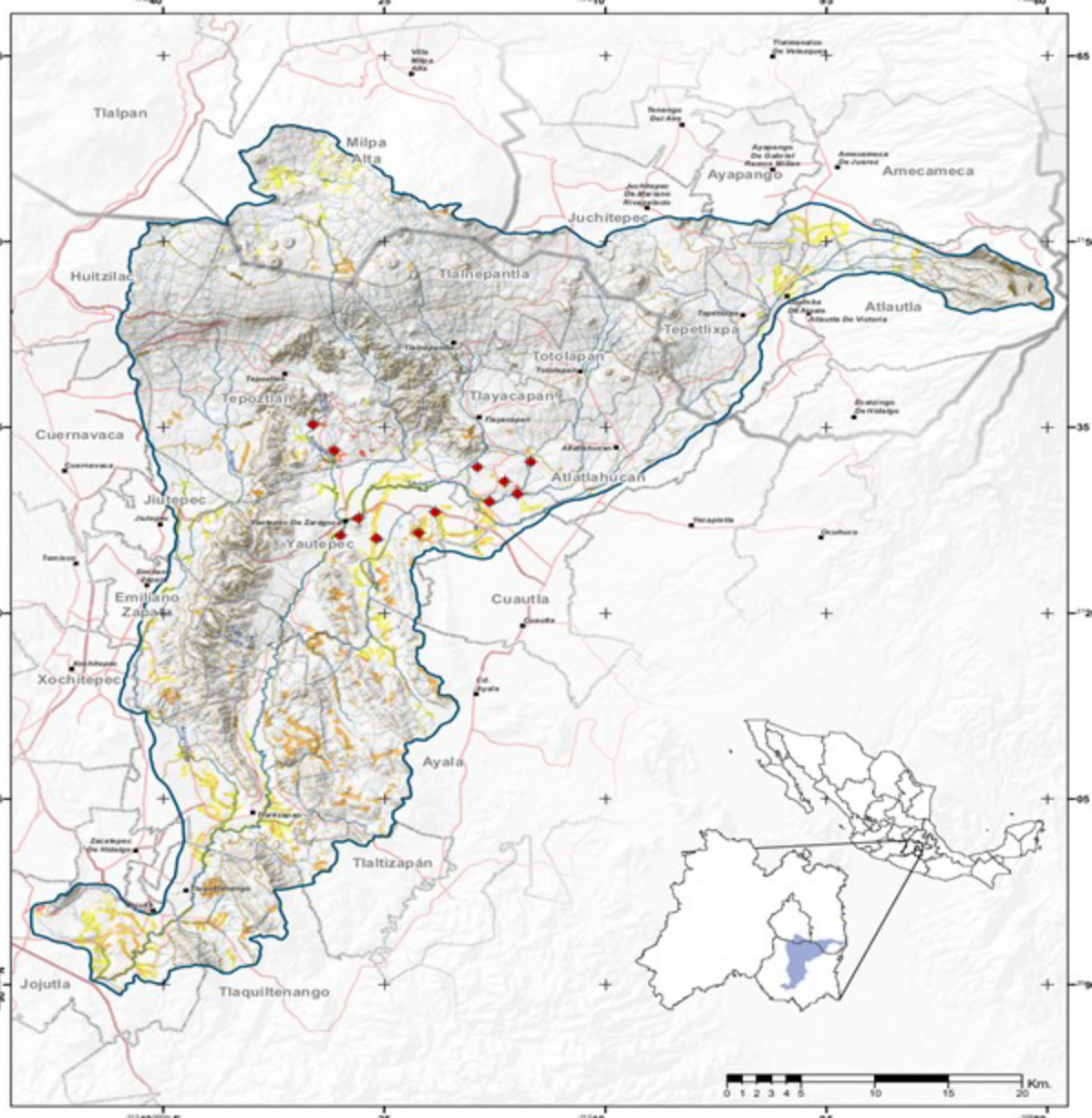
Los servicios ambientales son considerados de gran importancia, ya que sirven como filtro en los ríos, impidiendo el flujo al torrente de agroquímicos y de productos orgánicos utilizados como insumos agrícolas y desechos agropecuarios, así como amortiguar algunos procesos de sedimentación de los lechos de los ríos (Timoney et al., 1997).

Características urbanas

El asentamiento humano cuenta con equipamiento de banquetas e instalaciones tales como agropecuarias, educacionales y recreativas. El nivel socioeconómico de la población es medio – alto.

Contaminación

Contaminación auditiva por tránsito vehicular y bullicio en alrededores debido a la afluencia de personas que visitan la zona de balnearios, además en el afluente del río se presenta gran cantidad de contaminantes como jabones, desechos orgánicos e inorgánicos. El marco de contaminación en los alrededores es evidente, existen focos de infección, los cuales podrían verificarse mediante muestras de agua del río y de las albercas que ocupan los bañistas.



Identificación de humedales en la Subcuenca del Río Yautepec, Morelos, México

Referencias

Bolaños Aguilar, Edmundo Javier. 2005. La innegable realidad del agua en Morelos, en: *Aquaforum*, enero-marzo, Número 39, pag. 20-23.

INH- Mex, Inventario Nacional de Humedales, artículo 3, fracción XXX de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), 2008.

PHVEM. (2010). Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Morelos. Organismo de Cuenca Balsas. CONAGUA. México. 172 pp.

Timoney, K.P., G. Peterson y R. Wein. 1997. Vegetation development of boreal riparian plant communities after flooding, fire and logging, Peace River, Canada, *Forest Ecology and Management*. Vol.93:101-120.

Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. Metodología estandarizada para la evaluación de humedales en México a nivel de cuenca hidrográfica, escala 1:50,000, Ciudad Universitaria, México, DF, 70 pp.

4

La determinación de zonas de humedales y probables zonas de humedales se llevó a cabo utilizando la herramienta *Raster Calculator*; para hacer el álgebra de capas se aplicaron los criterios de identificación de acuerdo a los tres tipos de humedales: palustre, lacustre y artificial. Los humedales lacustres se relacionaron con las zonas ocupadas por cuerpos de agua (lagos, lagunas, etc.). Los humedales artificiales se determinaron en las áreas ocupadas por corrientes artificiales. Las zonas de humedales palustres (perteneciente a pantanos o zonas húmedas) se determinaron en lugares donde se presentaran todas las condiciones asociadas a humedales: la pendiente sea menor al 3 %, en una zona cercana al río (dentro del búfer de 125 m), el NDVI sea mayor a 0, el II sea mayor a 0.10204, la vegetación hidrófila y el tipo de suelo sea hidromórfico. El algoritmo se muestra en la figura 3:

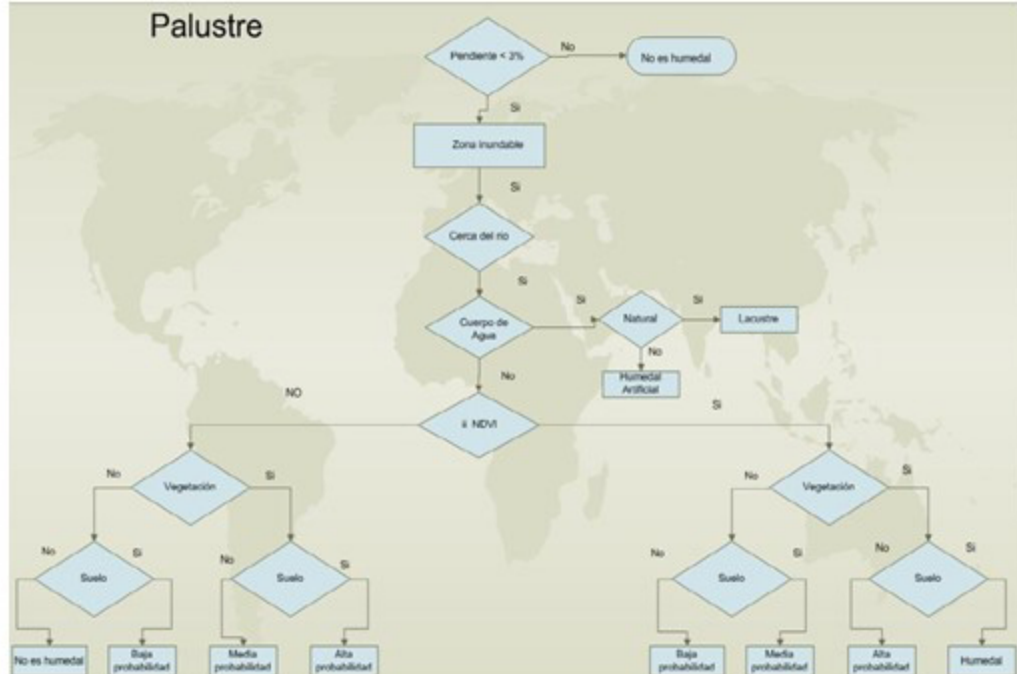


Figura 3. Algoritmo de identificación de humedales palustres. Fuente INH.

Discusión

Aunque dentro de la Subcuenca del Río Yautepec se encuentra el área protegida Sierra de Montenegro, la cual fue declarada desde 1998 Reserva Estatal, no existe un plan de manejo para la conservación de los humedales identificados. El crecimiento de la mancha urbana, la falta de manejo de residuos sólidos que provoca contaminación en los humedales, la falta de protección de zonas de captación de agua de los mismos, el surgimiento de especies invasivas como la higuera, que es un bioindicador de perturbación antropogénica de la vegetación primaria, entre otros, son factores que contribuyen a la desaparición de estos ecosistemas y sus servicios ambientales hidrológicos (figura 4).



Figura 4. Uno de los cambios de uso de suelo identificado en el trabajo de campo: crecimiento de la mancha urbana.