

## Determinación de las interrelaciones dentro del sitio Ramsar “Presa Manuel Ávila Camacho” visto como un sistema complejo

Determination of interrelations within the Ramsar site “Presa Manuel Ávila Camacho” seen as a complex system

Leticia López-Teloxa<sup>1</sup>, Abel Cruz-Montalvo<sup>2</sup>, José Tamaríz-Flores<sup>1,2</sup>,  
Ricardo Pérez-Avilés<sup>1,3</sup>, Rosalía Castelán-Vega<sup>\*1,2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio IC 1 Ciudad Universitaria. Puebla C. P. 72570.

<sup>2</sup>Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas.

<sup>3</sup>Departamento Universitario para el Desarrollo Sustentable. Correo electrónico: [rosalia.castelan@correo.buap.mx](mailto:rosalia.castelan@correo.buap.mx)

\*Autor de correspondencia

### Resumen

Los Sitios Ramsar son de gran importancia ecológica y socioeconómica por sus múltiples funciones, valores y atributos. Muchos de estos sitios presentan diversos niveles de degradación social, económica y ambiental, tal es el caso del Sitio Ramsar Presa Manuel Ávila Camacho. Para entender la dinámica del ecosistema, en este trabajo se propone abordarlo como un sistema complejo, ya que son múltiples los procesos relacionados con su degradación. Con base en estudios previos sobre las condiciones actuales, y considerando al Sitio Ramsar como un sistema complejo, se determinaron las principales interrelaciones entre los subsistemas que lo forman y los elementos que componen los subsistemas, así como los niveles en que se desarrollan los procesos que se llevan a cabo dentro del mismo. Se concluye que, de seguir con el patrón detectado, la pérdida del humedal es inminente.

**Palabras clave:** Sistema complejo; deforestación; crecimiento poblacional; malas prácticas; rezago social; marginación.

### Abstract

Ramsar Sites are of great ecological and socioeconomic importance because of their multiple functions, values, and attributes. Many of these sites present varying levels of social, economic, and environmental degradation, such as the Ramsar Site Presa Manuel Avila Camacho. In order to understand the dynamics of the ecosystem, in this work it is proposed to approach it as a complex system, since there are multiple processes related to its degradation. Based on previous studies on the current conditions, and considering the Ramsar Site as a complex system, the main interrelations that exist between the subsystems forming this complex system and the elements composing the subsystems were determined, as well as the levels in which the processes are developed within it. It is concluded that if this type of process continues to be within the same pattern, the loss of the wetland is imminent.

**Keywords:** Complex system; deforestation; population growth; bad habits; social backwardness; marginalization.

Recibido: 2 de febrero de 2017

Aceptado: 18 de septiembre de 2018

Publicado: 29 de mayo de 2019

**Como citar:** López-Teloxa, L., Cruz-Montalvo, A., Tamaríz-Flores, J., Pérez-Avilés, R., & Castelán-Vega, R. (2019). Determinación de las interrelaciones dentro del sitio Ramsar “Presa Manuel Ávila Camacho” visto como un sistema complejo. *Acta Universitaria* 29, e1772. doi: <http://doi.org/10.15174. au.2019.1772>

## Introducción

México es un país megadiverso; alberga ecosistemas como los humedales que, por sus múltiples funciones, valores y atributos, son de gran importancia ecológica y socioeconómica, por lo que impera la necesidad de crear políticas ambientales que promuevan su conservación, así como aplicar el marco legal nacional e internacional existente, para una gestión adecuada que procure su uso racional (De Groot, Stuij, Finlayson & Davidson, 2007). Estos proveen diversos bienes y servicios ambientales que son de vital importancia tanto para el bienestar social como para la conservación de la biodiversidad (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2013). En la actualidad, estos ecosistemas se ven fuertemente afectados, ya que se intensifican proyectos tendientes a controlar, extraer y exportar los bienes naturales por medio de la sobreexplotación; dinámicas que se expanden hacia territorios improductivos, lo que genera desplazamientos de las poblaciones rurales (Szmulewicz & Liscovsky, 2016).

Diferentes autores consideran que la población humana se apropia de entre el 20% y el 40% de la productividad primaria neta terrestre del planeta; asimismo, el tamaño de la población y sus patrones de consumo tienen una influencia directa en la transformación de los ecosistemas (Evangelista, López, Caballero & Martínez, 2010). Los humedales son sistemas complejos que requieren de su conservación, ya que son de gran importancia y es por ello que son designados como Sitios Ramsar; tal es el caso de la Presa Manuel Ávila Camacho, la cual obtuvo esta nominación. De lo anterior, partiendo del hecho que un Sitio Ramsar es un sistema complejo, el objetivo de este trabajo es determinar las principales interrelaciones entre los subsistemas que lo componen, así como también detectar los problemas que afectan al mismo, ocasionando la posible pérdida del sistema. El esquema generado para expresar el sistema complejo se aplicó para realizar el estudio que determinara el estado de degradación del Sitio Ramsar No. 2027, Presa Manuel Ávila Camacho, donde según algunos estudios mencionan que por más de 30 años ha presentado un proceso de deforestación, erosión y cambios en el uso del mismo en sus 24 042 ha (Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo [CIIEMAD], 2011).

## Materiales y Métodos

### Esquema metodológico

Los resultados alcanzados en este trabajo se obtuvieron en base al uso de una metodología comparativa, que realiza un análisis de la información para identificar las causalidades que han generado la degradación del Sitio Ramsar y hasta qué punto. Con la finalidad de realizar el análisis de la dinámica del sistema se presenta el siguiente diagrama (figura 1).

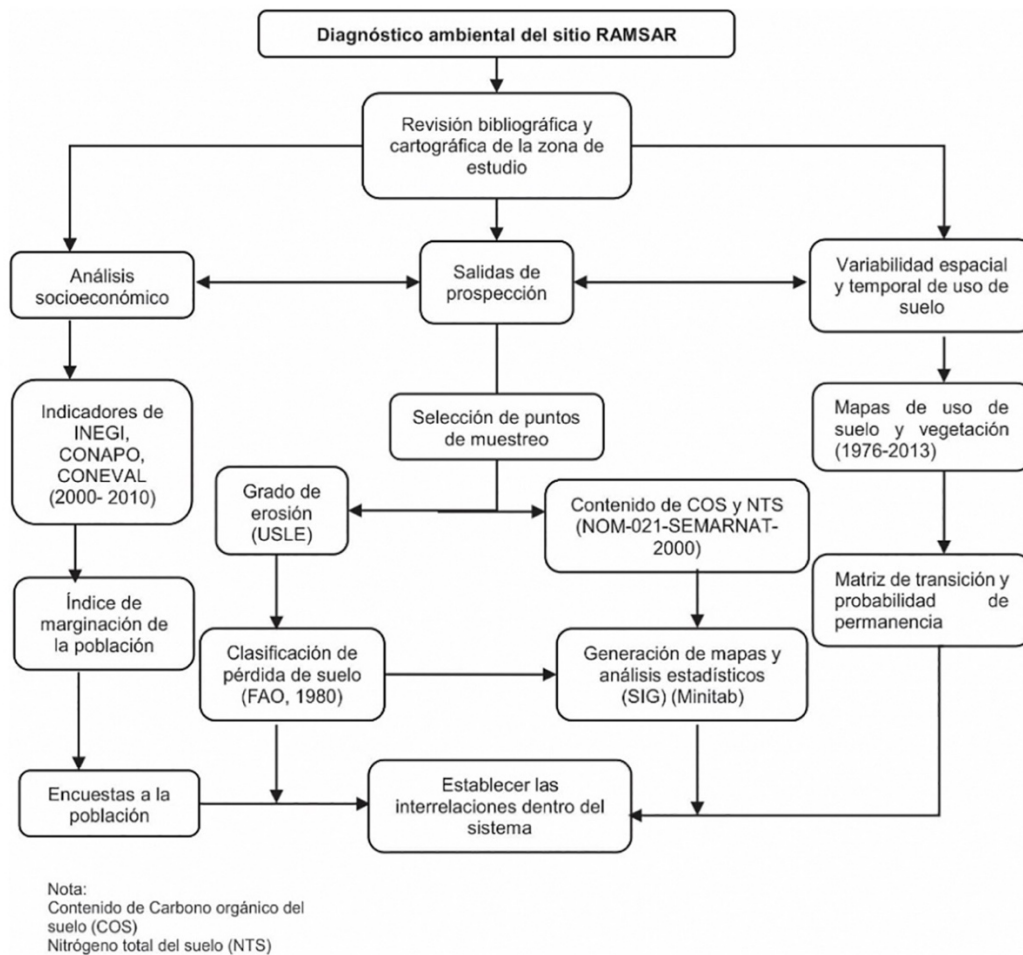


Figura 1. Diagrama metodológico del trabajo  
Fuente: Elaboración propia

## Descripción del Sitio

Representar la realidad en un esquema de complejidad requiere de una breve visión de esa realidad. El Sitio Ramsar se localiza en el estado de Puebla, al sur del municipio de Puebla, y abarca una superficie de 24 042 ha (figura 2). Forma parte de la Cuenca del Alto Balsas e incluye un valle aluvial formado por el Río Atoyac. El clima predominante es templado sub húmedo con lluvias en verano, presenta una precipitación media anual entre 700 mm y 1000 mm y temperaturas medias anuales entre 14 °C y 18 °C.

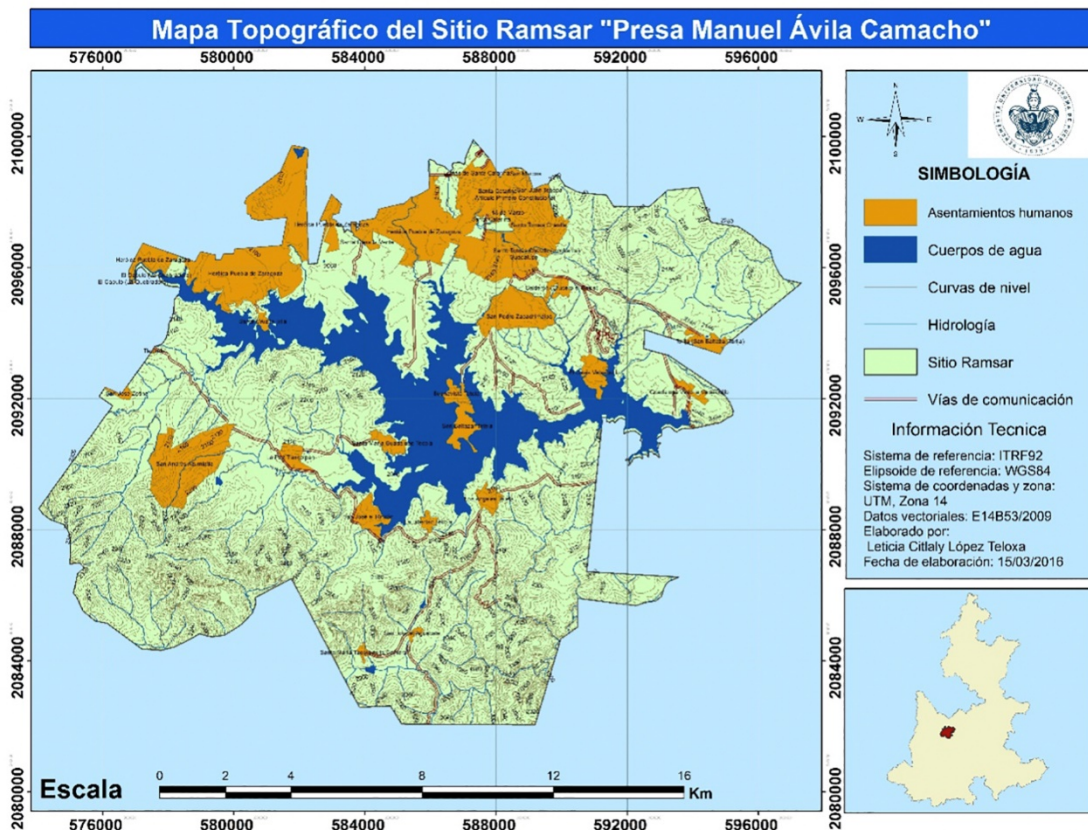


Figura 2. Localización del sitio Ramsar.  
Fuente: Elaboración propia

La Presa Manuel Ávila Camacho posee gran biodiversidad que se compone principalmente de al menos 231 especies de aves, 21 de reptiles, 15 de mamíferos, 8 de anfibios y 2 de peces, así como también es un sitio de importancia para la supervivencia de aves migratorias como patos y chorlitos (CIIEMAD, 2011). Además, el líquido de la presa ofrece un importante servicio de riego agrícola en los Valles del Distrito de Riego 030 y la Zona de Riego de Atlixco-Izúcar de Matamoros (Traversoni, Vélez, Ruiz & Carreón, 2009). Por la importancia antes mencionada, el sitio fue designado como Sitio Ramsar el 2 de febrero de 2012, como una iniciativa para ayudar a mejorar la planeación en la región y facilitar a los pobladores de Valsequillo el acceso a los apoyos y subsidios del gobierno, además de ser una herramienta para lograr la conservación ambiental y el desarrollo sustentable del Sistema (CIIEMAD, 2011).

### Interpretación del Sitio Ramsar como Sistema complejo

Un sistema complejo se caracteriza por las interrelaciones de sus elementos que presentan un carácter organizado, no son separables y no funcionan de manera independiente, por lo que logran formar una estructura (García, 2006; Laguna-Sánchez, Marcelín-Jiménez, Patrick-Encina & Vázquez-Hernández, 2016; Navarro, 2001). El estudio se centra en el análisis de las interrelaciones y los flujos de causalidad que describen los cambios en los subsistemas sociopolítico y físico, que tienen lugar dentro del Sitio Ramsar y en las condiciones del contorno en tres niveles: en el primer nivel se muestran los procesos de degradación que presentan los recursos naturales, así como los problemas sociales identificados; en el segundo nivel se señalan las actividades humanas que se desarrollan en el sistema productivo regional, así como conflictos

de índole social generados; en el tercer nivel se establecen las condiciones del contorno que inciden dentro del Sitio Ramsar en el segundo y tercer nivel (García, 2006).

De acuerdo con los resultados previamente obtenidos, en el siguiente diagrama se describe la complejidad del sistema Sitio Ramsar, sus principales interrelaciones y los flujos de causalidad identificados, así como los niveles de los procesos que intervienen y sus confluencias (figura 3).

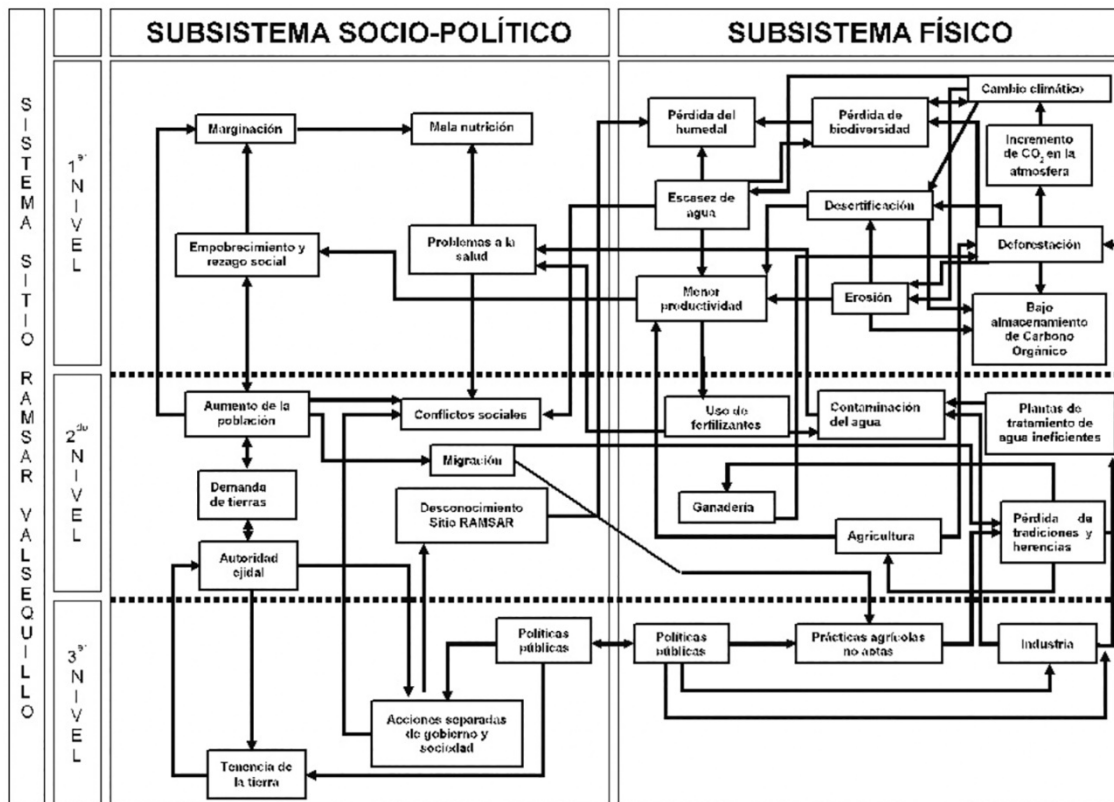


Figura 3. Diagrama de interrelaciones y flujos de causalidad del Sitio Ramsar Presa Manuel Ávila Camacho.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se puede observar que, en el tercer nivel, las políticas públicas ambientales ineficientes y mal aplicadas existentes a nivel gubernamental, en este caso la Semarnat, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y el Gobierno del estado de Puebla, han generado la separación y el descontento entre la sociedad civil y el gobierno. Ejemplo de esto es la nula transparencia de la información institucional sobre las acciones que estos generan para la determinación, creación y conservación del Sitio Ramsar, lo que provoca desconfianza y rechazo de la población hacia la toma de decisiones en el manejo del territorio del gobierno. Una política pública ineficiente, o casi inexistente, es el tan llamado Plan de Saneamiento del Río Atoyac, que durante años no se ha logrado establecer, contaminando así la zona y que se refleja en las plantas de tratamiento inexistentes o sin funcionar. Por otro lado, proyectos de apoyo al campo emprendidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sagarpa) son poco eficientes y han resultado en la aplicación de prácticas poco sustentables, como la siembra de monocultivos, y en la carencia del establecimiento de prácticas de conservación del suelo, favoreciendo la pérdida de sus tradiciones, como la siembra de milpa (segundo nivel). La disminución de la fertilidad de los suelos debido a la siembra de monocultivos sin periodos de descanso favorece la deforestación, ya que se requieren nuevas superficies de suelo que produzcan lo suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo. Al

disminuir la superficie forestal, decrece el servicio ecosistémico de secuestro de carbono atmosférico que realizan los árboles, favoreciendo el incremento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual es uno de los principales gases causantes del calentamiento global y de las variaciones en el clima (Altieri & Nicholls, 2008). Esto último es un fenómeno que se ha desarrollado a lo largo de muchos años y uno de sus principales efectos, además del incremento de la temperatura, es la variación en la estacionalidad climática. En conclusión, y siguiendo el flujo de causalidad de las interacciones en los subsistemas, de no generar y aplicar acciones que rompan este círculo vicioso en escenarios futuros, se llegará a la pérdida del equilibrio en el humedal (primer nivel).

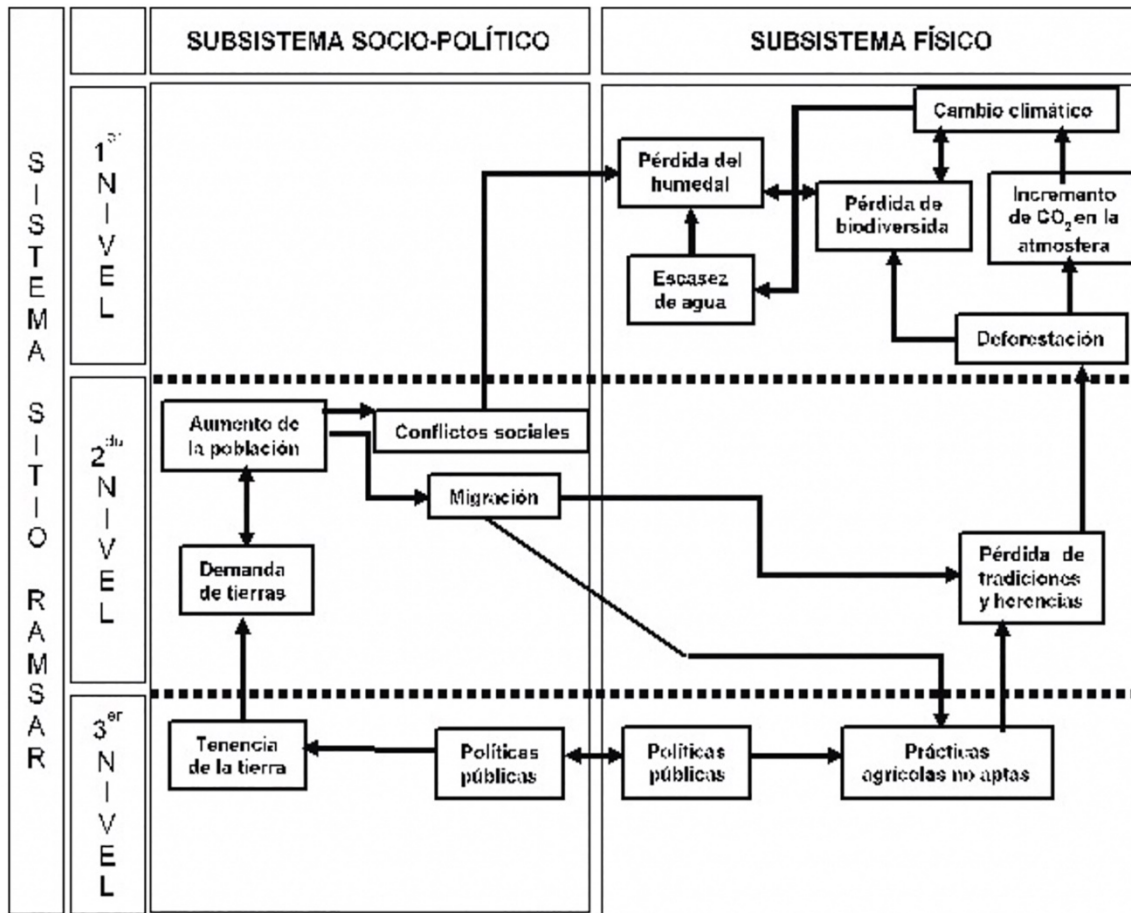


Figura 4. Diagrama de la complejidad del sistema propuesto en el Sitio Ramsar.  
Fuente: Elaboración propia

Un sistema complejo presenta flujos de materiales que analiza el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza, relevando la apropiación de la naturaleza como eje de lo rural, mostrando su carácter multidimensional. Con base a esto se pretenden identificar los principales flujos dentro del sistema Sitio Ramsar, de acuerdo con lo planteado por Tello, Garrabou, Cussó & Olarieta, 2008; Toledo, 2013; Toledo, Garrido & Barrera-Basols, 2014.

## Resultados

Los flujos de causalidad identificados en la figura 3 ponen de manifiesto el acelerado estado de degradación ambiental del sistema. López-Teloxa *et al.* (2017) demuestran que los suelos del Sitio Ramsar presentan evidencia de degradación química, ya que han reportado pérdidas de carbono orgánico en el suelo por procesos de deforestación.

En la figura 5 se aprecia como en el tercer nivel (condiciones del contorno) se ha favorecido la aplicación de técnicas de productividad inadecuadas, el uso intensivo de la mano de obra y cultivos tradicionales y la deforestación para nuevas áreas agrícolas y ganaderas. Por otro lado, las inadecuadas políticas públicas internas no regulan los procesos industriales, los cuales descargan sus contaminantes a ríos que llegan al Sitio Ramsar. El municipio cuenta con cinco plantas de tratamiento de aguas residuales: San Francisco, Atoyac Sur, Alseseca Sur, Barranca del Conde y Parque Ecológico, con una capacidad total de 3680 L de agua por segundo; sin embargo, estas plantas son ineficientes, insuficientes o no funcionan (Carranza & Martines, 2017; Castillo, 2015; Honorable Ayuntamiento del Municipio de Puebla, 2007; Rodríguez-Tapia & Morales-Novelo, 2011). Estos elementos repercuten en la población, generando conflictos sociales por tierras y aguas de buena calidad dentro del sitio, ya que la mala calidad del agua de la presa prohíbe su uso; por ejemplo, se han reportado concentraciones de metales como Magnesio, Aluminio, Hierro, Zinc, Plomo y Cobre, con 13300  $\mu\text{m/L}$ , 183  $\mu\text{m/L}$ , 140  $\mu\text{m/L}$ , 20  $\mu\text{m/L}$ , 17  $\mu\text{m/L}$  y 12  $\mu\text{m/L}$ , respectivamente (Morales, 2013).

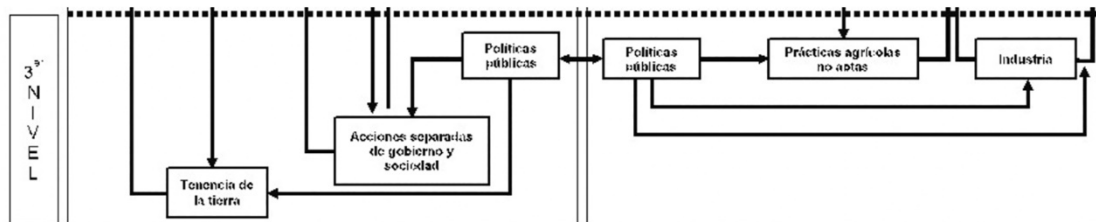


Figura 5. Elementos detectados del tercer nivel del sistema Sitio Ramsar.  
Fuente: Elaboración propia

En el segundo nivel se muestran las actividades humanas que se desarrollan en el sistema productivo regional, así como conflictos de índole social generados (figura 6), los cuales contribuyen al aumento de las condiciones de rezago social y marginación de la población. De acuerdo con el Consejo Nacional de Población (Conapo, 2010) y el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval, 2010), el rezago social y la marginación de la población son catalogadas como bajo y alta, respectivamente, ya que dentro de los límites del Sitio Ramsar se encuentran 24 localidades rurales y el 1% de la zona sur de la ciudad de Puebla; el total de población que habita dentro de la zona de estudio es de 173 540 habitantes. Aunado a lo anterior, la carencia de programas de control de la natalidad ha provocado el incremento de la población, agravando la situación (Peláez-Herreros, 2012). Existe una preocupante falta de apoyo técnico, económico, capacitación y transferencia de tecnología sustentable en el manejo de la agricultura y la ganadería en condiciones de ladera, por lo que las actuales prácticas de manejo han llevado al incremento de la pérdida de biodiversidad, erosión y desertificación del suelo, efectos que se ven traducidos en un progresivo empobrecimiento y migración de la población no sólo a otros países sino a la ciudad de Puebla, la cual se expande de manera exponencial, disminuyendo la distancia entre esta y los límites del Sitio Ramsar. Este proceso se refleja en la migración y se manifiesta en los resultados de los censos de población y vivienda 2005 y 2010 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2005; 2010) donde, para el primer año, 4015 personas habitaban fuera del Sitio Ramsar y para el segundo 2223

personas; es decir, han migrado más de 6000 habitantes locales. Aunado a esto, el aumento de la población (para el 2005 habitaban 155 794 personas y para el 2010 habitaban 173 540 personas) que llega de la ciudad de Puebla, otros municipios y estados ha provocado el incremento en la demanda de tierras para construcción de viviendas, por lo que la agricultura de subsistencia ya no es suficiente para sostener a una familia y se ven en la necesidad de buscar otros ingresos. Por ejemplo, los campesinos con menos de 2 ha obtienen de la agricultura solo 23% de su ingreso (González & Ramírez, 2011; Rappo, 2006). Alianza por el Campo es uno de los pocos apoyos gubernamentales donde los principales beneficiarios son productores agropecuarios, ejidatarios y comuneros, pequeños propietarios, colonos, asociaciones de productores y sociedades civiles o comerciales dedicadas a la producción agropecuaria, así como también el proyecto de Fortalecimiento de la Producción de Traspatio de familias pobres para garantizar su seguridad alimentaria (González & Ramírez, 2011; Herrera, 2008). Todo lo anterior ha provocado la pérdida de las tradiciones y herencias de la población, lo que repercute de alguna forma en el aumento de la deforestación y erosión del suelo, ya que se han olvidado las principales prácticas ancestrales de cultivo como la milpa, que es la asociación del cultivo de maíz, frijol y calabaza, las cuales protegían al suelo y conservaban los nutrientes (Barrasa, 2017; Castelán, López, Tamariz, Linares & Cruz, 2017). Esto lleva a un proceso de desertificación, provocando bajas en la producción agrícola (Castelán *et al.*, 2017; Mazo, Rubiano & Castro, 2016). Aunado a lo anterior, surge la necesidad de aplicar fertilizantes al suelo, los cuales posteriormente, con cada evento de lluvia, son arrastrados por los procesos erosivos para desembocar en la presa; esto agrava los problemas de contaminación del agua que ya presenta metales pesados, entre otros contaminantes, trayendo consigo problemas a la salud de la población (Pérez *et al.*, 2018).

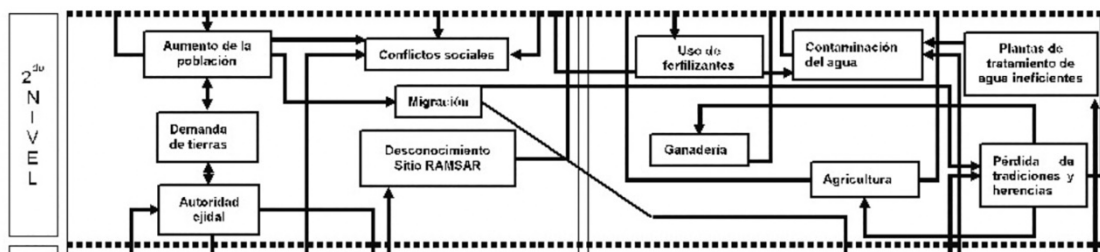


Figura 6. Elementos detectados del segundo nivel del sistema Sitio Ramsar.

Fuente: Elaboración propia

En el primer nivel se describen principalmente los procesos de degradación detectados con los que ya cuentan los recursos naturales, debido a las afectaciones por los niveles dos y tres del sistema (figura 7).

El importante crecimiento que ha presentado la ciudad de Puebla ha traído como resultado la alarmante deforestación en el humedal; de las 24 042 ha de la superficie, 2737 ha corresponden a la mancha urbana del municipio de Puebla y a las pequeñas localidades dispersas dentro del Sitio. Para el año 2000, existían 318 ha de bosque de encino, de las cuales, para el año 2003, 252 ha pasaron a formar parte del pastizal inducido y 63 ha fueron deforestadas, pasando a una etapa de sucesión. Actualmente, 4122 ha están cubiertas por bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva; sin embargo, las coberturas que abarcan mayor superficie en la zona son pastizal inducido y agricultura de temporal, 7861 ha (33%) y 6663 ha (28%), respectivamente. Aunado a esto, existe una propuesta para construir una nueva carretera que conecta la zona sur de la presa Manuel Ávila Camacho con la avenida 11 sur y la carretera a Tecali de Herrera (CIEMAD, 2011). Además, las tierras que eran destinadas para la agricultura han disminuido su superficie, ya que han recibido poco apoyo por parte del gobierno estatal y federal porque, desde su perspectiva e intereses, los campesinos no representan ninguna opción económica y social; sin embargo, los recursos que poseen son atractivos para la acumulación capitalista (González & Ramírez, 2011; Mendoza-Robles, Parra-Inzunza & Ríos-Carmenado, 2010).



Desde hace más de 30 años ha existido en la zona la tala inmoderada de árboles, ya sea para la venta de carbón o para nuevas áreas agrícolas o de pastoreo, dejando al suelo desprotegido, lo que ha favorecido la erosión. Actualmente se pierden por este proceso de degradación alrededor de 17 t/ha; por otro lado, junto con el arrastre del suelo se estima que se pierden alrededor de 5 t/ha de carbono orgánico (CO) anuales en la temporada de lluvia (Amadi, Van-Rees & Farrell, 2016; Castelán *et al.*, 2017; Dinakaran & Rao, 2012; López-Teloxa *et al.*, 2017). El CO se libera en forma de CO<sub>2</sub>, el cual es uno de los gases que agravan el efecto invernadero, ya que se ha acumulado en la atmósfera y se ha ido acumulando con el transcurso del tiempo (Sánchez *et al.*, 2011).

En conjunto, esto ha favorecido la pérdida de la biodiversidad y alteraciones importantes en los servicios ambientales, además de provocar serios problemas de asolvamiento en la presa del Sitio Ramsar, misma que en la actualidad cuenta con aproximadamente la mitad de su capacidad de almacenamiento y vida útil (Gutiérrez, 2014).

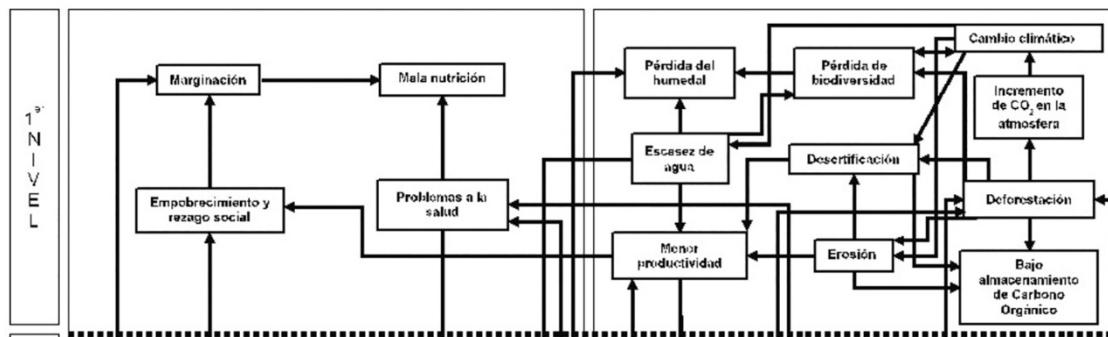


Figura 7. Elementos detectados del primer nivel del sistema Sitio Ramsar.  
Fuente: Elaboración propia

## Discusión

Dentro del sistema se lograron detectar intercambios de energía que hay entre el campo y la sociedad, dando como resultado un proceso de metabolismo social que se caracteriza por cinco etapas (apropiación, producción, circulación, transformación, consumo y excreción) (Toledo, Alarcón-Cháires & Barón, 2009) (figura 8). Comenzando con la deforestación que ha llevado a un cambio importante en la vegetación del Sitio Ramsar, en el año 1976, la vegetación predominante era bosque de encino, la cual, de acuerdo a la primera etapa del metabolismo, se realizó un consumo exponencial de este bien común (vegetación).

Otro ejemplo claro es el caso de la condición de deterioro y contaminación del agua y suelo que rodea a la Presa Manuel Ávila Camacho; se han reportado concentraciones de metales como Magnesio, Aluminio, Hierro, Zinc, Plomo y Cobre, así como pérdidas de suelo de hasta 17 t/ha/año (López, 2017; Morales, 2013). A pesar de esto, la sociedad continúa extrayendo recursos del sistema que sirven como materias primas para luego transformarlos a través de la producción manufacturera y/o industrial para su posterior consumo o, bien, como productos (alimentos y otros bienes) que serán utilizados para cubrir necesidades del ser humano (Honorable Ayuntamiento del Municipio de Puebla, 2007; Periódico Oficial del Estado de Puebla, 2012).

Un ejemplo de apropiación es el crecimiento urbano en el Sitio Ramsar, donde para el 2005 habitaban 155 794 personas y para el 2010 habitaban 173 540 personas. Si bien hay crecimiento propio de las localidades, también obedece a que sectores urbanos de la ciudad de Puebla han comprado tierras para

trasladar su domicilio a estas zonas. Este proceso de migración de los ciudadanos al campo se debe a negocios inmobiliarios grandes, a la construcción de grandes unidades habitacionales precedidas de proyectos constructivos en gran escala y a la compra-venta de tierras mediada por procesos especulativos, ya sean legales o ilegales, de la tierra rural.

Dentro del sitio se dan otros procesos de apropiación del territorio que excluyen a los campesinos o viven de estos, los cuales son generadores de conflictos ambientales que surgen "de la disputa distributiva por un recurso escaso o que se percibe como escaso" (González & Ramírez, 2011).

Los ejemplos de excreción que se pueden abordar en esta zona son: suelos infértiles que empeoran la situación de alimentación y pobreza en el sitio, que además presentan estados de erosión muy severos con pérdidas de hasta 17 t/ha/año; y la contaminación del agua de los ríos Atoyac y Alseseca, que aportan 1.7 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales y 0.7 m<sup>3</sup>/seg de descargas de alcantarillado sanitario, respectivamente, a la Presa Valsequillo (Semarnat, 2012).

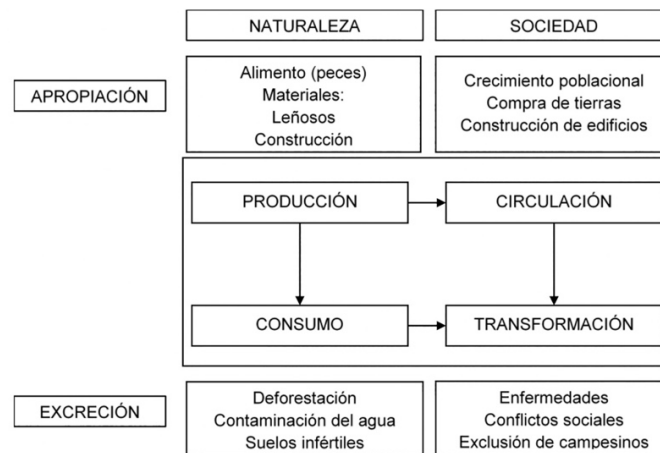


Figura 8. Metabolismo social que representa al sistema Sitio Ramsar.  
Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Para analizar un sistema complejo es importante primero detectar los subsistemas que lo conforman y conocer las condiciones de los elementos que forman a los subsistemas para determinar su importancia y complejidad. Enseguida, se detectan las principales interacciones entre subsistemas y elementos que llevan a que un sistema sea complejo, como las que conforman al sistema Sitio Ramsar Presa Manuel Ávila Camacho, donde se lleva a cabo un círculo vicioso que representa lo complejo del sistema. Este círculo vicioso inicia con las políticas públicas inadecuadas, que provocan un cambio o alteración en el sistema, tal es el caso de técnicas ancestrales de cultivo y problemas entre la sociedad que conllevan a la disminución de la biodiversidad, contaminación del agua, procesos de erosión y disminución de fertilidad. De seguir con esta dinámica, el sistema puede llegar a la pérdida de la columna vertebral que lo sostiene, el humedal.

Es importante recalcar que el análisis del sistema debe ser en conjunto y no por sus partes separadas. Los resultados obtenidos con este análisis sirven como una herramienta importante para saber cuáles son los problemas que se deben priorizar para comenzar con un plan de manejo y conservación de un sistema complejo.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Vicerrectora de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP-BUAP) por el apoyo financiero ofrecido para llevar a cabo esta investigación. También estamos muy agradecidos con el Departamento de Investigación de Ciencias Agrícolas (DICA-BUAP) por su apoyo en la realización de salidas a campo y el posterior análisis de muestras de suelo obtenidas. Del mismo modo, agradecemos a las instalaciones administrativas del Postgrado en Ciencias Ambientales por la realización de este artículo.

## Referencias

- Altieri, M., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7–28.
- Amadi, C. C., Van Rees, K. C. J., & Farrell, R. E. (2016). Soil-atmosphere exchange of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in shelterbelts compared with adjacent cropped fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 123–134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.026>
- Barrasa, S. (2017). De montaña, milpa y cañaveral. Transformaciones percibidas de los paisajes en la costa de Chiapas. *Investigaciones Geográficas*, 93, 95–109. doi: <https://doi.org/10.14350/ig.54775>
- Carranza, J., & Martínez, V. (2017). Transformaciones ambientales en la zona de desarrollo Angelópolis, Puebla. *Revista Asuntos Económicos y Administrativos*. Recuperado el 19 de noviembre de 2017 de <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/Asuntosecoyadmon/article/viewFile/2274/2600>
- Castelán, R., López, L., Tamariz, J. V., Linares, G., & Cruz, A. (2017). Erosión y pérdida de nutrientes en diferentes sistemas agrícolas de una microcuenca en la zona periurbana de la ciudad de Puebla, México. *Terra Latinoamericana*, 35(3), 229–235. doi: <http://dx.doi.org/10.28940/terra.v35i3.134>
- Castillo, J. (2015). Un fraude, plantas tratadoras de agua. *La Jornada de Oriente*. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de <http://www.lajornadadeoriente.com.mx/2015/11/09/un-fraude-plantas-tratadoras-de-agua/>
- Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD). (2011). *Partial program of sustainable urban development of Valsequillo and its zone of Influence*.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). (2010). *Índice de rezago social por localidad*. Recuperado el 12 de junio de 2017 de <https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/%C3%8Dndice-de-Rezago-social-2010.aspx>
- Consejo Nacional de Población (Conapo). (2010). *Índice de marginación por localidad*. Recuperado el 8 de septiembre de 2017 de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/indice-de-marginacion/resource/cf94afbb-649a-41c9-b0f6-f6a79ad79a15>
- De Groot, R., Stuij, M., Finlayson, M., & Davidson, N. (2007). *Valoración de humedales: Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales*. Recuperado el 4 de junio de 2016 de [http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib\\_rtr03\\_s.pdf](http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_rtr03_s.pdf)
- Dinakaran, J., & Rao, K. S. (2012). Carbon sequestration in terrestrial vegetation and soils: A Review. *Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology*, 62(3-4), 177-188.
- Evangelista, V., López, J., Caballero, J., & Martínez, M. (2010). Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones Geográficas*, 72, 23–38.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos* (Primera Edición). Barcelona: Editorial GEDISA.

- González, A., & Ramírez, B. (2011). Pobreza rural en Puebla y exclusión social. *En Problemas del campo poblaro y propuestas para su desarrollo* (Primera Ed).
- Gutiérrez, E. (2014). *Determinación de la capacidad de asimilación de contaminantes en la presa Manuel Ávila Camacho, Puebla* (Tesis Doctoral). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Morelos.
- Honorable Ayuntamiento de Puebla. (2007). *Programa de desarrollo urbano de la ciudad*.
- Herrera, F. (2008). Apuntes sobre las instituciones y los programas de desarrollo rural en México. Del Estado benefactor al Estado neoliberal. *Estudios Sociales*, 17, 1–33.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). *II Conteo de Población y Vivienda*. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabentidad.aspx?c=33706&s=est>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Conteo de Población y Vivienda*. Recuperado de [http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta\\_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est](http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est)
- Laguna-Sánchez, G., Marcellín-Jiménez, R., Patrick-Encina, G., & Vázquez-Hernández, G. (coords.). (2016). *Complejidad y sistemas complejos: Un acercamiento multidimensional*. México CDMX: Coplt-arXives y Editora C3.
- López, L. (2017). *Propuesta para el manejo sustentable del Sitio Ramsar No. 2027 (Presa Manuel Ávila Camacho) con base en el estado actual de la degradación del suelo* (Tesis Doctoral). Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.
- López-Teloxa, L. C., Cruz-Montalvo, A., Tamariz-Flores, J. V., Pérez-Avilés, R., Torres, E., & Castelán-Vega, R. (2017). Short-temporal variation of soil organic carbon in different land use systems in the Ramsar site 2027 "Presa Manuel Ávila Camacho" Puebla. *Journal of Earth System Science*, 126(95), 1–11. doi: <https://doi.org/10.1007/s12040-017-0881-4>
- Mazo, N., Rubiano, J. E., & Castro, A. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 65–77. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.41993>
- Mendoza-Robles, R., Parra-Inzunza, F., & Ríos-Carmenado, I. (2010). La actividad frutícola en tres municipios de la Sierra Nevada en Puebla: características, organizaciones y estrategia de valorización para su desarrollo. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 7(3), 229–245.
- Morales, S. (2013). *Estudio de los metales contenidos en aire, agua y sedimentos en un área urbano-rural con influencias industriales ubicada en la zona metropolitana de Puebla, México* (Tesis Doctoral). Centro interdisciplinario de investigación y estudios sobre medio ambiente y desarrollo. Instituto Politécnico Nacional, CDMX.
- Navarro, J. (2001). *Las organizaciones como sistemas abiertos alejados del equilibrio* (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- Peláez-Herreros, O. (2012). Análisis de los indicadores de desarrollo humano, marginación, rezago social y pobreza en los municipios de Chiapas a partir de una perspectiva demográfica. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(38), 181–213.
- Pérez, G., Tamariz, V., López, L., Hernández, F., Castelán, R., Morán, J., García W., Díaz A., & Handal A. (2018). Atoyac river pollution in the metropolitan area of Puebla, México. *Water*, 10(267), 1-17. doi: <https://doi.org/10.3390/w10030267>
- Periódico Oficial del Estado de Puebla. (2012). *Programa de manejo del área natural protegida de jurisdicción estatal "Humedal Valsequillo"*. Gobierno del Estado. Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial.
- Rappo, MSE. (2006). Desafíos de la agricultura mexicana ante el cambio de sexenio. *Aportes*, XI, 181–188.
- Rodríguez-Tapia, L., & Morales-Novelo, J. (2011). Contaminación e internalización de costos en la industria textil. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 21(1), 143–169.
- Sánchez-Hernández, R., Ramos-Reyes, R., Geissen, V., Mendoza-Palacios, J., Cruz-Lázaro, E., Salcedo-Pérez, E., & Palma-López, D. J. (2011). Contenido de carbono en suelos con diferentes usos agropecuarios en el trópico mexicano. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 211–219.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2012). *Ficha informativa de los humedales de RAMSAR*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2013). *Política nacional de humedales*. Recuperado el 25 de octubre del 2016 de [http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/PNH\\_SEMARNAT.pdf](http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/PNH_SEMARNAT.pdf)
- Szmulewicz, M., & Liscovsky, I. J. (2016). La resistencia como entramado del lugar: el caso de la gente de los médanos (Las Aguadas, Argentina). *Ambiente y desarrollo*, 20(39), 9–20. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.relc>
- Tello, E., Garrabou, R., Cussó, X., & Olarieta, J. R. (2008). Una interpretación de los cambios de uso del suelo desde el punto de vista del metabolismo social agrario. La comarca catalana del Vallès, 1853-2004. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 7, 97–115.
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 34(136), 41–71.
- Toledo, V., Alarcón-Cháires, P., & Barón, L. (2009). Revisualizar lo rural desde una perspectiva multidisciplinaria. *Polis: Revista Latinoamericana*, 8(22), 329–345.
- Toledo, V., Garrido, D., & Barrera-Basols, N. (2014). Conflictos socio-ambientales, resistencias ciudadanas y violencia neo-liberal en México. *Ecología Política*, 46, 115–124.
- Traversoni, L., Vélez, H., Ruiz, R., & Carreón, E. (2009). *Manifestación de Impacto Ambiental: Remoción de lirio acuático en el embalse de Valsequillo*. Semarnat. Recuperado el 28 de octubre del 2016 de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/pue/estudios/2009/21PU2009HD056.pdf>