

M.C. Lara Alejandrina Cornejo Denman
Posgrado en Biociencias
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas
de la Universidad de Sonora
Beca de investigación estudiantil y de trayectoria inicial N-Gen
La Nueva Generación de Investigadores del Desierto Sonorense

Informe final del proyecto:
Dinámicas socio-ecológicas en el Río Sonora



Foto 1

Introducción / Antecedentes

Los ecosistemas ribereños en zonas áridas son fuente importante de recursos y servicios ecosistémicos (SE), esenciales para el desarrollo de ecosistemas y poblaciones humanas adyacentes a éstos (Zaimes, 2007). Sin embargo, la provisión de SE es modificada por el desarrollo de actividades socio-económicas (uso del suelo y del agua) (Allan, 2004) y por la variación de factores ambientales (precipitación y temperatura), que frecuentemente amenazan la integridad de los ecosistemas ribereños (Stromberg *et al.*, 2010).

Los servicios de almacén de carbono y calidad de hábitat destacan debido a que se relacionan con temáticas ambientales prioritarias, como la alta concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y la destrucción del hábitat como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad (Sánchez *et al.*, 2009). Además, en Sonora se ha registrado que los ecosistemas ribereños tienen mayor capacidad de almacén de carbono (ton/ha) que el resto de los ecosistemas adyacentes (Méndez *et al.*, 2017).

La cuenca del río Sonora es una región históricamente productiva, debido a las actividades agrícolas, ganaderas y mineras que ahí se concentran (Baroni, 1991; Bañuelos *et al.*, 2008; Silva, 2017). Aquí se han registrado diversas dinámicas de degradación ecológica que impactan directamente a los ecosistemas ribereños (expansión de zonas agrícolas y agostaderos, fragmentación de la vegetación primaria, introducción de especies forrajeras exóticas); estos factores pueden ser identificados y medidos a escala regional con base en el análisis espacial del cambio de uso de suelo. Existen otras actividades a nivel local (diversificación de cultivos, construcción de cercos vivos y acequias) que requieren ser estudiadas bajo un enfoque metodológico distinto, así como evaluar si sus efectos son promotores o degradadores del sistema. Este estudio pretende realizar un análisis socio-ecológico para identificar cómo las diversas formas de aprovechamiento y manejo de los ecosistemas ribereños se asocian a la provisión de dos SE.

Objetivos

- Identificar las actividades desarrolladas a nivel local que aprovechan los recursos del ecosistema ribereño en la región.
- Describir cómo dichas actividades modifican la provisión de los SE de almacén de carbono y calidad de hábitat.
- Llevar a cabo reuniones para entregar materiales informativos (con los resultados de la investigación) a las comunidades y personas entrevistadas (incluyendo a los tomadores de decisiones y autoridades ejidales locales).

Metodología

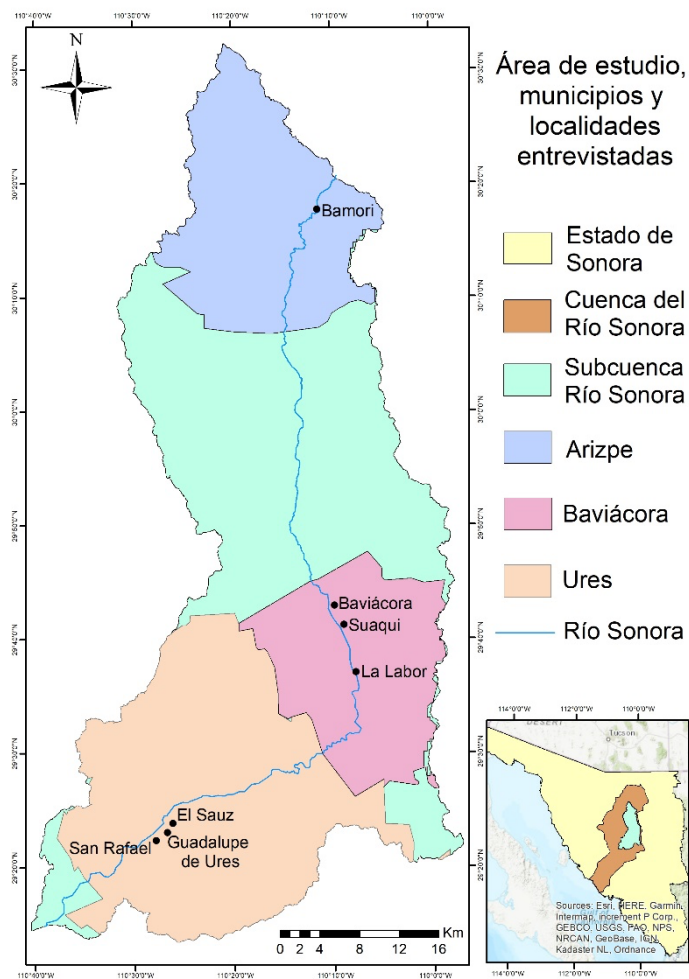
El área de estudio se encuentra dentro de la gran cuenca del Río Sonora y corresponde a la Subcuenca Río Sonora, que abarca desde el municipio de Arizpe en el norte hasta el municipio de Ures en el sur. Se analizó la información proveniente de nueve entrevistas semiestructuradas aplicadas a hombres agricultores de edades desde 56 a 76 años. Se seleccionó dicho grupo de edades debido a que se busca registrar los cambios ambientales percibidos por los entrevistados en un lapso de 30 años. Para el municipio de Ures se entrevistaron 4 personas pertenecientes a las localidades de Guadalupe de Ures, El Sauz y San Rafael, para Baviácora 3 personas pertenecientes a las localidades de La Labor, Suaqui y Baviácora, y para Arizpe 2 personas pertenecientes a la localidad de Bamori.

Las entrevistas fueron grabadas y se tomaron notas durante su aplicación. Posteriormente, se analizaron los audios y las notas para establecer cómo las prácticas locales de aprovechamiento de recursos ribereños modifican la provisión de los servicios de almacén de carbono y calidad de hábitat.

Se tomaron referencias de almacén de carbono de Méndez y colaboradores (2017), en donde se determinan valores de carbono total para los principales tipos de vegetación presentes en la cuenca del Río San Miguel y Arroyo Zanjón. Se utilizaron las coberturas registradas por Cornejo y colaboradores (2020, en prep.) presentadas en hectáreas para los tipos de vegetación presentes en la Subcuenca Río Sonora.

Se seleccionó un buffer de aproximadamente 4 kilómetros a cada lado del río para extraer un polígono para cada municipio y con base en eso extraer las coberturas en hectáreas. Posteriormente se multiplicaron las coberturas por los valores de carbono total y así se obtuvo el carbono relativo para los tipos de vegetación de interés para los municipios muestreados (Mapa 1).

Para el análisis de calidad de hábitat se utilizó como referencia el Índice de Capital Natural (ICN), derivado por CONABIO (Mora, 2019), el cual se deriva a partir de indicadores de degradación ecológica y sustentabilidad ecológica. El producto determina el ICN a nivel municipal, por lo que se ajusta a la escala del presente proyecto.



Mapa 1

Las formas locales de aprovechamiento de recursos ribereños se categorizaron en ‘actividades productivas’ y ‘prácticas agroecológicas’. Bajo la sección de actividades productivas se describen las prácticas agrícolas/ganaderas más comunes, así como los tipos de cultivos existentes y algunos cambios ambientales (durante los últimos 30 años)

percibidos por los entrevistados. Bajo la sección de prácticas agroecológicas se describen algunas actividades agrícolas consideradas como formas de aprovechamiento con bajo impacto ecológico. Estas prácticas (cercos vivos y acequias) fueron seleccionadas previamente por contar con antecedentes de su presencia en la región (Cornejo *et al.*, 2018; Hernández, 2018; Noriega, 2013; Padilla, 2011; Scott *et al.*, 2009; Sheridan, 1988; Nabhan y Sheridan, 1977), otras prácticas fueron incluidas con base en la información obtenida a partir de las entrevistas.

Finalmente, en la sección de provisión de servicios se presenta una descripción breve de cada municipio y la influencia de las prácticas identificadas sobre el almacén de carbono y la calidad del hábitat.

Resultados

1. Actividades productivas y cambios temporales

Las 9 personas entrevistadas se dedican de tiempo completo o parcial a actividades agrícolas y 8 de ellas también a actividades ganaderas; 6 personas son ejidatarias y 3 tienen tierras privadas. Tres personas se dedican también a otro tipo de actividades no relacionadas con lo agrícola.

En esta sección se describen brevemente algunas de las formas actuales de manejo de recursos, así como los cambios ambientales identificados en la región que afectan el desarrollo de las principales actividades productivas.



Foto 2

Ganadería y agostaderos

De las 8 personas entrevistadas que tienen ganado todas tienen acceso a agostaderos ejidales compuestos por vegetación natural de matorral desértico y matorral subtropical. Cinco de éstas tienen acceso a praderas de pastizal introducido (principalmente dominados por la especie exótica conocida como zacate buffel *Cenchrus ciliaris*). Ninguna de las praderas registradas tiene mantenimiento regular (re-siembra), solamente dejan que se regenere naturalmente después del pastoreo y las lluvias. Tampoco se registró la apertura de nuevas praderas de pastizal introducido dentro de los últimos 30 años.

Algunos agostaderos tienen pozos o repesos para que el ganado pueda beber agua, pero en los periodos del año cuando la sequía es más aguda, una práctica común es sacar al ganado del agostadero y llevarlo cerca del río y las parcelas para que ahí tengan acceso a agua, sombra y alimento.

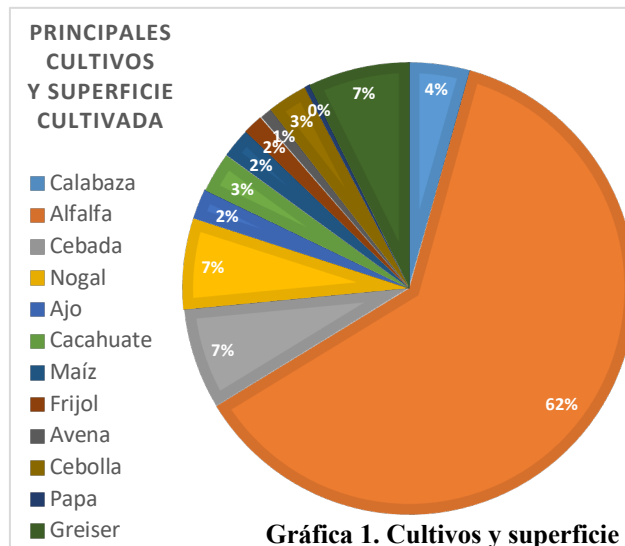
Al menos dos personas entrevistadas externaron su preocupación por las prácticas de manejo ganadero implementadas en la región. En primer lugar, porque no existe un sistema de pastoreo eficiente ya que no se respetan los coeficientes de agostadero que limitan el número de cabezas de ganado que se pueden tener en cierta extensión y no se da oportunidad de regeneración a la vegetación nativa. Para Sonora el coeficiente es de 25 hectáreas por cabeza (COTECOCA, 2014). En segundo lugar, porque el ganado se cansa mucho de tener que bajar desde el agostadero natural hasta la zona del río, y esto constituye una pérdida de energía y recursos. Y, en tercer lugar, debido a que la presencia de ganado cerca del río contamina las fuentes de agua y los cultivos de consumo humano. Tal como lo expresa el informante 5, de Baviácora:

“Cuando son sequías recurrentes nos vemos bastante atareados, tenemos que gastar en darle suplemento a los animales o moverlos a otras áreas donde ha llovido, o rentar terrenos, o bien traerlos a las áreas del río, que ésta es una práctica que yo la veo muy negativa. Muy negativa en el sentido de que yo siempre he dicho que el agostadero es para las vacas, y las tierras de cultivo son para cultivar alimento para el humano ... la mayoría de la gente se traen todas las vacas al río y entonces las vacas orinan alrededor de unos 20 litros diarios de orina y defecan alrededor de unos 5 kilos de boñiga, entonces todo eso va al río...”

Agricultura

La mayor parte de la cobertura agrícola se encuentra distribuida alrededor del río, lo cual implica una remoción total de la vegetación nativa para el establecimiento de parcelas. Es común que existan individuos de árboles ribereños (álamos o sauces) delineando los campos agrícolas, pero no en todos los sitios se observa esto.

En cuanto a la actividad agrícola y los tipos de cultivos hay una tendencia generalizada hacia el cultivo de forrajes, principalmente alfalfa. Aunque existen al menos 12 cultivos, la mayor parte de la extensión cultivada está destinada a la alfalfa y cebada. En la Gráfica 1 se presentan los cultivos mencionados por los informantes y el



Gráfica 1. Cultivos y superficie

porcentaje de superficie que abarcan en relación al total de hectáreas cultivadas por los informantes.

También hay un reconocimiento de la pérdida de cultivos de consumo humano o ‘milpas’, en donde se registra que en un lapso de 30 años se han abandonado diversos cultivos alimenticios como maíz, papa, chile, caña, camote, algodón. Esto se atribuye a diferentes causas como la pérdida de fertilidad del suelo, la contaminación del agua, así como a eventos relacionados con la corriente del río que en ocasiones de fuertes crecientes han inundado parcelas enteras, lo cual las ha dejado inhabilitadas para sembrar. También se menciona el abandono de campos de cultivos por falta de trabajo y pérdida de interés de las generaciones jóvenes para continuar las labores agrícolas. Al respecto, el informante 4, de Baviácora comenta:

“Los terrenos son iguales, pero siembra hay menos, porque las está dejando la gente. No quieren ya trabajar, la están dejando tirada. No hay gente, no hay ayuda, todos los hijos de todos los que había aquí se fueron a Hermosillo, pues. Dicen que cuesta mucho hacer una siembra y que vale más comprar las pacas por otro lado pa’ las vacas, que andar sembrando porque sale más caro. Y el que puede nomás es el que siembra. Pero pos la mayoría están tiradas (las tierras), cuesta mucho y no hay gente. Si vamos a limpiar el canal necesitamos de perdida unas cinco gentes, pagarles, y no hallas. Vas aquí a los pueblos y está la bola de chavalos sentados ahí fumando marihuana lo que tú quieras y no los consigues atraer, ni aunque les pagues.”

Otro cambio importante relativo a los cultivos es la introducción de huertas de nogal, las cuales han aumentado en frecuencia durante los últimos 20 años. La mayoría de estas nogaleras se encuentran en propiedad privada. Solo un informante (de Ures) tiene huertas de nogal y menciona que es un cultivo que requiere de mucha inversión (mantenimiento, irrigación, infraestructura). Gracias a que él y su esposa fueron maestros durante 30 años y ahora tienen una pensión, han podido invertir en el negocio de las nogaleras, pero está consciente de que es una inversión a largo plazo. Al respecto comenta:

“Todos estos 11 años que tiene mi nogalera, yo lo he hecho con mi propio esfuerzo, con la pensión prácticamente. Cultivar nogal es demasiado caro, pero yo con mi señora, que está pensionada también, ella ayuda a llevárnosla bien, yo le meto mucho al nogal, pero una vez que ya dé bien yo voy a compartir lo mío como está compartiendo ella conmigo.”

La introducción de este cultivo representa una diversificación del sistema agrícola regional, e implica un cambio en las prácticas agrícolas habituales por ser un cultivo perenne y con distintos requerimientos a los cultivos que comúnmente se siembran en la región. Con el cultivo de nogal se busca una mayor ganancia, ya que la nuez es un producto apreciado en el mercado exportación. Sin embargo, las nogaleras no representan una opción para toda la población, solo para quienes tienen los recursos de inversión necesarios. Algunas de las

nogaleras más extensas en la región no pertenecen a pobladores locales, sino a empresarios hermosillenses.

Agua

Todos los entrevistados perciben un problema de sequía progresivo y registran un cambio en el régimen hidrológico del río. En repetidas ocasiones comentaron que en la década de los 80 el río corría todo el año y que ahora sólo corre cuando llueve y la corriente superficial cesa muy rápido. Así lo comenta el informante 3, de Ures:

“En el 84-85 todavía corría el río por ahí por Santiago de Ures, en abril todavía traía agua, ya en mayo comenzaba a escasear, luego venían las lluvias y volvía otra vez a correr, duraba casi todo el año corriendo. Cuando salía fuerte el río no podías pasar, durábamos días sin poder pasar, casi un mes sin poder pasar en el tractor, teníamos que ir a dar la vuelta por allá por el Gavilán con todas las cosas para poder sembrar. Por el año del 87-88 comenzó a escasear el agua en los alrededores, pero aquí (Guadalupe de Ures) siempre ha habido agua porque de aquí para abajo (hacia el sur) ya no hay pozos porque ya no hay tierras (de cultivo). En el 2014 tuvimos problemas con un pozo que se nos arrastró completamente (se acabó el agua), nunca antes había pasado algo así, esto pasó por que no llovió bien en años anteriores.”

Atribuyen estos cambios hidrológicos a diversas causas como a la falta de lluvia, apertura de pozos, actividad minera, sólo una persona mencionó el cambio climático. Se identifica un problema de acceso a agua en cantidad y calidad. Se menciona la contaminación del agua por la actividad minera (específicamente por el derrame de la mina de Cananea, Buenavista del Cobre, ocurrido en 2014) y la necesidad de estudios de calidad del agua. Una persona también menciona el pastoreo de ganado y el uso de agroquímicos como otras fuentes de contaminación del agua.

Minería

La actividad extractiva en la región también constituye una de las principales fuentes de alteración a los ecosistemas regionales. De los municipios estudiados, Ures cuenta con un proyecto de exploración (oro, plata y cobre), Arizpe cuenta con dos proyectos con operaciones de exploración avanzada (oro y plata) y en Baviácora se registran al menos 4 sitios activos (arenas y materiales no metalúrgicos) y una mina abandonada (oro). Se registran también al menos 4 sitios de extracción de arena sílica en Baviácora y existe preocupación por los efectos de los polvos en la calidad del aire y en la salud humana.

Todos los informantes mencionaron al menos una vez el incidente del derrame de 2014 (mina Buenavista del Cobre) y mantienen una incertidumbre en cuanto a la calidad del agua a partir de ese evento.

Producir en colectivo

Existen algunos ejemplos de actividades que actualmente son administradas por el sector privado y que en algún momento fueron proyectos colectivos pertenecientes a las comunidades y ejidos.

Se registra que durante las décadas de los 80 y 90 se introdujeron huertas de nogal y granjas porcícolas a la región como proyectos productivos para los ejidos. Sin embargo, la mayoría de estos fueron posteriormente vendidos a propietarios privados ya que las comunidades no contaban con capacidad organizativa necesaria para sacar adelante los proyectos.

Estas dificultades en la organización colectiva también se registran para la gestión de recursos comunes como el agua y los agostaderos. En el caso del agua, al menos 3 informantes mencionan que es complicado ponerse de acuerdo para la limpieza de las acequias. En el caso de los agostaderos se menciona que existe un proceso de invasión gradual por parte de propietarios privados que cada año van acaparando pequeños terrenos pertenecientes a los agostaderos y los ejidatarios no han podido ponerse de acuerdo para resolver este problema. Al respecto de esto comenta el informante 4, de Baviácora:

“Estas cocheras (granjas porcícolas) eran de aquí de todos los de la comunidad y quebraron y ahora las rentaron a los Gautrin, pero antes eran de la comunidad de Mazocahui (ejidal). También pusieron una mielera (productora de miel) aquí en la comunidad y fracasó, quebró y cada quien se fue por su lado, todavía hay uno que vende miel. Toda la comunidad se juntó y tenían barricas llenas de miel, eso fue hace como 15 años, pero ya quebró y fracasó, quedó todo tirado, como en todos los negocios del mexicano, siempre va a manotear (robar) el que puede más ‘el que tiene más harina traga más pinole’ y el que puede robar, roba”.

2. Prácticas agroecológicas

El objetivo de las prácticas agroecológicas es optimizar o mejorar el rendimiento agrícola haciendo uso de una o varias estrategias. Aunque son consideradas como formas de manejo con bajo impacto ecológico, las prácticas agroecológicas no excluyen el uso de agroquímicos u otro tipo de prácticas con mayor impacto ecológico (sólo una persona entrevistada reportó que en sus parcelas ‘evitan’ el uso de agroquímicos), tampoco son excluyentes entre sí, es decir, hay sitios en donde se usan más de una de estas prácticas.

Cercos vivos

Los cercos vivos (también conocidos como estacadas, enramadas o saucedas) son estructuras de protección construidas con ramas gruesas (postes) de especies arbóreas ribereñas como sauces y álamos que se plantan a lo largo de las parcelas localizadas junto al río. Con estos postes se construye un cerco al que se le van tejiendo ramas más jóvenes y flexibles para formar una barrera.

El propósito de estos cercos es proteger las parcelas de las crecientes del río durante las épocas de lluvia, al mismo tiempo que permiten la entrada gradual de agua cargada de nutrientes y sedimentos (también llamada ‘agua puerca’) que sirven para fertilizar la tierra (Sheridan y Nabhan, 1978). Los postes generan raíces y crecen grandes árboles, por ello se les llama cercos vivos. A estos cercos se les atribuye la generación de hábitat para diversas especies, así como otros SE (Nabhan y Sheridan, 1977).



Foto 3

En algunos lugares del Río Sonora aún persiste la práctica de los cercos vivos. Todas las personas entrevistadas recuerdan haber visto cercos vivos en algún momento de su vida. En el municipio de Ures es en donde son menos comunes, se dejaron de usar hace muchos años (durante los años 70s y 80s había más) y ahora el gobierno local apoya con el uso de maquinaria para modificar o ‘enderezar’ el cauce del río y que no provoque problemas a las parcelas, además se menciona que los cercos vivos no sostienen las corrientes fuertes por lo que es más práctico usar maquinaria o poner cercos de alambre. También se identifica un deterioro de la vegetación ribereña (sobre todo en Ures y Baviácora) y una desaparición de los bosques de álamo y sauce (sobre todo de sauces de gran tamaño), por lo que ya no es posible encontrar material para construir los cercos. Así lo relata el informante 4, de Baviácora:

“Enramadas casi no hay aquí. Más antes hacíamos nosotros, en todo el cerco por toda la milpa, a clavar palos de sauz, se clavaban y luego se le tejía rama. Luego llegó el alambre y ahora es más fácil poner postes con alambre, más rápido. No hay sauce ya, son muy buenos esos cercos (las enramadas), pero ya no hay sauces para postes, necesitas muchos, y de otro modo es más fácil, pones postes de mezquite y alambre”.

Además de los cercos de alambre y postes de mezquite para delimitar y proteger las parcelas también se usan gaviones, que son construidos de alambre y rellenos de piedras

para mitigar el efecto de las crecientes, esta fue una solución implementada por el gobierno municipal.

En Arizpe aún sigue vigente el uso de estos cercos vivos, principalmente contruidos con varas o postes de sauce. Una variante interesante en el uso de estos cercos es que en lugar de trenzar ramas horizontalmente ponen alambre. Los entrevistados reconocen el uso de esta práctica en los alrededores de Arizpe, aunque ellos no los utilizan porque sus tierras están lejos del cauce principal del río. Así lo comenta el informante 9, de Arizpe:

“Sí se usan las saucedas, aquí enfrentito hay unas, hay como de dos tres clases: una muy vieja, otra no muy vieja y otra nueva. Se hacen con postes de sauce, aunque tienen alambre de púas, los pusieron para proteger del río y de ahí los podan y se usa la madera para sacar más postes. Aquí yo no uso porque no estoy en el río, estoy cerca del arroyo.”

Acequias

Las acequias son sistemas de irrigación tradicionales que distribuyen el agua a lo de un territorio extenso y cuyo uso, gestión y mantenimiento es colectivo, su implementación y uso se estableció durante la colonia española (Rivera y Martínez, 2009). Actualmente estos sistemas se siguen utilizando y se ha registrado que ayudan a mantener la provisión de múltiples servicios ecosistémicos (Fleming *et al.*, 2014; Fernald *et al.*, 2012). Algunos entrevistados mencionan que las acequias tierra proveen de especies alimenticias como quelites, verdolagas y otras hierbas comestibles.



largo

de

Todos los entrevistados conocen esta práctica de irrigación, ya que es una de las formas más comunes y antiguas de transportar agua. Algunos dicen que ya no utilizan las acequias porque ya no hay suficiente agua superficial y no es posible canalizar el agua directamente desde el río como se hacía antes. Al respecto comenta el informante 2, de Ures:

Foto 4

“Antes se regaba con el río, las tomas salían del propio río, pero eran unas tomas que tenías que escarbar unos metros para que llegara el agua a la parcela. Por ejemplo, la toma de Santa Rita, salía del río cerquita de Santiago de Ures. Estas tomas eran las

acequias originales, las que tenemos ahora son canales de concreto que pierden mucha agua y están deterioradas”.

La pérdida de agua superficial ha modificado las prácticas de irrigación y actualmente lo más común es regar con agua de pozo. Lo anterior presenta ciertas desventajas porque el agua subterránea no tiene la cantidad de nutrientes que tiene el agua superficial, lo cual repercute en la calidad de la tierra. Tal y como comenta el informante 6, de Ures:

“La tierra ahora está más erosionada, antes regábamos con toma del río y así el agua puerca cubría la tierra y le metía abono. Ahora el agua de los equipos (pozos) lavan la tierra en lugar de dejarle alguna sustancia y ya no trae abono. Dejamos de usar el agua puerca porque se acabó el agua en el río y ahora ya no hay toma por dónde meter el agua puerca, desde el 85 pasó esto. Nosotros teníamos dos tomas de donde agarrábamos agua del río, pero cuando empezaron a hacer pozos se chupó toda el agua”.

Las acequias son canales de tierra y actualmente algunas están revestidas con cemento. Es común que los agricultores utilicen canales de ambos tipos de material. Algunas acequias tienen solo una sección con cemento y otra continúa siendo de tierra porque no hubo inversión suficiente para terminarla. Ambos tipos de canal requieren de mantenimiento frecuente, las de tierra hay que deshierbarlas y destaparlas y las de cemento hay que revestirlas y limpiarlas. Lo anterior requiere de cierto grado de organización entre los usuarios y puede presentar dificultades, sobre todo cuando no existen los mismos requerimientos de riego entre éstos. Al respecto, el informante 2, de Ures, comparte lo siguiente:

“Aquí las tomas de agua son la mayoría de pozo, aquí hay 4 y algunas están entubadas o con canal de concreto. Nuestra toma es la más larga de casi 6 kilómetros y así se reparte el agua: primero les toca a los que están más cerca del pozo y luego los del final. A mí me llega hasta los 22 días y es un problema porque gran parte del canal se azolva con un arroyo cercano, y como nadie tiene un cultivo que requiera agua entonces no les interesa limpiar el canal porque tienen alfalfa y barbechan en octubre y vuelven a sembrar (no necesitan regar tan frecuentemente). Entonces yo (que sí necesito agua para los nogales) me quedo solo y para convidarlos para que vayan a ponernos de acuerdo es un problemón. Nadie va porque no lo necesitan. Es muy difícil porque para limpiar el canal tenemos que meter trascabo y luego cada que llueve se vuelve a azolvar. Por eso yo desde hace años me hice a la idea y construí mi pozo con su medidor y registrado con CONAGUA y todo. Yo estoy satisfecho con mi pozo, ya si el río no trae agua yo tengo mi pozo”.

Biofertilizantes

El uso de biofertilizantes por parte de los agricultores es una práctica común en la región del Río Sonora. La mayoría reportan el uso de al menos un biofertilizante: gallinaza (desecho de las gallinas), lombricomposta (lixiviado de las lombrices), boñiga (desecho de las vacas), agua puerca (agua revuelta proveniente de las crecientes del río durante la temporada de lluvias). Así platica el informante 4, de Baviácora, sobre las prácticas de biofertilización:

“Una vez anduvo viniendo una ingeniera a tomar muestras de todo (agua, suelo) y ella nos decía que la tierra se cansa. Se cansa y hay que echarle droga, por ejemplo, la mejor droga que hay es la boñiga de los corrales, y ahora hay también una que es muy buena pa’ la tierra, que es la lombriz. Nosotros le echamos abono del corral, o sea la boñiga de las vacas, y también lombriz, ahí tenemos en el corral poquita, le echamos el líquido o sea que es el orín de la lombriz y ahí estamos juntando en galones y lo tiramos ahí. Dicen que el mejor abono es el agua puerca, así como va ahorita revuelta, por que trae todo, se mete a la parcela y se deja que quede un poquito de tierra ahí donde está malo y luego lo que queda ya se seca y ya siembra ahí uno”.

La aplicación de lombricomposta se da en extensiones pequeñas de alrededor de 1 hectárea, conseguir cantidades suficientes para mayores extensiones es complicado, ya que según comenta el informante 2, de Ures, sale muy caro:

“Yo tengo un compadre ingeniero que hace lombricomposta en Ures y la vende. Yo no la he utilizado porque no sé cómo hacerle yo (aplicarla), y necesito mucho dinero porque es cara, puede ser líquida y puede ser sólida. Sí la puedo usar, pero para dos o tres árboles que tenga malos o que vengan muy chicos, pero no para toda la huerta. Es casi igual de cara que el fertilizante, porque tiene su proceso largo con la lombriz roja californiana”.

En el caso del agua puerca, no todos los informantes la utilizan, principalmente debido a la dificultad para acceder a ella por la distancia entre las parcelas y el río o por falta de corriente superficial. Sin embargo, todos coinciden en que su uso constituye la mejor forma de fertilizar la tierra. Así lo comenta el informante 5, de Baviácora:



Foto 5

“Nosotros tratamos de no usar fertilizantes químicos, primero porque son carísimos y segundo porque mejor metemos agua puerca del río, es el mejor abono que existe. Los fertilizantes (químicos) te duran la cosecha nada más y

los tienes que saber aplicar para que no se evaporen. El agua que viene con las grandes avenidas del río es un tipo de fertilizante que te dura años y años”.

Manejo holístico del ganado

La práctica de rotar al ganado periódicamente entre diferentes potreros y ‘dejar descansar’ la tierra para su regeneración fue reportada por un entrevistado. El informante destaca la necesidad de innovar en los sistemas de pastoreo actuales en la región, ya que se siguen desarrollando las mismas prácticas ganaderas que hace 300 años, a pesar de que se ha comprobado su baja sustentabilidad y alto impacto ecológico. Menciona que, aunque existen capacitaciones y apoyo técnico para utilizar los agostaderos de manera más eficiente (por ejemplo, los índices de agostadero establecidos por la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero), la población no está interesada en cuidar los recursos. Dado que la mayor parte de los agostaderos a nivel nacional están en manos de los ejidos, el elevado número de usuarios dificulta la gestión colectiva de los agostaderos. Al respecto, el informante 5, de Baviácora, comenta:

“Para ser técnico de PROGAN (Programa de Estímulos a la Productividad Ganadera), te venían a capacitar para checar los agostaderos, los ranchos y todo eso. Entonces, tomamos un curso en Hermosillo, estuvimos ahí durante una semana, nos dieron un libreto para estudiar y luego clase y luego examen, todo basado en holismo. Se quería implementar el índice de agostadero tomando en cuenta el número de hectáreas y la calidad de las tierras. Pues después del primer día nos cambiaron el libreto que porque vieron que si implementaban ese programa se iba a hacer un problema social”.

En el fragmento anterior se narra un fallido intento institucional por promover sistemas sustentables de pastoreo. Primero se convoca a los participantes a una capacitación para aprender sobre el sistema holístico y luego (dentro de la misma capacitación) se les indica que no se aplicará dicho sistema ya que podría provocar conflictos entre los usuarios de los agostaderos, al no querer o poder realizar los cambios que el nuevo sistema de pastoreo requiere.

Adicionalmente, el informante comenta que en sus propiedades tiene algunos años implementando el sistema holístico de pastoreo y ha visto resultados positivos en la regeneración de la vegetación nativa. Hasta donde hemos podido registrar, esta no es una práctica generalizada ni común en la región.

3. Provisión de SE

De los municipios entrevistados, el que tiene mayor cobertura agrícola es Ures (Tabla 2), de esta manera, el servicio de almacén de carbono tiene una mayor provisión en este municipio principalmente proporcionado por la cobertura de cultivos perennes (Tabla 2). Sin embargo, la actividad agrícola se ha desarrollado a expensas de la vegetación ribereña

nativa, ocupando los espacios y recursos del hábitat original de alamedas y mezquiales. Adicionalmente, la capacidad de almacén de carbono total en toneladas por hectárea es mucho mayor para la vegetación ribereña que para la agricultura perenne (93 tonC/ha contra 49 tonC/ha), por lo que el reemplazo de la primera por la segunda constituye una pérdida importante en el potencial de almacén de carbono para Ures. De igual manera hay una pérdida en la calidad del hábitat, tal como lo registra el ICN, que para este municipio presenta el menor valor (Tabla 1).

La mayor cobertura de vegetación ribereña (alamedas) está en Baviácora (Tabla 2), esto coincide con los relatos de los entrevistados en donde se registra la regeneración de alamedas en un lapso de 30 años después de que las crecientes del río arrastraron tierras de cultivo y las dejaron inhabilitadas para la siembra (informantes 4 y 7). Consecuentemente el almacén de carbono para este tipo de vegetación también es el mayor. Esto concuerda también con el ICN, el cual presenta su valor mayor para este municipio (Tabla 1).

Para Arizpe se registra el uso de acequias y de cercos vivos como prácticas comunes (Tabla 1), sin embargo, presenta los valores más bajos de almacén de carbono (Tabla 2).

Tabla 1. Prácticas agroecológicas por municipio e ICN

	Acequias	Cercos vivos	Biofertilizantes	Manejo holístico del ganado	Índice de Capital Natural
Arizpe	De tierra	Sí se usan	No	No	0.65
Baviácora	De tierra y de cemento	Ya no se usan	Sí se usan	Sí	0.67
Ures	De cemento	Ya no se usan	Sí se usan	No	0.63

Tabla 2. Almacén de carbono por municipio

	Vegetación ribereña (alamedas)		Agricultura perenne		Agricultura anual	
	Cobertura (hectáreas)	Almacén de carbono (ton)	Cobertura (hectáreas)	Almacén de carbono (ton)	Cobertura (hectáreas)	Almacén de carbono (ton)
Arizpe	77	7,161	167	8,183	195	8,385
Baviácora	261	24,273	573	28,077	394	16,942
Ures	201	18,693	1,542	75,558	1,402	60,286

El establecimiento de una relación directa entre el desarrollo de prácticas agroecológicas y la provisión de servicios ecosistémicos es complicado. Principalmente, porque hay una diferencia entre la escala a la que se aplican las prácticas agroecológicas y la escala a la que normalmente se evalúan los SE (regional, nacional o global), por lo que sería necesario realizar un registro exhaustivo de las prácticas locales para poder compararlas con los productos de SE regionales existentes. Adicionalmente, el uso de prácticas agroecológicas constituye una alternativa a las formas comunes de producción, pero no las ha sustituido. Es decir, debido a que su uso es restringido y no generalizado, es complicado medir su impacto (por ejemplo, el uso combinado de biofertilizantes y agroquímicos).

En el caso específico del servicio de almacén de carbono resulta muy claro que a mayor cobertura de vegetación nativa mayor será la provisión de dicho servicio. La degradación histórica de la vegetación ribereña en la región y el conocimiento actual sobre la importancia de los ecosistemas ribereños como almacenes de carbono son una justificación sólida para la implementación urgente de estrategias de conservación y restauración, actualmente inexistentes en la región del río Sonora.

Conclusiones

Las prácticas registradas tienen un uso generalizado, pero se detecta una modificación progresiva en algunas de éstas. Dichas modificaciones obedecen a procesos de tecnificación en las formas de aprovechamiento, pero también están asociadas a cambios ambientales.

En el caso de las acequias (que originalmente eran de tierra) se ha optado por revestirlas de cemento o entubarlas; la falta de agua ha obligado a los usuarios a utilizar con más frecuencia las fuentes subterráneas y actualmente el uso de pozos es más común que el de las acequias que vienen directamente de tomas superficiales.

En el caso de los cercos vivos se ha optado por utilizar otros materiales para proteger las parcelas, como cercos de alambre o gaviones, o incluso el uso de maquinaria para desviar el cauce. El acceso a distintos tipos de materiales y la posibilidad de que el gobierno local absorba los gastos en implementación de dichas estrategias ha influido en el desuso de esta práctica. Adicionalmente, la desaparición de las especies ribereñas que constituyen la materia prima para los cercos (sauces principalmente) también es una limitante importante.

Existe un interés local (aunque poco) por desarrollar técnicas ecológicamente amigables, pero falta información y capacitación para que se puedan implementar eficientemente. Hay algunos proyectos aislados a lo largo del Río Sonora, que desarrollan formas alternativas de aprovechamiento (agricultura orgánica, manejo holístico, bioconstrucción, etc.), pero se desconoce el impacto que tengan estos en las comunidades o si exista en la población un interés por replicarlos.

Hay una percepción general de pérdida de la calidad ambiental en la región, representada por pérdida de especies, deterioro de la



Foto 6

vegetación, sequía, disminución en cantidad y calidad del agua superficial.

Los tres municipios estudiados tienen coberturas muy reducidas de vegetación ribereña nativa, la fragmentación y reducción de esta cobertura conlleva una pérdida de biodiversidad debido a desaparición del hábitat para muchas especies. Adicionalmente, disminuye la capacidad de almacenar carbono, ya que este tipo de vegetación es esencial en la provisión de este servicio debido a que tiene una mayor capacidad en comparación con otros ecosistemas regionales. Aun cuando los cultivos cumplen también con la función de almacén de carbono, estos constituyen reservorios inestables ya que fluctúan con base en las cosechas, además de tener una capacidad mucho menor que la que tiene la vegetación ribereña nativa.

Los valores de ICN para los tres municipios son muy similares, por lo que se considera que tienen un grado similar de integridad ecológica. Sin embargo, la derivación de dicho índice utilizó datos geoespaciales de 1 km² de resolución espacial, lo cual es insuficiente para detectar con detalle lo que ocurre al nivel del corredor ribereño. Por lo anterior, los productos a nivel municipal son útiles, pero se requieren resoluciones más finas para contar con información puntual sobre el efecto de los usos del suelo sobre la integridad del ecosistema ribereño.

Se elaboró un material informativo en el que se resalta la importancia de la vegetación ribereña nativa y se habla de las prácticas de manejo locales. Éstos se entregarán a la brevedad a todos los informantes entrevistados.



Foto 7

Siguientes pasos

Realizar modelos de almacén de carbono y calidad de hábitat para la región estudiada, con base en datos de resolución espacial fina para poder hacer una comparación más específica entre los usos registrados para las diferentes localidades y la provisión de SE a escala local y regional.

Ampliar la muestra de entrevistados para cubrir localidades de otros municipios y hacer el registro georreferenciado de los sitios en donde se desarrollan las prácticas agroecológicas de interés.

Descripción de fotografías

Foto 1: cerro El Gavilán y corredor ribereño de álamos y mezquites, municipio de Ures. Fotografía tomada por Lara Cornejo.

Foto 2: mapeo participativo con informantes en Guadalupe de Ures, municipio de Ures. Fotografía tomada por Héctor Vega (usada con permiso del autor).

Foto 3: cerco vivo de sauces, municipio de Arizpe. Fotografía tomada por Lara Cornejo.

Foto 4: acequia revestida de cemento, municipio de Banámichi. Fotografía tomada por Lara Cornejo.

Foto 5: agua revuelta en el Río Sonora (agua puerca), municipio de Baviácora. Fotografía tomada por Lara Cornejo.

Foto 6: construcción de tierra (bioconstrucción), municipio de Banámichi. Fotografía tomada por Lara Cornejo.

Foto 7: entrega de materiales informativos a entrevistados en Guadalupe de Ures, municipio de Ures. Fotografía tomada por Héctor Vega (usada con permiso del autor).

Referencias

Allan, D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35: 257-284. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.300000011

Bañuelos, N., Salido, P., Gardea, A. 2008. Etnobotánica del chiltepín. Pequeño gran señor en la cultura de los sonorenses. *Estudios Sociales*. 16(32): 9-29.

Baroni, A. 1991. Agricultura, ganadería y sociedad en la cuenca media del río Sonora de 1900 a 1950. En: Potreros, vegas y mahuéchis: sociedad y ganadería en la sierra sonorense. Editor: Camou, E. Instituto Sonorense de Cultura.

Cornejo, L., Romo, R., Castellanos, A. 2020. Cambio de uso de suelo y configuración del paisaje en la cuenca del Río Sonora. Artículo en preparación.

Cornejo, L., Romo, R., Castellanos, A., Díaz, R., Moreno, J., Méndez, R. 2018. Assessing Riparian Vegetation Condition and Function in Disturbed Sites of the Arid Northwestern Mexico. *Land*. 7(13): 1-24. doi:10.3390/land7010013

COTECOCA. 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?PG_REQTYPE=REDIRECT&PG_MRsaved=false&PG_Func=GETBINARY&PG_File=wjnaaber.pdf

Fernald, A., Tidwell, V., Rivera, J., Rodríguez, S., Guldan, S., Steele, C., Ochoa, C., Hurd, B., Ortiz, M., Boykin, K., Cibils, A. 2012. Modeling Sustainability of Water, Environment, Livelihood, and Culture in Traditional Irrigation Communities and Their Linked Watersheds. *Sustainability*. 4: 2998-3022. doi:10.3390/su4112998

Fleming, W., Rivera, J., Miller, A., Piccarello, M. 2014. Ecosystem services of traditional irrigation systems in northern New Mexico, USA. *International Journal of Biodiversity, Ecosystem Services & Management*. 10(4): 343-350.
<http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2014.977953>

Hernández, M. 2018. Sostenibilidad Social para el manejo de agua de riego en Sonora. El caso de un agroecosistema del río San Miguel, 1936-2016. Tesis Doctorado en Ciencias Sociales. El Colegio de Sonora.

Méndez, R., Romo, J., Castellanos, A. 2017. Mapping changes in carbon storage and productivity services provided by riparian ecosystems of semi-arid environments in northwestern Mexico. *International Journal of Geo-Information*. 6: 1-26.
doi:10.3390/ijgi6100298

Mora, F. 2019. The use of ecological integrity indicators within the natural capital index framework: The ecological and economic value of the remnant natural capital of México. *Journal for Nature Conservation*. 47: 77-92. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2018.11.007>

Nabhan, G., Sheridan, T. 1977. Living fencerows of the Rio San Miguel, Sonora, Mexico: Traditional Technology for Floodplain Management. *Human Ecology*. 5(2): 97-111.

Noriega, B. 2013. Voces del San Miguel. Repercusiones de la gran hidráulica en la cuenca del Río San Miguel de Horcasitas, Sonora, durante el siglo XX. Una primera aproximación a su estudio histórico-ambiental. Tesis Doctorado en Ciencias Históricas. Universidad de la Habana.

Padilla, E. 2011. Los campesinos “fabriqueños” de Los Ángeles, Sonora, y su lucha por el agua en un contexto de aridez, 1938-1955. *Secuencia*. 79: 39-59.

Rivera, J., Martínez, P. 2009. La cultura de las acequias: paisajes históricamente irrigados de Nuevo México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 6(3): 311-330.

Sánchez, S., Flores, A., Cruz-Leyva, I., Velázquez, A. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En: *Capital Natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México. Pp: 75-129.

Scott, M. L., Nagler, P. L., Glenn, E. P., Valdes-Casillas, C., Erker, J. A., Reynolds, E. W., & Jones, C. L. 2009. Assessing the extent and diversity of riparian ecosystems in Sonora, Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 18(2): 247-269. DOI 10.1007/s10531-008-9473-6

Sheridan, T., Nabhan, G. 1978. Living with a River: Traditional Farmers of the Rio San Miguel. *The Journal of Arizona History*. 19(1): 1-16.

Silva, J.M. 2017. 100 años de contaminación de la minería en ríos de Sonora 1908-2014. En: Metodologías interdisciplinarias y conflicto socio-ambiental: el caso del Río Sonora y otros estudios. Coordinador: Vega, H. Universidad de Sonora. Pp: 34-58.

Stromberg, J., Lite, S., Dixon, M. 2010. Effects of stream flow patterns on riparian vegetation of a semiarid river: implications for a changing climate. *River Research and Applications*. 26: 713-729. DOI: 10.1002/rra.1272

Zaimes, G., M. Crimmins, D. Green, M. Nichols, A. Thwaites. 2007. Understanding Arizona's Riparian Areas. College of Agriculture and Life Sciences, University of Arizona.