

Transformación de un sistema socioecológico alimentario y su adaptación basada en ecosistemas (AbE) en la parte baja de la cuenca río Bacoachi (México)

Transformation of a socio-ecological food system and ecosystem based adaptation (EbA) in the lower part of the Bacoachi river basin

DE LA TORRE, Hugo C.¹

PALLANEZ, Maribel ²

SANCHEZ, Nancy E.³

Resumen

El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis territorial sobre los cambios del sistema socioecológico alimentario que se ha desarrollado en la parte baja de la cuenca río Bacoachi (localizada al noroeste de México) y sus estrategias de intervención desde una perspectiva de Adaptación basada en Ecosistemas(EbA). Los resultados indican un proceso de transformación socio-productiva, ecológica y de conservación de la región que desarrollan sus tres elementos centrales: aprovechamientos productivos, escala ecológica y políticas de conservación.

Palabras clave: sistemas socioecológicos alimentarios, adaptación basada en ecosistemas, cuenca bacoachi.

Summary

The objective of this study was to carry out a territorial analysis of the changes in the socio-ecological food system that has developed in the lower part of the Bacoachi River basin (located northwest of Mexico) and its intervention strategies from an Adaptation perspective based on Ecosystems. The results indicate a process of socio-productive, ecological and conservation transformation of the region that develops its three central elements: productive uses, ecological scale and conservation policies.

Keywords: socioecological food systems, adaptation based on ecosystems, bacoachi basin.

1. Introducción

En los últimos años, los recursos naturales de las cuencas se han visto afectados a través de la interacción de distintos usos de suelo encaminados a la producción de alimentos, generando una transformación ecológica en su sistema hidrológico. Los retos que de ello se derivan se caracterizan por el manejo integral, la planificación y gestión de cuencas, así como el uso equitativo y sostenible de sus beneficiarios (Altamirano, 2014). La

¹ Profesor-Investigador. Licenciatura en Nutrición Humana y Ecología. Universidad Estatal de Sonora. México. hugo.delatorre@ues.mx

² Profesora-Investigadora. Licenciatura en Ecología. Universidad Estatal de Sonora. México. maribel.pallanez@ues.mx

³ Profesora-Investigadora. Licenciatura en Ecología. Universidad Estatal de Sonora. México. nancy.sanchez@ues.mx

implementación eficiente de medidas de Adaptación basada en Ecosistemas (EbA), ha permitido la preservación de los sistemas alimentarios de las cuencas, el desarrollo económico sustentable y el mejoramiento de condiciones de vida de la población. Es así como en algunas regiones se ha identificado el riesgo y la vulnerabilidad frente a la restauración y reconversión productiva, así como el diseño de mecanismos financieros y la sensibilización con los tomadores de decisión (Bezaury, 2013).

A nivel global el bienestar de la población está en función del estado que presentan sus ecosistemas, lo anterior debido a la relación entre sus medios de subsistencia y los recursos naturales (Olivier *et al.*, 2012). La Adaptación basada en Ecosistemas se enfoca en considerar los servicios y atributos del propio ecosistema como elementos que contrarresten tanto los efectos de cambio climático como las repercusiones de los mismos aprovechamientos. Se define como la utilización de la biodiversidad y los servicios ecológicos que componen una parte importante de una estrategia de adaptación integral que aumente la resiliencia y reduzca la vulnerabilidad de un sitio de interés (Lhumeau, 2012).

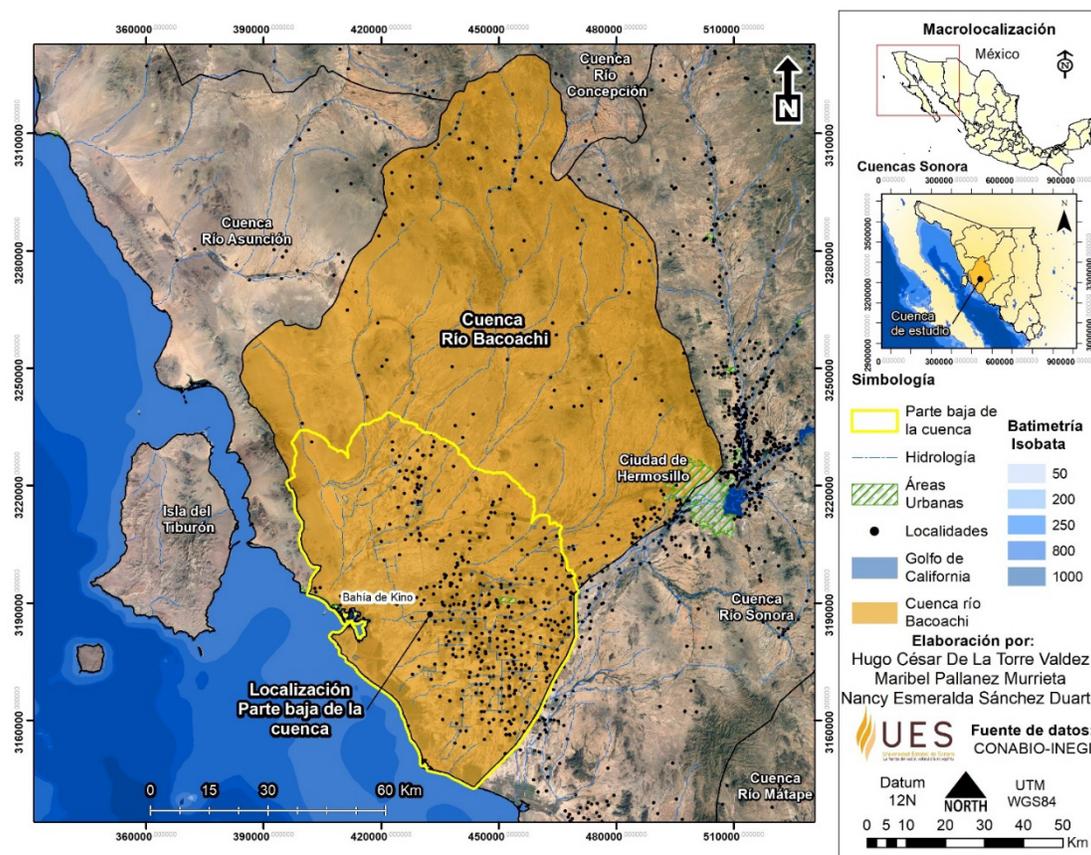
En ambientes áridos, los sistemas socioecológicos son dinámicos y al desarrollar degradación implican restauración y regulación por medio de mecanismos de intervención externa. Lo anterior se traduce en el decrecimiento de estructuras agrícolas tradicionales y modificación en los usos de suelo. A su vez, en su escala ecológica se desarrolla transformación geomorfológica, incremento de materiales sólidos en sistemas lagunares, pérdida de vegetación y por ende de su resiliencia ecosistémica (Reynolds *et al.*, 2005; De La Torre & Moreno, 2019).

En la actualidad las políticas públicas sectoriales en México destinadas a remediar el contexto de los recursos naturales en las cuencas deben considerar el ecosistema como parte de la estrategia de su intervención, considerando los aspectos socioecológicos complejos que de ellos emanan. La condición de escasez de agua, el agotamiento de recursos, el deterioro del bienestar en la población, así como la dinámica productiva de los sistemas alimentarios tradicionales denotan un contexto de suma importancia para las cuencas, reconociendo su función hidrográfica y la relación con la vegetación en su regulación.

En el estado de Sonora, en las últimas décadas, la parte baja de la cuenca río Bacoachi (área de planicie costera donde se localizan los usos de suelo y que conforman un sistema socioecológico) se ha caracterizado por un proceso de transformación ecológica a partir de la dinámica territorial desarrollada por un conjunto de sistemas alimentarios. Las variaciones de temperatura, así como la presencia de fenómenos y eventos hidrometeorológicos contribuyen a la reconfiguración proveniente del contexto climático de la región. Dentro de los límites geográficos de la cuenca, se localiza un conjunto de aprovechamientos que han generado ciclos productivos y estrategias de contención, de los cuales destacan los siguientes: agricultura y agotamiento del manto acuífero (Moreno, 2006; Monreal *et al.*, 2001), aprovechamiento maderable y desertificación (Castellanos *et al.*, 2010), acuicultura y presencia de patógenos (COAES, 2020), pesca y variación de especies marinas (De La Torre y Sandoval, 2015a).

Aunado a lo anterior, la política pública se ha dirigido hacia la protección de elementos de importancia ecológica, así como programas de ordenamiento encaminados hacia la regulación de las actividades económicas. Lo anterior ha generado un panorama de inclusión-exclusión para el desarrollo de los sistemas alimentarios, un marco normativo de aprovechamiento de los recursos naturales y un elemento territorial de fricción en algunas comunidades rurales. La figura 1 muestra el área de la cuenca del río Bacoachi y la delimitación de la parte baja donde se identifican el conjunto de comunidades rurales que la conforman. Es de suma importancia comprender el alcance geográfico que tiene en su totalidad la cuenca hidrográfica para identificar su proceso superficial, su confluencia y desemboque.

Figura 1
Localización del área de estudio, parte baja de la cuenca del río Bacoachi y localidades aledañas



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2020).

Por ello el presente trabajo se centró en un análisis del sistema socioecológico alimentario y su Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en la parte baja de la cuenca del río Bacoachi, frente al contexto de transformación ecológica que desarrollan los sistemas alimentarios del área de estudio, siendo regulado por tres elementos centrales: actividades productivas, escala ecológica y políticas de conservación.

1.1. Marco de referencia

De acuerdo con Ilieva (2019, 13), la definición de sistema socioecológico contempla la asociación sistémica de naturaleza-personas, expresada en el sustento de medios de subsistencia y la dependencia con bienes y servicios que aportan los ecosistemas; en ese sentido se indica que elementos centrales como los cambios de uso del suelo y la producción de alimentos derivan de alteraciones ambientales inducidas que pueden afectar el funcionamiento hidrológico, intensificando la vulnerabilidad del sistema socioecológico. Es así como una característica medular del sistema es la compleja estructura, tal como lo afirma Castillo & Velázquez (2015, 19) en el cual convergen el subsistema social con su acción antropogénica y un subsistema ecológico con su estructura de escalas biofísicas y ecológicas.

Desde esta perspectiva, los sistemas socioecológicos son caracterizados por su resiliencia y adaptabilidad, como la dinámica estrechamente asociada en su gestión y aprovechamiento, mientras que su transformabilidad hace referencia a su alteración; los tres elementos centrales influyen en su proceso de regulación (Joaqui & Figueroa,

2014). En ese sentido, Salas *et al.* (2012) afirman que en los sistemas socioecológicos las interacciones presentan dos vías distintas; la primera, hace referencia a cómo el sistema social (cultura, política, economía) van a transformar el medio a través de sus factores inductivos (aprovechamientos productivos), y la segunda, en cómo las dinámicas del sistema ecológico van a alterar la cultura, la política, y la economía, a través de sus respuestas en el medio (fenómenos hidrometeorológicos, variaciones en clima etc.).

Es así como hay variables que regulan en mayor o menor medida el sistema, hasta que una variable es afectada de manera significativa, causando una reorganización o cambio de régimen. En este sentido Bagio & Calderón (2017) afirman que estas variaciones pueden ser identificadas como cambios de vegetación o en sistemas hidrológicos, en función de una serie de subsistemas en distintas escalas de su conectividad (dependencias e interdependencias), diversidad (atributos) y retroalimentación (configuraciones de auto-organización). Tener una perspectiva a partir del enfoque de los sistemas socioecológicos permite comprender e integrar cada una de las condiciones que rigen los sistemas ante la pertinencia de resguardar los recursos naturales y procurar un equilibrio social (Cerón *et al.*, 2019).

La adaptación al cambio climático, como parte del contexto de los sistemas socioecológicos, asume la capacidad de un sistema para ajustarse tanto a la variabilidad del clima como a los fenómenos extremos. A partir de ello, se han delineado distintos enfoques de adaptación, los cuales utilizan términos como riesgo, vulnerabilidad, sensibilidad, resiliencia, entre otros (Vides-Almonacid, 2014). En este caso, la resiliencia hace referencia al equilibrio territorial que desarrollan los usuarios de un sistema para afrontar los cambios ambientales sin perecer en el entorno (De La Torre y Sandoval, 2015a). En ese sentido, el concepto de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) contempla actividades in situ por los usuarios de los sistemas socioecológicos, involucrando en muchos casos la gestión integrada de cuencas y la sostenibilidad de los usos del suelo o de zonas costeras para preservar los aprovechamientos (Ilieva, 2019, 15).

En contraparte la vulnerabilidad es el nivel de fragilidad o imposibilidad de respuesta en un sistema para enfrentar los efectos del cambio climático. Se caracteriza por ser una función de la exposición identificando el riesgo sobre algún elemento en particular y la sensibilidad del sistema que lo agrupa; asimismo, abarca el grado en que la población o su contexto (ambiente) son susceptibles de ser afectados por las variaciones no anticipadas del clima (Vides-Almonacid, 2014).

El enfoque de Adaptación basada en los Ecosistemas (AbE) implica el estudio de los servicios ecosistémicos que coadyuvan a estimular la resiliencia de las sociedades humanas al cambio climático. Comprende un conjunto de estrategias donde el aprovechamiento y restauración de ecosistemas son configurados para incidir en un equilibrio territorial, reduciendo la vulnerabilidad hacia el contexto físico ambiental adverso. Asimismo, el AbE incide en el incremento de bienestar social de las comunidades a través del uso y manejo sustentable de sus recursos (CONANP-PNUD, 2021).

En el estado de Sonora, las cuencas presentan contextos de sequía, escasa precipitación y eventos hidrometeorológicos que modifican sistemas lagunares, alteran la línea de costa e impactan en actividades productivas. La vulnerabilidad en torno al contexto climático responde a dos elementos puntuales: escasa disponibilidad de agua con presión creciente, y sequía con índices extremos. Las expectativas se incrementan en zonas secas frente a amenazas identificadas como sequías meteorológicas y olas tanto de frío como de calor (Salazar-Solano *et al.*, 2022).

2. Metodología

El presente estudio tuvo dos aspectos metodológicos centrales para poder operacionalizar la perspectiva teórica del sistema socioecológico y el enfoque basado en Ecosistemas. Por un lado, el uso de un Sistema de Información

Geográfica (SIG) y por otro la revisión de estudios a nivel regional que permitieron contextualizar el proceso de transformación de la cuenca. Para Buzai (2005) el análisis socioespacial a través del uso de los sistemas de información geográfica abarca el estudio de los patrones de distribución de diversas variables (ecológicas, demográficas y económicas) en todos sus niveles de integración vectorial (localización, distribución, asociación e interacción). Con base a ello el SIG permite analizar los problemas de gestión de un territorio y sus recursos naturales (Mora & Serrano, 2012), así como también identificar las distintas expresiones territoriales que generan los diversos aprovechamientos de un sistema socioecológico (De La Torre y Moreno, 2019).

En ese sentido se utilizó un Sistema de Información Geográfica por medio del software Arcgis 10.3 para el análisis y procesamiento de datos cartográficos digitales del área de estudio. Dichos datos se obtuvieron del portal de geoinformación 2024 de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) correspondientes a los siguientes insumos: hidrología, vegetación/uso de suelo, población y regionalización biótica. Con ello se aplicó la técnica superposición geométrica, que de acuerdo con Humacata & Buzai (2018) representa uno de los procesos más aplicados en investigación geográfica, permite analizar las variaciones territoriales que configuran los usos de suelo u otros atributos cartográficos.

De esta manera el uso de la herramienta X-Tools del software arcgis y la técnica superposición geométrica de polígonos consintió en examinar los datos extraídos de CONABIO (2024) y con ello calcular cambios de vegetación y usos de suelo de 1985 a 2018 en la cuenca (periodo único disponible de información), así como identificar su distribución sociodemográfica y las medidas de conservación-regulación de los recursos naturales. Dicha caracterización se reforzó con la consulta de investigaciones publicadas sobre el estado de los recursos naturales y sus procesos de apropiación en la región que permitieran contextualizar cada uno de las dinámicas de transformación ecológica que ha tenido la cuenca.

Por tanto la técnica superposición geométrica vectorial aplicada a cada uno de los componentes generó información sobre la transición territorial que tienen las actividades productivas, los cambios de vegetación, y el alcance de las políticas de encaminadas a regular los distintos usos de suelo de la región. Cada uno de los tres componentes mencionados conforman el sistema socioecológico, donde su capacidad de respuesta está en función de su resiliencia e intervención en materia de política pública (enfoque AbE). Esta perspectiva de análisis responde a los planteamientos de Gallopin (2006) sobre el sistema socioecológico en sus cuatro subsistemas principales (económico, ambiental e institucional) y que de acuerdo con el autor pueden ser analizados a través de indicadores vectoriales por medio de sensores remotos y sistemas de información geográfica.

Para el cálculo de los cambios de las superficies se realizó en primera instancia una reclasificación de los atributos cartográficos en función de las distintas clases utilizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en la cartografía de uso de suelo y vegetación. Asimismo se aplicó el criterio de Humacata & Buzai (2018) que establece la cartografía dinámica como técnica para el estudio de transformaciones territoriales de usos de suelo en el tiempo a través del procedimiento de reclasificación de categorías, con el cual se obtienen cambios positivos o negativos de superficies reclasificadas.

De esta manera se reagruparon en “Uso Humano” cada una de las clases correspondientes a todas las áreas con actividad agrícola, zonas acuícolas, pastizales y asentamientos humanos. La característica de todo este segmento agrupado es la intervención humana dentro del suelo para cualquier tipo de actividad antrópica identificada (ver tabla 1).

Tabla 1
Identificación de las clases, y reclasificación
en cuenca río Bacoachi

Clase	Reclasificación.	Clase	Reclasificación.
Acuícola	Uso Humano	Vegetación secundaria arbustiva de vegetación halófila xerófila	Halófilas y zonas inundables
Agricultura de riego anual		Sin vegetación aparente	
Agricultura de riego anual y permanente		Cuerpo de agua	
Agricultura de riego permanente		Manglar	
Agricultura de riego permanente		Vegetación halófila xerófila	
Agricultura de temporal anual		Matorral desértico micrófilo	Matorral
Pastizal cultivado		Matorral sarco-crasicaule	
Pastizal inducido		Vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo	
Asentamientos humanos		Vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule	
Mezquital xerófilo	Mezquital	Vegetación de dunas costeras	Dunas y desiertos arenosos
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo			

Fuente: Elaboración propia con base a clasificación de INEGI 2024

En los ambientes de reclasificados como “mezquital” lo conforman superficies con mezquital xerófilo y vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo. En “halófilas y zonas inundables” se encuentran áreas sin vegetación aparente, cuerpos de agua, manglar, vegetación halófila xerófila, y vegetación secundaria arbustiva de halófila xerófila. La clase “matorral” comprende matorral desértico micrófilo, matorral sarco-crasicaule, vegetación secundaria arbustiva de matorral desértico micrófilo, vegetación secundaria arbustiva de matorral sarcocaule y matorral sarcocaule. Mientras que “vegetación de dunas costeras” abarca dunas y desiertos arenosos.

Con ello se realizaron tres cálculos: a) estimación de superficies de cada clase y tasas de crecimiento; b) cálculos de porcentajes de ocupación en el área de estudio, identificando su variación a través del periodo de análisis; c) estimación de cambios de uso de suelo a través del cálculo tasas de cambio, el cual es un Indicador que expresa el cambio en porcentaje de la superficie de cada año y que fue elaborado con información proveniente de las cartas de uso de suelo y vegetación de INEGI.

$$Dn = \left(\frac{S2}{S1}\right)^{1/n} - 1 * 100 \quad r = \left(\frac{S2-S1}{S1}\right) * 100$$

Dn= Tasa de cambio

r= Tasa de crecimiento

S1= Superficie en la fecha 1

S2= Superficie en la fecha 2

N= Número de años entre las dos fechas.

La contextualización de los resultados está en función de los distintos estudios revisados de la región e información empírica del área de estudio (Moreno 2006; Castellanos *et al.*, 2010; De La Torre y Sandoval, 2014; De La Torre y Sandoval 2015a, 2015b; Thompson, 1989; Von der Borch, 1997; Pérez y Cañez, 2003; De La Torre & Moreno, 2019). Se puede establecer que la parte baja de la cuenca se encuentra bajo la presión de varios sistemas alimentarios. Dentro de ella se localiza gran parte del distrito de riego de la Costa de Hermosillo y su

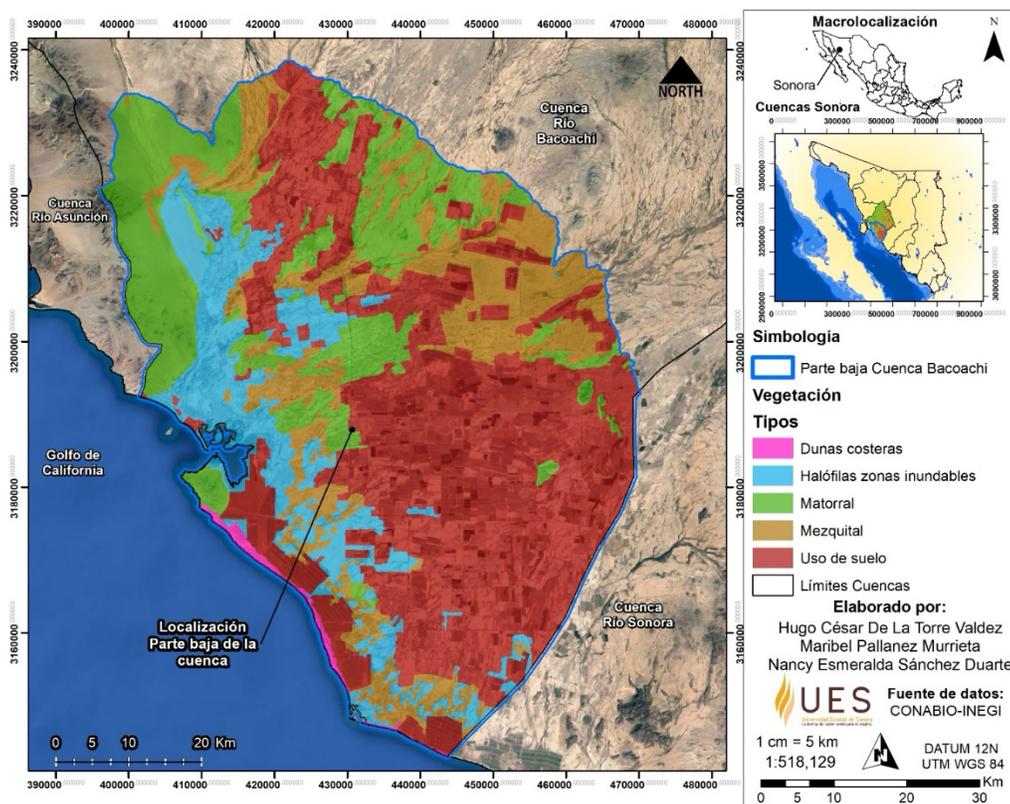
extensión de campos agrícolas. Asimismo se localiza la actividad acuícola vinculada al cultivo de camarón, el aprovechamiento forestal en áreas ejidales, la pesca de comunidades ribereñas y la ganadería a pequeña escala en áreas de agostadero. Finalmente se identifican desarrollos urbanos correspondientes al poblado Miguel Alemán y actividades turísticas en el área de bahía de Kino.

3. Resultados y discusión

La superficie calculada correspondiente a la parte baja de la cuenca del río Bacoachi (la cual abarca el sistema socioecológico alimentario) abarca 439,119 ha. La fisiografía del área corresponde a una parte significativa de abanico aluvial así como de bajadas de lomeríos y llanura deltaica en la parte de la desembocadura. El límite del área comprende la equidistancia de la curva de nivel de 100 metros la cual abarca suelos de xerosol, yermosol y regosol principalmente. Este criterio de delimitación responde a los elementos que caracterizan a un sistema territorial donde confluyen un conjunto de aprovechamientos destinados a la producción de alimentos entre una escala ecológica y una social dando pie a un Sistema Socio-Ecológico (Bagio & Calderdón, 2017) caracterizado por mecanismos de intervención y regulación (Joaqui & Figueroa, 2014), los cuales dan lugar al proceso de Adaptación basadas en Ecosistemas (Ilieva, 2019).

3.1. Escala Ecológica

Figura 2
Área de la parte baja de la cuenca
río Bacoachi (uso de suelo y vegetación)



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Los resultados indican que en el último año de referencia (2018) la clase predominante la componen áreas de uso humano con 227,266 ha con un 51.8% de ocupación del total del área de estudio, dentro de ello se localizan

los sistemas alimentarios dedicados a las producción de alimentos, principalmente agricultura, cultivo de especies acuáticas y ganadería a pequeña escala. En segundo lugar se encuentra la clase de matorral con 85,420 ha correspondiente al 19.5% de la superficie, este tipo de ambientes se han visto afectados por el incremento de superficies destinadas a la producción de alimentos, principalmente agricultura.

En el orden consecutivo se identifican los ambientes de mezquital, los cuales abarcan 78,907 ha equivalente al 18% de la parte baja de la cuenca, estas áreas también impactadas por los sistemas alimentarios son mayormente afectadas por el aprovechamiento maderable para la producción de carbón vegetal en comunidades ejidales. En cuarto lugar se presentan áreas de halófilas y zonas inundables, que comprenden 45,406 ha y ocupan el 10.3% del área total. Estas zonas en algunos casos pueden ser consecuencia de la modificación hidrológica producto de las variaciones de las superficies de los mismos sistemas alimentarios al obstruir parte de los escurrimientos que desembocan en los cuerpos de agua. Finalmente se encuentran los ambientes de dunas y desiertos arenosos que abarcan 2,122 ha representado por 0.5% de ocupación, estos ambientes localizados en el límite terrestre con el frente de playa (véase figura 2) son afectados en su totalidad por la actividad acuícola, la cual genera fragmentación de la línea de costa para la construcción de obras hidrológicas. Todo lo anterior refleja el alcance territorial que presentan los sistemas alimentarios en el área de estudio tal como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2
Superficie total ocupada en la parte
baja de la cuenca río Bacoachi, 2018

Clase	Ha	Reclasificación
Acuícola	17,616	Uso Humano 227,266 ha. (51.8%)
Agricultura de riego anual	21,677	
Agricultura de riego anual y permanente	49,175	
Agricultura de riego permanente	48,903	
Agricultura de temporal anual	9,831	
Pastizal cultivado	6,812	
Pastizal inducido	71,815	
Asentamientos humanos	1437.352	
Manglar	907.904	
Sin vegetación aparente	6,403	
Vegetación halófila xerófila	37,913	
vegetación secundaria arbórea de manglar	182.741	
Matorral crasicaule	2,407	Matorral 85,420 ha. (19.5%)
Matorral desértico micrófilo	70,806	
Matorral sarco-crasicaule	1,281	
Matorral sarcocaule	6,673	
Vegetación secundaria de matorral desértico micrófilo y sarcocaule	4,253	
Mezquital xerófilo	66,554	Mezquital 79,907 ha. (18%)
Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	12,353	
Vegetación de dunas costeras	2,122	Dunas y desiertos arenosos 2,122 ha. (0.5%)

Fuente: Elaboración propia con base en datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Al analizar la tendencia que presentan los cambios del sistema socioecológico dentro del periodo de tiempo 1985-2018, se identifica que los sistemas alimentarios desarrollaron un incremento de 51,446 ha, siendo una variación positiva de 22.6% y una tasa de cambio anual de 0.78%; mientras que su porcentaje de ocupación pasó

de 39.9% a 51.8% en el total de la superficie. El resto de los ambientes presentaron reducciones significativas, en el caso de halófilas y zonas inundables disminuyó un total de 20,947 ha, presentando una diferencia -46.1%, con una tasa de cambio anual de -1.14% y un porcentaje de superficie ocupada la cual varió de 15.1% a 10.3%; lo anterior indica que esta clase presentó mayor afectación con respecto a su tipo de ambiente, y mayor vulnerabilidad por su alcance geográfico en el área de estudio.

Tabla 3

Superficie total ocupada en la parte
baja de la cuenca río Bacoachi (Ha)

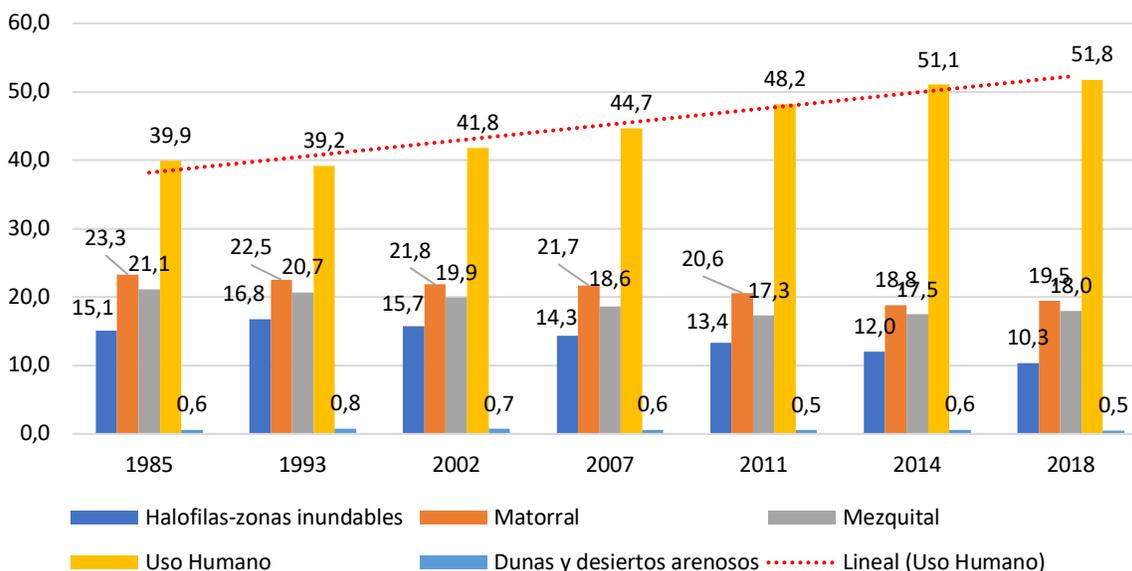
	1985	1993	2002	2007	2011	2014	2018
Halófilas-zonas inundables	66,354	73,793	69,079	63,004	58,673	52,757	45,406
Matorral	102,595	98,973	95,844	95,352	90,399	82,750	85,420
Mezquital	93,104	90,838	87,273	81,941	75,971	76,746	78,907
Uso Humano	175,819	172,041	183,407	196,455	211,687	224,278	227,266
Dunas y desiertos arenosos	2,500	3,512	3,260	2,627	2,363	2,599	2,122

Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Las áreas de matorral presentaron una reducción de 17,175.89 ha equivalente a una variación porcentual significativa de -20.1% con tasa de cambio anual de -0.55% y transitando de una superficie ocupada de 23.3% a 19.5%. Mientras que la áreas de mezquital presentaron una reducción de 14,197 ha, una variación porcentual de -18% reflejado en tasa de cambio anual de -0.50% y una superficie ocupada que pasó de 21.1% a 18%. Por último se muestran la clase correspondiente a ambientes de dunas y desiertos arenosos, los cuales presentaron una reducción de 378.49 ha, una variación de -17.8% con tasa de cambio de -0.50% y una proporción de superficie ocupada que pasó de 0.6% a 0.5%,

Figura 3

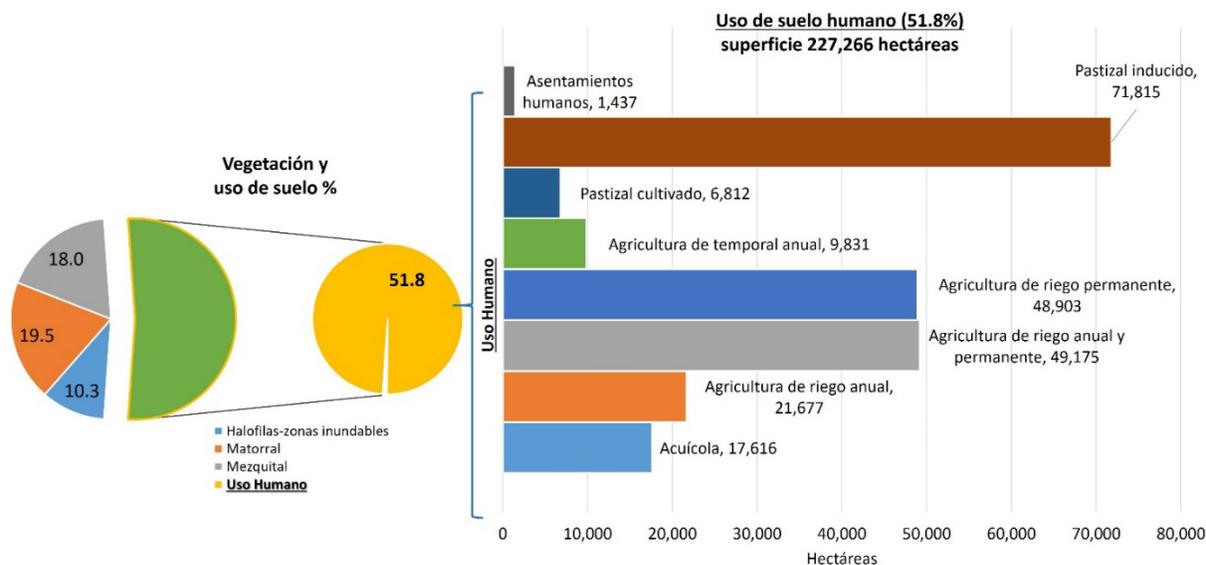
Superficie ocupada total en la parte
baja de la cuenca río Bacoachi (%)



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Para entender el alcance que tienen los sistemas alimentarios dentro de su porcentaje de superficie ocupada del 51.8%, podemos desagregar cada una de sus partes, siendo zonas agrícolas y pastizal cultivado dedicadas a la siembra de alimentos (31.06%), áreas acuícolas enfocadas al cultivo de camarón (4.01%), pastizal inducido caracterizado por zonas anteriormente usadas para el cultivo de alimentos o desmontadas (16.35%), y en menor medida el espacio usado de asentamientos humanos (0.33%). Los sistemas alimentarios representan el factor inductivo central que desplaza al resto de los ambientes identificados en la parte baja de la cuenca (ver figura 4), a medida que se incrementa su presencia dentro del área de estudio, disminuyen el resto de las clases en proporciones distintas en función del tipo de aprovechamiento que los caracteriza.

Figura 4
Dinámica productiva de la parte baja de la cuenca
río Bacoachi (vegetación y uso de suelo)



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

En ese sentido es necesario resaltar una particularidad muy importante, al desagregar cada una de las clases, podemos identificar que las zonas de pastizal inducido (las cuales abarcan 71,815 ha) son las que mayor alcance presentan (ver figura 8). Este tipo de ambientes se caracterizan por presentar vestigios de algún uso de suelo previo a la condición de vegetación actual, figuran como áreas de transición que fueron impactadas con anterioridad. Es por ello que su identificación es importante ya que reflejan espacios impactados y que en el presente se muestran como sitios sin uso aparente, son la evidencia territorial del conjunto de condiciones críticas ecológicas que se han desarrollado en el área de estudio, corresponden a la crisis agrícola producto de la sobreexplotación del manto acuífero (Moreno 2006; Castellanos et al 2010), la deforestación del mezquite para la elaboración de carbón vegetal (De La Torre y Sandoval, 2014) y la remoción de la vegetación producto del avance de la actividad acuícola (De La Torre y Sandoval 2015b).

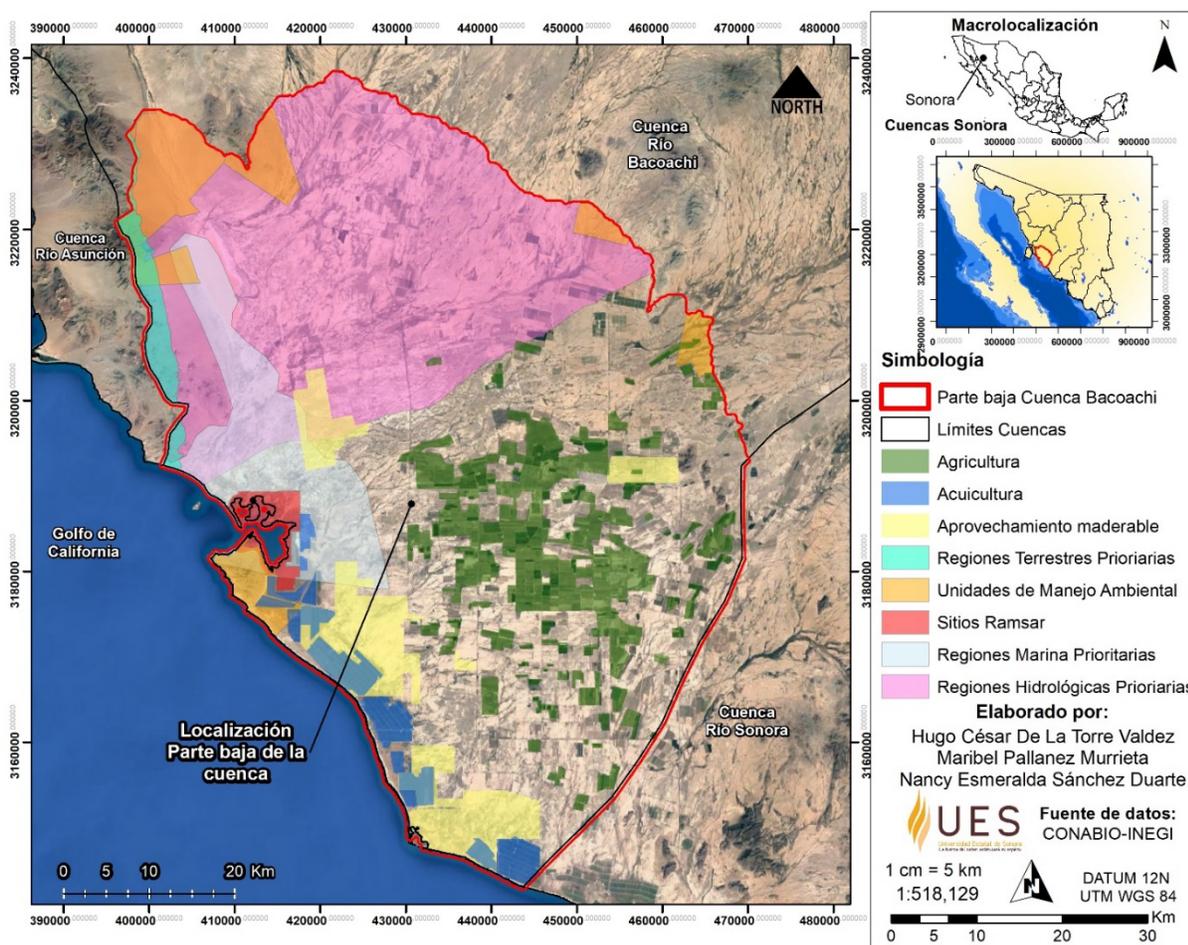
Al considerar el cambio de superficie de 1985 al 2018, los sistemas alimentarios presenta una variación positiva de 51,446 ha, mientras que el resto de los ambientes presenta en conjunto una variación negativa de 52,699 ha, con ello se sustenta que el factor inductivo de cambio son los sistemas alimentarios. La diferencia de 1,252 ha, corresponde a sitios en transición de vegetación secundaria donde se presentan sucesiones ecológicas dentro de la parte baja de la cuenca del río Bacoachi producto del conjunto de transformaciones que inducen los

sistemas alimentarios. No obstante para ver y deducir el alcance del sistema socioecológico completo, nos conduce a la necesidad de analizar la escala social y así como su escala de intervención.

3.2. Escala Conservación-Intervención

Al analizar las áreas de conservación decretadas a partir de las políticas ambientales en México en el transcurso de la década de los noventa del siglo XX, podemos identificar una distribución muy significativa de límites que se concentran en la parte norte del área de estudio, muy alejados de las zonas de aprovechamiento productivo (ver figura 8). En ese sentido las medidas de regulación son: Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), abarcan unidades estables con riqueza ecosistémica, integridad ecológica funcional y oportunidad real de conservación. Regiones Marinas Prioritarias (RMP) corresponden a áreas costeras y oceánicas prioritarias por su diversidad biológica, uso de sus recursos y por falta de conocimiento sobre biodiversidad. Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP), contempla principales subcuencas y sistemas acuáticos considerando características de biodiversidad, patrones sociales y económicos.

Figura 5
Distribución de las áreas de conservación y sistemas alimentarios



Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Por su parte los sitios Ramsar como decreto internacional tienen como propósito la conservación y uso racional de humedales de importancia para la preservación de biodiversidad y bienestar de comunidades humanas, mientras que las Unidades de Manejo Ambiental (UMAs), fomentan esquemas alternos de aprovechamiento

acordes con el uso sostenible de los recursos naturales revirtiendo procesos de deterioro ambiental. En contraparte se identifican tres aprovechamientos que contribuyen a las modificaciones de uso de suelo del área de estudio y que se aprecian en la figura 5: agricultura, acuicultura y agostaderos de aprovechamiento maderable. Finalmente se encuentran las áreas sin uso aparente las cuales corresponden a las áreas que no registran aprovechamiento activo ni criterios de conservación.

Tras la superposición geométrica de polígonos concernientes a los criterios de conservación, se encuentran las RHP con un 67.22% de cobertura dentro de esta escala de análisis, y que de acuerdo con el registro, el área la componen la “Región Noroeste Isla Tiburón-río Bacoachi” sin uso aparente y con grado de amenaza. Le sigue la RMP con 16.47% de área correspondiente a la “Región Canal del Infiernillo provincia Golfo de California”, la cual presenta alta biodiversidad sin uso ni amenaza. Asimismo se encuentran las UMAs con 10.97% de cobertura las cuales también se encuentran fuera del área productiva con excepción de dos polígonos cercanos a la actividad acuícola y en áreas agrícolas. De manera poco significativa por área de cobertura se encuentran Sitios Ramsar localizados en el sistema estuarino “La Cruz” con 2.16%, mientras que las RTP corresponden a la “Sierra Seri” y abarcan 3.19% del área total de conservación (véase tabla 4).

Tabla 4
Cobertura de superficie de conservación
y Áreas de aprovechamiento.

Conservación			Áreas de aprovechamiento productivo		
Criterio	Ha	%	Usos de suelo	Ha	%
Regiones Marinas Prioritarias	43,898.45	16.47	Agricultura	48,141.66	50.27
Regiones Terrestres Prioritarias	8,498.37	3.19	Acuicultura	13,581.80	14.18
Regiones hidrológicas Prioritarias	179,212.55	67.22	Agostadero Maderable	34,049.24	35.55
Sitios Ramsar	5,753.21	2.16	Total	95,772.69	100
Unidades de Manejo Ambiental	29,234.42	10.97	Cobertura de suelo inactivo		
Total	266,597.00	100	Sin Uso Aparente	155,823.49	34.64/100

Fuente: Elaboración propia con base a datos cartográficos de CONABIO (2024), INEGI (2024).

Sin embargo es necesario identificar las áreas de aprovechamiento productivo las cuales muestran que la producción de alimentos tiene un peso dentro del área de estudio; por ejemplo la agricultura representa el 50.27% de los usos de suelo productivos de la región, mientras que los agostaderos maderables, caracterizados por ganadería a pequeña escala y aprovechamiento de especies arbóreas, mezquite (*Prosopis spp.*) corresponden al 35.55%. Finalmente la áreas destinadas a la producción acuícola presentan 14.18% dentro del área de aprovechamiento total de la parte baja de la cuenca (ver figura 5 y tabla 4). En los tres casos encontramos impactos severos a la superficie del sistema socioecológico, la agricultura responsable del agotamiento del manto acuífero y el fenómeno de sucesión ecológica en campos abandonados (Moreno, 2006; Castellanos et al, 2010), por otro lado el aprovechamiento maderable responsable de procesos de desertificación severos y deforestación (De La Torre y Sandoval, 2014), y por último la acuicultura a través de cambios de ambientes costeros, fragmentación de dunas y línea de costa, y alteración de cuerpos de agua (De La Torre y Moreno, 2019).

4. Conclusiones

A partir de la caracterización y diagnóstico del uso de suelo correspondiente a los sistemas alimentarios en el área de estudio, se puede contemplar el alcance geográfico y cambios de vegetación en el periodo de análisis 1985-2018. La parte baja de la cuenca del río Bacoachi constituye un conjunto de atributos que permiten analizarlo a través del enfoque de los sistemas socioecológicos, una perspectiva de un organismo territorial que

considera un conjunto de atributos ecológicos, sociales y de regulación. No obstante, también se identifica la vulnerabilidad ecológica en las actividades productivas y sus estrategias AbE dentro del funcionamiento del sistema. Por ello, la identificación de políticas y programas permitió estudiar el alcance que tienen o pueden tener como mecanismos de regulación que ayude a las comunidades a largo plazo. En ese sentido el análisis de las estrategias AbE (políticas de conservación y regulación) encaminadas a contrarrestar el contexto crítico del sistema socioecológico sirve de base para entender el nivel de intervención que tiene parte baja de la cuenca.

Es así como el análisis geográfico de las distintas políticas de conservación y regulación identifica las zonas prioritarias de intervención y viabilidad de las medidas de adaptación AbE en el sistema socioecológico. Ante la descripción del contexto de la cuenca se asume que los sistemas alimentarios presenten periodos cíclicos donde el agotamiento de un recurso central desencadena una serie de cambios a nivel territorial. Prueba de ello, fueron las pérdidas de cobertura de vegetación (Halófilas, Mezquital y Matorral) a medida que los usos humanos y los desiertos arenosos incrementan su abundancia.

La presencia de áreas de conservación como medidas de regulación predispone un escenario positivo frente al avance del uso de suelo productivo y áreas sin uso aparente. No obstante, en la presente investigación, algunas áreas que no presentan actualmente uso activo muestran vestigios de otras actividades, sobre todo la de campos agrícolas abandonados; asimismo, cabe destacar que el aprovechamiento maderable se ha realizado en muchos casos fuera de las áreas de agostadero, aspecto que alimenta más esta perspectiva. En ese sentido, las áreas sin uso aparente deben ser la prioridad dentro del incremento de medidas de intervención, las cuales puedan dar sostenimiento al sistema socioecológico a largo plazo. Por ello, como conclusión se afirma que la parte baja de la cuenca río Bacoachi, dentro de su sistema socioecológico alimentario, presenta un escenario positivo ante la regulación presente dentro de su distribución territorial, sin embargo, el alcance que tiene dicha regulación a partir de la Adaptación basada en Ecosistemas, no puede ser sostenible a largo plazo si se limita a aplicar medidas de restricción en la parte superior del área de estudio. Por tanto, es necesario atender las medidas de intervención dentro de las áreas impactadas por los sistemas alimentarios; en ese sentido, se podrá afirmar que el sistema socioecológico desarrolla su propia resiliencia y reduce el grado de vulnerabilidad en el que se encuentra de manera implícita.

Referencias bibliográficas

- Altamirano, M. (Marzo, 2014) La adaptación basada en ecosistemas: Chiapas. Ponencia para la Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural. Recuperado de <https://docplayer.es/84032436-La-adaptacion-basada-en-ecosistemas-chiapas-dr-marco-antonio-altamirano-gonzalez-ortega.html>
- Bagio, J., y Calderón, R. (2017). Socioecosistemas y resiliencia. Fundamentos para un marco analítico. En Calderón, R. (comps). *Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio*, (pp. 23-39).
- Bezaury, J. (Enero, 2013). Biodiversidad y adaptación basada en ecosistemas. Ponencia presentada en el Segundo Seminario Internacional sobre Cambio Climático, finanzas públicas y política social universal. Unidad de Seminarios Dr. Ignacio Chávez, UNAM.
- Buzai, G. (2005). Los Sistemas de Información Geográfica y sus métodos de análisis en el continuo resolución-integración. In Memorias X Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (X CONFIBSIG). Río Piedras, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
- Castellanos, A. E., Bravo, L. C., Koch, G. W., Llano, J. M., López, D., Méndez, R. y Yanes, G. (2010). Impactos ecológicos por el uso del terreno en el funcionamiento de ecosistemas áridos y semiáridos. En Molina, M. y Van Devender, T. (comps.). *Diversidad biológica del estado de Sonora*, (pp. 157-186) Mexico City: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Castillo, L. y Velázquez, D. (2015). Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. *Quivera Revista de Estudios territoriales*. 17(2), 11-32.
- Cerón, V., Fernández, G., Figueroa, A., y Restrepo, I. (2019). El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. *Investigación & desarrollo*, 27(2), 85-109.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2021). *Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas*. Ciudad de México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2024). *Geoportal del Sistema de Información sobre Biodiversidad*. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Comité Acuícola del Estado de Sonora (COAES). (2020). *Resultados de producción*. Recuperado de <https://www.cosaes.org>
- De La Torre, H. Y Moreno, J. (2019). Resiliencia del Sistema Socioecológico en la región Subcuenca baja Río Sonora. *Revista Estudios Sociales*. 29 (53), 2-36.
- De La Torre, H. Y Sandoval, S. (2014). Cambios territoriales, producción de carbón vegetal y situación social de los ejidos de la franja costera de Hermosillo, Sonora: una discusión acerca de la importancia del capital social. En Wong, P., Nuñez, L, y Salazar, V. (comps.) *Desarrollo económico territorial: visión y expectativas desde la región norte de México*. Ciudad de México: CLAVE editorial.
- De La Torre, H. y Sandoval, S. (2015a). Resiliencia socio-ecológica de las comunidades ribereñas en la zona Kino-Tastiotá del Golfo de California. *Revista Ciencia Pesquera*, 23(1), 53-71.
- De la Torre, H. y Sandoval, S. (2015b). Ecological Transformation and Territorial Synergies in the hermosillo, Sonora Coastal Strip. *Revista Frontera norte*, 27(54), 143-170.
- Gallopin G. (2006) Los indicadores de desarrollo sostenible: Aspectos conceptuales y Metodológicos. Documento de ponencia realizada para el seminario de expertos sobre indicadores de sostenibilidad en la formulación y seguimiento de políticas. FODEPAL Santiago de Chile, 2006.
- Humacata, L., & Buzai, G. (2018). Análisis espacial de los cambios de usos del suelo con Sistemas de Información Geográfica. En *Geografías del presente para construir el mañana. Miradas geográficas que contribuyen a leer el presente*. Claudia Mikkelsen & Natasha Picone (Compiladoras). 1a ed . - Tandil : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2018.
- Ilieva, L. (2019). *Evidencias sobre Adaptación basada en Ecosistemas en América Latina y el Caribe*. América Latina: ONU Medio ambiente.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2020). *Censos y Censos de Población y Vivienda. Principales Resultados por Localidad*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2024). *Conjunto de datos vectoriales de la cartas de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/ususuelo/#Descargas>
- Joaqui, S. y Figueroa, A. (2014). Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 13 (25), 45-55.
- Lhumeau, A. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático*. Quito, Ecuador. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

- Monreal, R., Castillo, J., Rangel, M., Morales, M., Oroz, L. A., & Valenzuela, H. (Octubre, 2001). *La intrusión salina en el acuífero de la costa de Hermosillo, Sonora*. Acta de sesiones de la XXIV convención internacional de la asociación de ingenieros de minas metalurgistas y geólogos de México AC. Acapulco, Guerrero, México.
- Mora, J y Serrano, J. (2012). Interpretación y modelamiento de cobertura arbórea en pasturas con el uso de SIG. Ibagué : Universidad del Tolima, 2012.
- Moreno, J. (2006). *Por abajo del agua. Sobreexplotación del acuífero de la costa de Hermosillo, 1945-2005*. Hermosillo, México: El Colegio de Sonora.
- Olivier, J. Probst, K., Renner, I., y Klemens, R. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) Un nuevo enfoque para promover soluciones naturales para la adaptación al cambio climático en diferentes sectores. Medio Ambiente y Cambio Climático*. Eschborn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Pérez, E. y Cañez, G. (2003). Ganadería en el desierto: estrategias de sobrevivencia de los ejidatarios de la Costa de Hermosillo, Sonora, México. *América Latina En La Historia Económica*, 10(2), 113-128.
- Reynolds, J. F., Maestre, F. T., Huber-Sannwald, E., Herrick, J., y Kemp, P. R. (2005). Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación. *Revista Ecosistemas*, 14(3), 3-21.
- Salas, W., Ríos, L. & Álvarez, J. (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral*, (22), 74-79.
- Salazar-Solano, V., Moreno-Dena, J., Rojas-Rodríguez, I., y De La Torre-Valdez, H. (2022). Validation of a model to estimate climate effects on wheat (*Triticum aestivum* L.) production in a hydrological basin. *Agro Productividad*. 15(1), 77-85.
- Thompson, Roberto. (1989). *Pioneros de la Costa de Hermosillo. La hacienda de Costa Rica 1844*. Hermosillo, México: Artes Gráficas y Editoriales Yescas.
- Vergara, W., Rios, A., Galindo, L., Gutman, P., Isbell, P., y Suding, P. (2014). *El Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe*. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Vides-Almonacid, R. (2014). Bases conceptuales y enfoques estratégicos para la adaptación al Cambio Climático en América Latina. En Lara, R. y Vides-Almonacid, R. (Eds). *Sabiduría y Adaptación: El Valor del Conocimiento Tradicional en la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur*. (pp. 13-58) UICN: Quito, Ecuador.
- Von der Borch, M. (1997). La Colonización de la Costa de Hermosillo: una periodización. En Leyva, X. y Ascencio, F. (Eds.). *Colonización, cultura y sociedad*. (pp.). UNICACH-CONACULTA-SEP: Universidad de Ciencias Artes del Estado de Chiapas.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional