



**EL COLEGIO
DE SONORA**

VEGETACIÓN E IMPACTO HUMANO EN LA CUENCA DEL
RÍO SAN PEDRO, EN EL ESTADO DE SONORA

Tesina para obtener el diploma de
Especialidad en Gestión Integrada
de Cuencas Hidrológicas

Presenta
Florentino Garza Salazar

Director de Tesina
Gilberto Solís Garza

Hermosillo, Sonora

Noviembre de 2008

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
Materiales y métodos.....	2
I. EL MEDIO FÍSICO	3
Localización	3
Fisiografía.....	4
Geología	5
Hidrografía	8
Suelos	9
Clima	12
Tipos de climas.....	12
Temperatura.....	14
Precipitación.....	15
II. EL MEDIO BIOTICO	17
Flora.....	17
Vegetación.....	18
Agricultura de riego.....	19
Bosque de encinos	21
Bosques mixtos de pinos y encinos.....	25
Bosque de táscate.....	26
Herbazal.....	27
Matorral espinoso	27
Matorral subinerme	28
Mezquital	28
Pastizal.....	29
Bosque de galería	30
Bosque de pinos.....	34

III. FACTOR HUMANO	37
Medio socioeconómico.....	37
Demografía.....	38
Vías de comunicación.....	41
Medios de transporte	42
Medios de comunicación.....	42
Tenencia de la tierra	43
Actividades económicas	43
Impacto del hombre en la vegetación.....	46
Esfuerzos de conservación	48
CONCLUSIONES.....	52
Sugerencias para la conservación y restauración de la vegetación	54
BIBLIOGRAFÍA.....	57



EL COLEGIO
DE SONORA
B I B L I O T E C A
GERARDO CORNEJO MURRIETA

INTRODUCCIÓN

En la porción noreste del estado de Sonora, a pocos kilómetros de la ciudad de Cananea nace el río San Pedro, a partir de escurrimientos de las sierras La Mariquita, La Elenita y Los Ajos, su corriente fluye en dirección norte, para unirse al río Gila en Winkelmann, Arizona. Este río es tributario del río Colorado que discurre de norte a sur desembocando en el extremo norte del Golfo de California.

El río San Pedro es el corredor biológico de aves migratorias neotropicales más importante del suroeste de América del Norte, por este corredor viajan aves procedentes de América Central y posiblemente América del Sur que llegan a Estados Unidos y hasta Canadá, a sus sitios de reproducción.

En la porción mexicana de esta cuenca es pequeña, la mayor parte de su superficie se ubica en Arizona. En Sonora el gradiente altitudinal va de menos de los 1,300 msnm hasta poco más de 2,500 en las sierras de La Mariquita y La Elenita. Presenta un variado sustrato geológico que incluye rocas ígneas intrusivas, extrusivas, rocas sedimentarias y metamórficas con edades que van del Precámbrico a sedimentos recientes. La topografía va desde terrenos planos, hasta las fuertes pendientes de las cimas de montañas, dando lugar a una diversidad de tipos de vegetación que incluye matorrales desérticos en las partes bajas y secas a bosques de pinos en la cima de las montañas. Los recursos naturales del área han permitido múltiples actividades económicas que incluyen: actividad ganadera, agricultura y un próspero desarrollo minero, las cuales han generado diferentes impactos en la vegetación natural, que van desde el sobrepastoreo con la invasión de arbustos leñosos desérticos, pérdida de pastos nativos y suelos al quedar los terrenos desnudos en los predios ganaderos, hasta la eliminación total del suelo y vegetación con las explotaciones mineras a cielo abierto de la mina de Cananea en el extremo sureste de la cuenca. Las minas iniciaron sus labores con túneles y tiros que requirieron de madera de pino para apuntalar las obras. Los bosques originales suministraron esta madera desde fines del siglo XIX, estableciendo

aserraderos en las sierras de Cananea, La Mariquita y La Elenita, que eliminaron el bosque maduro de pinos, trasladando la actividad maderera a la Sierra de los Ajos a principios de 1932, dando como resultado bosques secundarios jóvenes en las montañas. En el cauce del río San Pedro abundaban los castores, que en sus actividades mantenían un bosque abierto, al ser aliminados por los cazadores para comercializar su piel, cambió la estructura y composición del bosque ribereño, además de desaparecer del paisaje las ciénegas de sus repesos.

Materiales y métodos

Se empleó información cartográfica del área e imágenes de satélite. Éstas últimas las proporcionó la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), abarcando los temas de clima, vegetación, geología y suelos. Se recopiló las descripciones de COTECOCA para los tipos de vegetación del área. El Departamento de Ecología del Grupo México facilitó los datos de la estación climatológica de la mina de Cananea y datos de su capacidad de producción y empleos generados. Se recopilaron datos del área de tesis de licenciatura, maestría y otras investigaciones. Se realizaron recorridos de campo para confirmar la información recabada de la bibliografía y observaciones de campo de impactos sobre la vegetación. Se colectó e identificó las especies de plantas desconocidas encontradas en los recorridos, para complementar, ampliar y corregir los datos de las referencias bibliográficas. Para la identificación se usó un microscopio estereoscópico binocular de American Optical Corporation y lupas de mano. En la determinación de las especies se emplearon las claves de las referencias bibliográficas especialmente: “The Trees of Sonora” de Felger, Johnson y Wilson (2001), la “Arizona Flora” de Kearney y Peebles (1960) y otras más citadas en la bibliografía.

Con la información de campo y bibliográfica se procedió a cumplir con los objetivos de esta tesina: realizar la descripción de las características del medio físico, tipos de vegetación e impactos de las actividades humanas, así como los esfuerzos de conservación, éxitos y necesidades en el área de estudio.

I

EL MEDIO FÍSICO

Localización

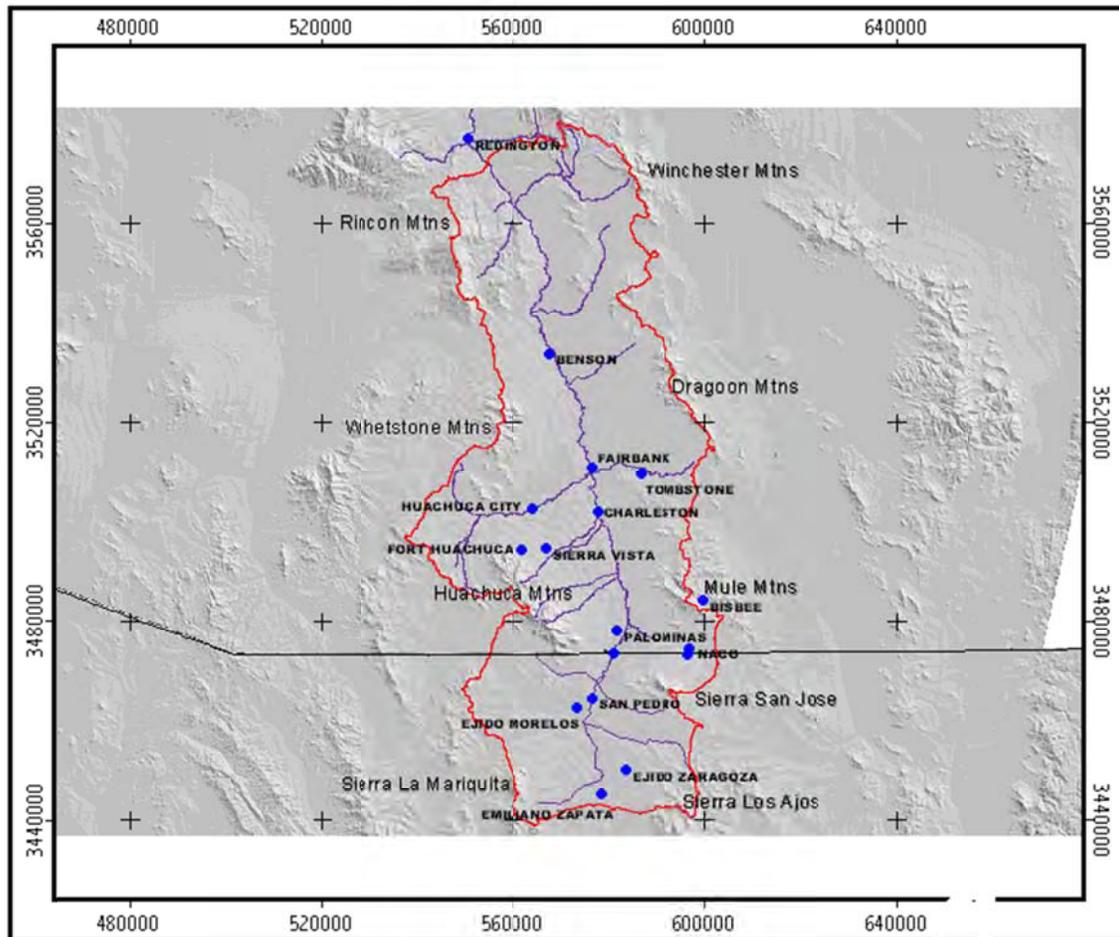
El río San Pedro es parte de la cuenca del río Colorado y nace al norte de la ciudad de Cananea, Sonora, en los pastizales naturales. Esta corriente fluye hacia el norte hasta su desembocadura en el río Gila en Winkelman, al sureste de Phoenix, Arizona. Recorre unos 250 kilómetros, de los cuales 65.6 se encuentran en Sonora.

La cuenca del río San Pedro en su porción mexicana, se halla en el noreste del estado de Sonora, y se ubica entre los paralelos $30^{\circ} 52'$ y $31^{\circ} 20'$ de latitud Norte y los meridianos $110^{\circ} 06'$ y $110^{\circ} 31'$ de longitud Oeste. De los $11,620 \text{ km}^2$ de la cuenca, se estima una superficie de $1,833 \text{ km}^2$ en los municipios de Cananea, Naco y Santa Cruz.

La cuenca en Sonora está limitada por la Sierra de Los Ajos al este, al norte por la Sierra San José, al sur por la ciudad de Cananea (en cuyas proximidades nace el río Sonora), al oeste por las Sierras La Mariquita y La Elenita, y al norte próximo a la frontera por una pequeña parte de la Sierra Huachuca y la frontera internacional con los Estados Unidos (ver mapa 1).

EL COLEGIO
DE SONORA
BIBLIOTECA
GERARDO CORNEJO MURRIETA

Mapa 1. Cuenca del río San Pedro



DE SONORA
BIBLIOTECA
GERARDO CORNEJO MURRIETA

Fisiografía

En la revisión bibliográfica los autores consultados emplean diferentes clasificaciones de provincias fisiográficas. Así, según el esquema de provincias fisiográficas de México usado por Rzedowski (1978), la cuenca del río San Pedro se ubica dentro de la “Provincia Costera Noroccidental”, que se extiende desde la desembocadura del río Colorado hasta el centro de Nayarit, colindando al este con la Sierra Madre Occidental. La carta fisiográfica del INEGI usa otro tipo de clasificación, en este la cuenca del río San Pedro se localiza dentro de la provincia “Sierras y Llanuras del Norte”, en la subprovincia “Llanuras y Médanos del Norte”. En la clasificación de Feeneman (1914), el área se encuentra en la provincia “Basin and Ranges”, que se caracteriza por la disposición de las sierras, que se encuentran

alineadas en sentido norte-sur o noroeste-sureste, alternando con valles de anchura variada. De los anteriores sistemas de clasificación el que se usa como estándar en documentos oficiales es el de INEGI.

La conformación actual de la región dio inicio hace unos 30 millones de años en la época oligoceno de la era Cenozoica, continuando hasta tiempos recientes, las montañas del área son los restos de bloques fallados de la corteza. Los valles contiguos han sido rellenados con grandes cantidades de arena y grava, desprendidos de las sierras, acarreados y depositados en el valle (H. Chronic, 1983). El bloque hundido en el valle es lo que en términos geológicos se denomina graben.

El aspecto visual del área de la cuenca en Sonora mas que cadenas montañosas alineadas de norte a sur y paralelas, es el de montañas aisladas con bosques de pinos y encinos, que emergen entre amplias extensiones de llanuras y lomeríos suaves cubiertos de pastizales y matorrales desérticos que ha llamado la atención de los biólogos. Así, Joe Marshall (1957) concibió en las montañas del área su publicación “Birds of the Pine-Oak Woodlands in Southern Arizona and Adjacent Mexico” abarcando las montañas isla desde el Mogollon Rim en Arizona hasta la Sierra Madre Occidental, definiendo la región desde el punto de vista biológico como “Archipiélago Madreño” (Madrean Archipelago). Posteriormente en 1967 Weldon Heald (1993) acuñó el término “Islas del Cielo” (Sky Islands) para el área, que ha sido el marco de referencia para una serie de reuniones y conferencias sobre su flora, fauna, ecología y conservación.

Geología

La geología de la cuenca del río San Pedro es muy variada en el tipo de rocas que la componen como por su edad (mapa 2). Zendejas (1973) aplicó la nomenclatura utilizada por Ransome (1904), para el Cuadrángulo Bisbee en el sur de Arizona, en la estratigrafía de las formaciones paleozoicas del Distrito Minero de Cananea, posteriormente Aponte (1974), uso esa misma nomenclatura en la Sierra de Los Ajos. En el área se encuentran las siguientes formaciones del precámbrico y paleozoico:

Esquisto Pinal. Es un esquisto micáceo precámbrico, de color gris y lustre graso, que descansa sobre granitos y subyace a la Cuarcita Bolsa.

Cuarcita Bolsa. Es un conglomerado cuarcítico de grano grueso en la base, que varía de cuarcita arenosa a una arenisca de grano fino en su parte media, esta formación tiene un espesor de unos 180 metros, cuya edad abarca del cámbrico inferior al medio.

Caliza Abrigo. Es una caliza que en su parte media varia a caliza dolomitizada, con lentes arenosos en la parte superior, es de estratificación delgada (10–15 cm), con vetillas de calcita, con un espesor de 175 metros, abarca desde el cámbrico medio al superior.

Caliza Martin. Es una caliza que en su base es caliza arenosa con variación a caliza dolomitizada y caliza cristalina con interestratificaciones arenosas con inclusiones y vetillas de calcita, de 150 metros de espesor y edad Devónico medio al superior.

Caliza Escabrosa. En su parte basal es una caliza de grano grueso, variando a caliza dolomitizada hacia su parte superior, con vetillas de calcita; en la parte superior presenta nódulos de pedernal; su espesor es de 180 metros y su edad es del Mississípico.

Caliza Horquilla, es una caliza pizarrosa de edad Pensilvánico.

Del Mesozoico, se registran rocas ígneas intrusivas granitos y andesitas, afloramientos de lutita-arenisca del Cretácico.

Las formaciones del Cretácico presentes en el área son:

Conglomerado Glance. Es la formación basal perteneciente al Cretácico, es un conglomerado y arenisca roja, que corresponde al Cretácico inferior.

Formación Morita. Sobreyace al Conglomerado Glance, constituida por lutitas calcáreas y areniscas café.

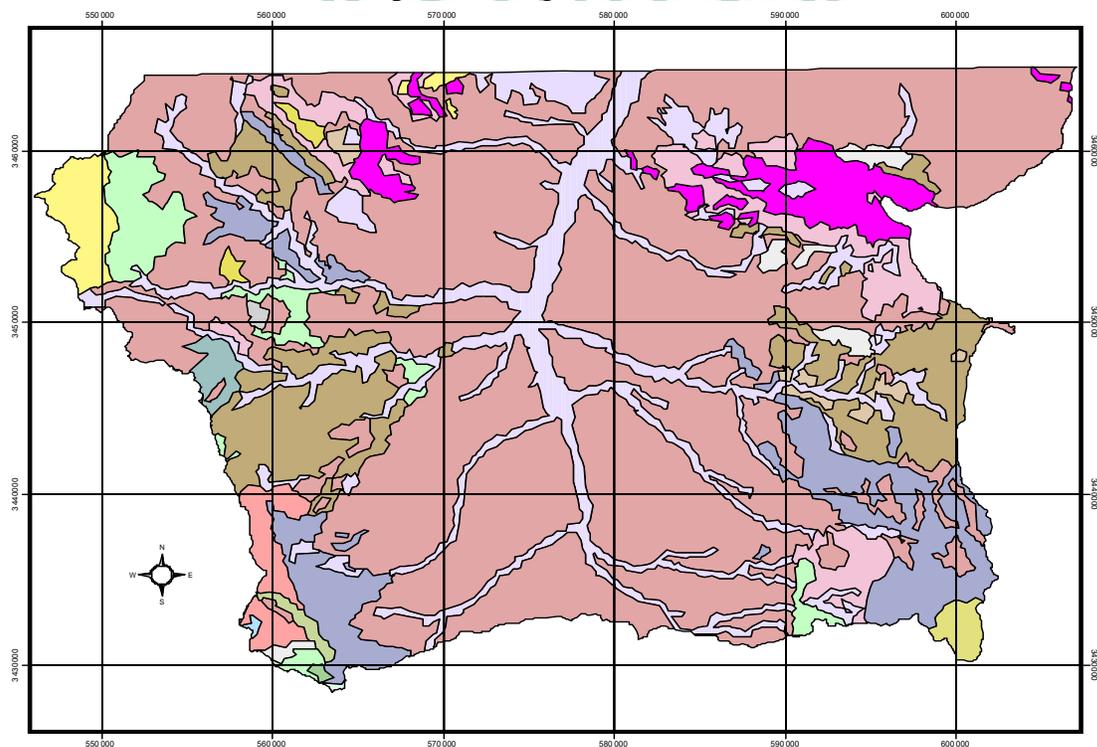
Caliza Mural. Sobreyace a la Formación Morita, constituida por calizas estratificadas en su parte basal, variando a calizas masivas en la parte superior.

Caliza Cintura. Sobreyace a la Caliza Mural, constituida por calizas, areniscas y lutitas, estratificadas en su parte basal, variando a calizas masivas en la parte superior.

El Cenozoico esta representado por rocas ígneas extrusivas, conglomerados y depósitos aluviales.

El mapa 2 que a continuación se muestra presenta los tipos de rocas que afloran en la cuenca del río San Pedro.

Mapa 2. Geología del río San Pedro

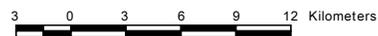


Simbología

Rio-sanpedro-geologia.shp

- C (A)
- C (ar)
- C (B)
- C (Bva)
- C (cg)
- K (cz)
- K (R - Ta)
- Ks (ar - Ta)
- M (A)

- M (ar)
- M (cg)
- M (Gr)
- M (lu - ar)
- P (cz)
- PE (cz)
- Q (al)
- T (Po rrido)
- T (R)
- Ti (T a)

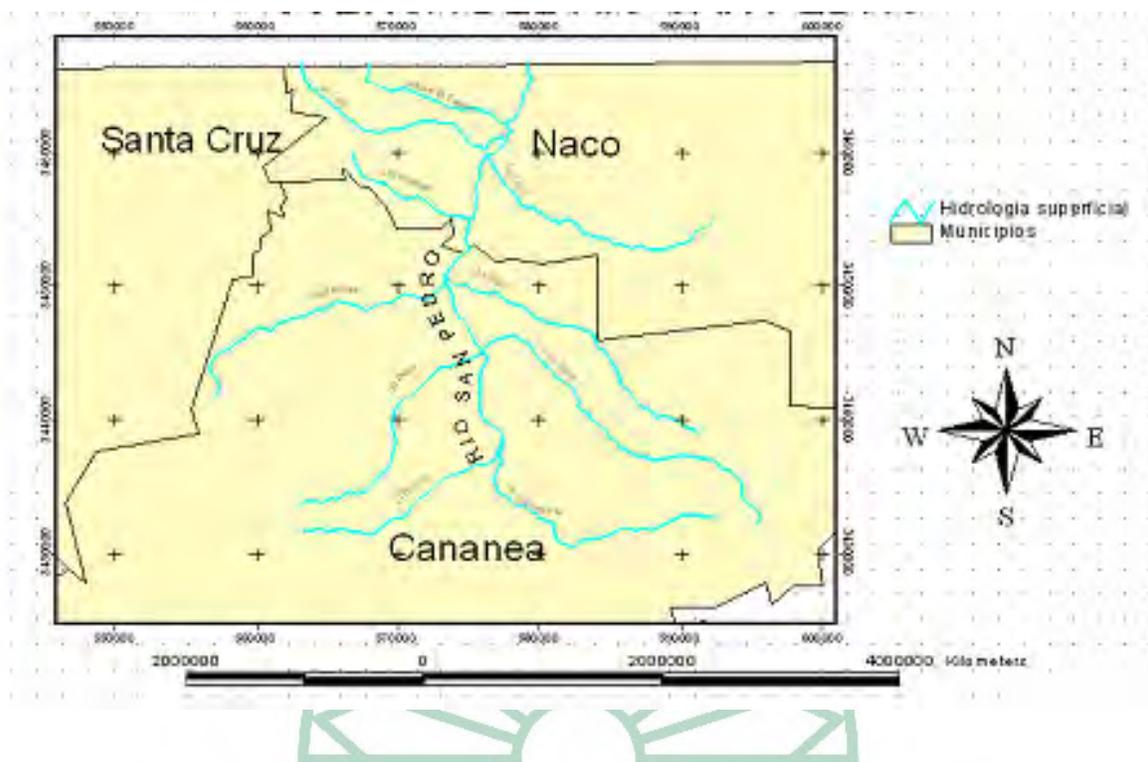


Fuente: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.

Hidrografía

En este punto se tratan las aguas superficiales y no las subterráneas, debido a que las primeras tienen un impacto más directo sobre la vegetación. Muchas corrientes cambian de nombre en diferentes tramos del escurrimiento o al unirse a otras corrientes. Las corrientes en el área en su mayoría son estacionales o semipermanentes secándose en la primavera. En el área los escurrimientos se originan en las montañas que circundan la cuenca; en la Sierra Huachuca en la frontera con los Estados Unidos se origina el arroyo Los Fresnos, al llegar a la presa Las Nutrias cambia de nombre a arroyo Las Nutrias, para unirse aguas abajo al río San Pedro, también en la porción noroeste de la cuenca se encuentran los arroyos El Nogalar, El Tule y El Tejano; en la porción sur de la cuenca en las sierras La Mariquita y La Elenita nacen los arroyos: El Barrilito, que recoge aguas negras de la ciudad de Cananea por lo que está fuertemente contaminado, unos kilómetros al norte del ejido Emiliano Zapata se une al arroyo El Alamito, formando el arroyo El Riecito. Entre las sierras La Elenita y La Mariquita en el puerto de Cananea inicia el arroyo El Pinalito que aguas abajo recibe el nombre de arroyo Los Alisos, que da origen al arroyo El Piojo al unirse al arroyo Las Gallinas, éste a su vez al juntarse al arroyo El Riecito conforman el río San Pedro. En la sierra La Mariquita también discurren los arroyos El Papalotito y el arroyo Prieto que desembocan en el represo Las Pilas, que en el rancho El Tápiro se llama arroyo El Tápiro abasteciendo al represo del mismo nombre, y que en el arroyo San Rafael es denominado arroyo San Rafael. En el sureste en la Sierra de Los Ajos nacen los arroyos El Toro y Agua Clara, éste último abastece al represo El Uno antes de dirigirse al norte a unirse al río San Pedro. De este tema no se proporciona mapa porque la cartografía obtenida solamente marcaba el río San Pedro, posiblemente por el corto trayecto e importancia de los numerosos escurrimientos del área (ver mapa 3).

Mapa 3. Hidrología superficial de la cuenca del río San Pedro



Suelos

Suelo puede definirse como la capa más superficial de la corteza terrestre, sobre la que encuentra sustento la vegetación. Los factores ambientales que interaccionan en su formación son: la roca madre de la que se origina (geología), clima, relieve, actividad biológica y tiempo. De estos factores los tres primeros desempeñan un papel importante en la formación y evolución de los suelos en la cuenca del río San Pedro, más recientemente las actividades humanas que han acelerado los procesos erosivos y de la cubierta vegetal (ver mapa 4).

Por su formación los suelos del área son *in-situ* y coluviales principalmente, las pendientes fuertes a moderadas de las montañas no favorecen la acumulación de materiales presentando suelos de profundidad delgada a media.

Los principales tipos de suelo en la cuenca del río San Pedro según el mapa edafológico proporcionado por el CEDES son:

Cambisol, se localiza en el extremo noroeste de la cuenca con una cubierta vegetal de pastizal, en el subsuelo en una capa se forman terrones y pueden acumular materiales.

Feozem, es el tipo de suelo con mayor área de distribución en el área, se extiende por porciones bajas de las sierras, lomeríos bajos y mesas, son suelos con una capa superficial oscura, suave, rica en nutrientes y materia orgánica. En terrenos planos y disponibilidad de agua se practica la agricultura de riego, la vegetación natural es de pastizal natural, matorrales desérticos y bosques de encinos. En el área se encuentra Feozem háplico que puede estar combinado con Regosol éutrico.

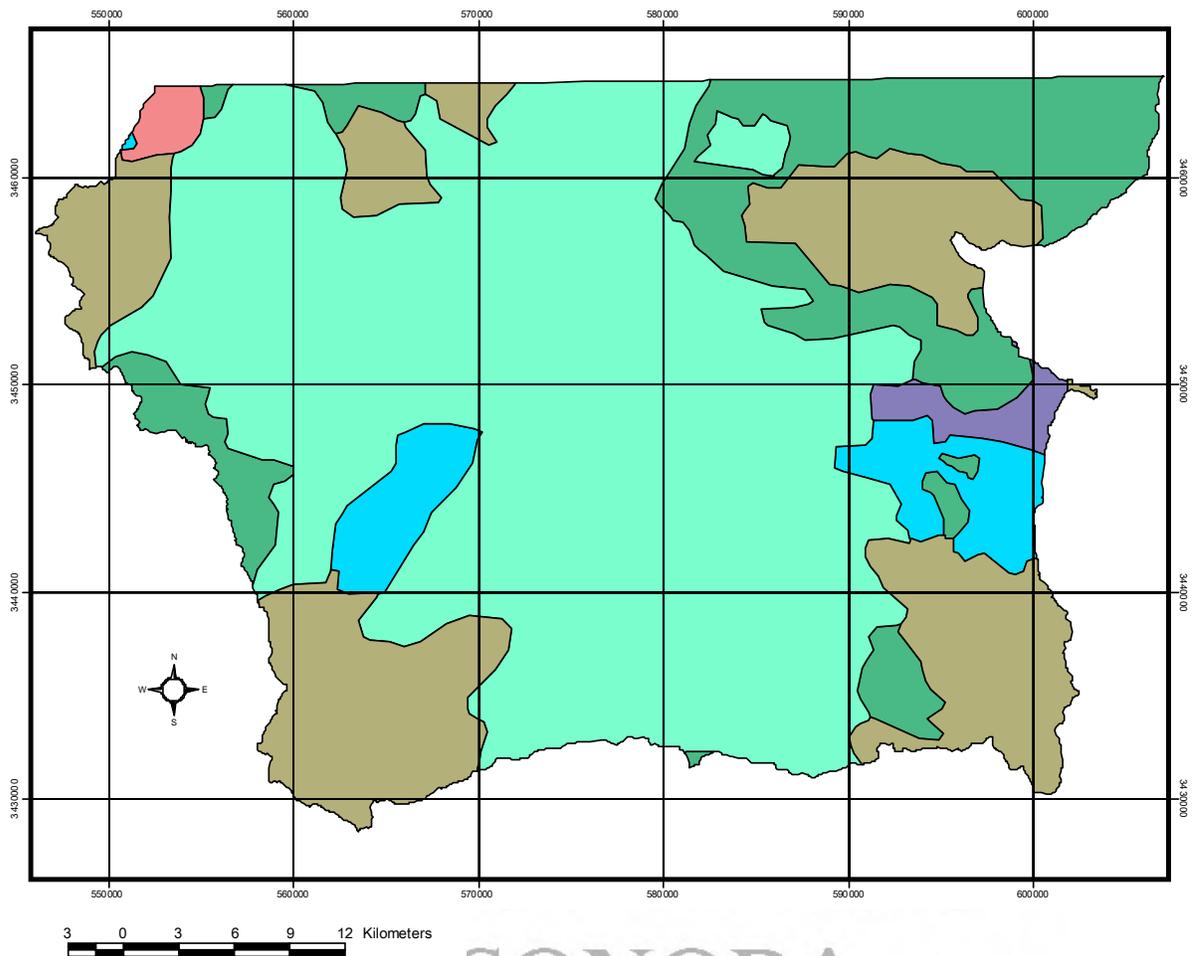
Litosol, son suelos delgados de menos de 10 centímetros de profundidad a la roca madre o sustrato duro, se distribuye principalmente en las áreas montañosas, presentan bosques de encino, mixtos de pino y encino y de pinos. En sitios con pendiente fuerte son susceptibles a la erosión, como ha ocurrido después de fuertes incendios forestales en las sierras de La Mariquita y La Elenita en 1997.

Regosol, son suelos que no presentan capas diferenciadas, usualmente de coloración clara, en la cuenca se localizan principalmente en laderas de montañas con encinales y bosques mixtos de pino y encino.

Vertisol, en estos suelos aparecen grietas profundas y anchas durante la estación seca del año, son ricos en arcilla, de coloración café rojiza, se presentan en climas templados y calidos con estación de lluvias y sequía muy marcadas.

Xerosol, son suelos de regiones áridas, la capa superficial es clara pobre en humus.

Mapa 4. Mapa de suelos del río San Pedro



SIMBOLOGÍA

Rio-sanpedro-suelos.shp

- CAMBISOL
- FEOZEM
- LITOSOL
- REGOSOL
- VERTISOL
- XEROSOL

SONORA
L I O T E C A
CORNEJO MURRIETA

Fuente: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.

Clima

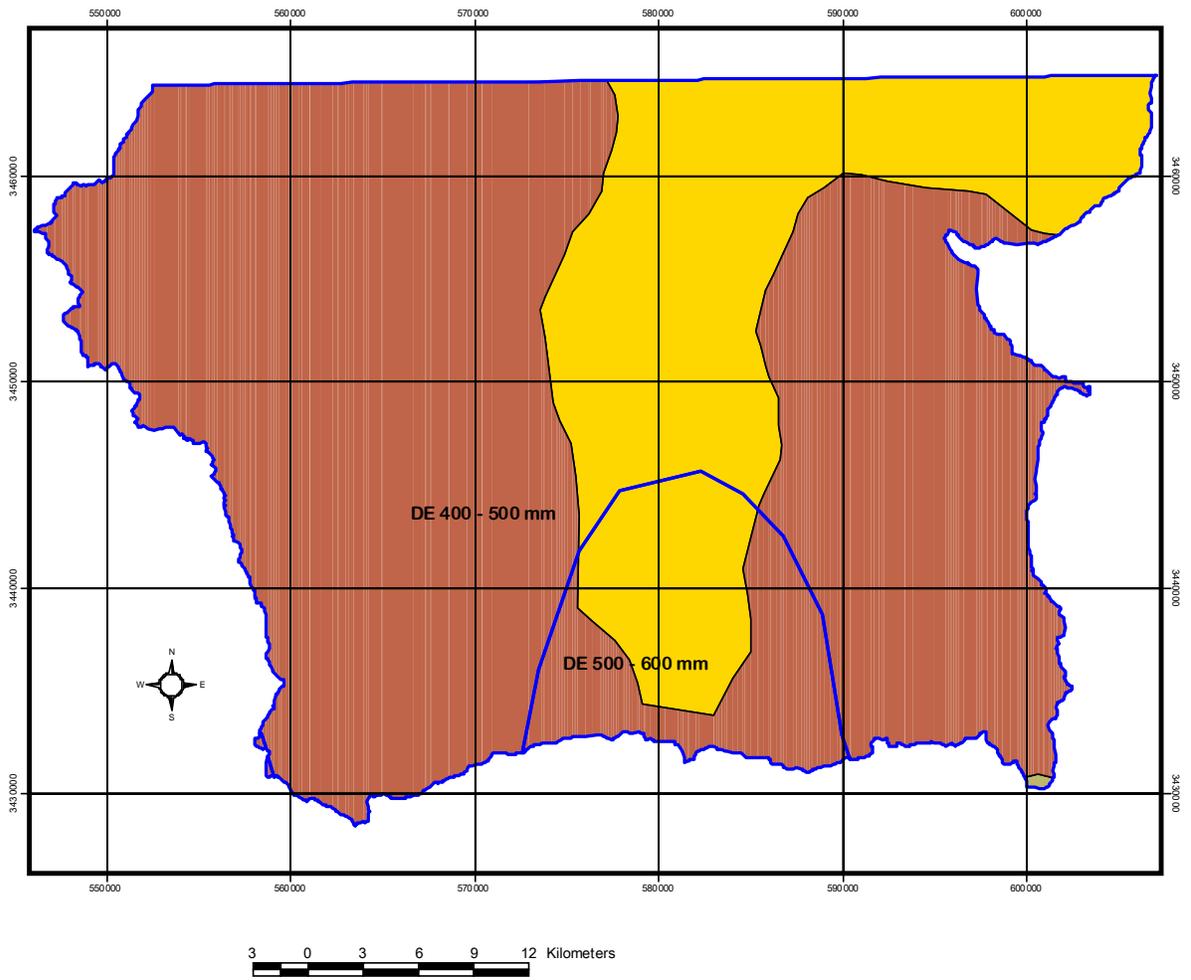
Se define como el conjunto de los fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un lugar determinado de la superficie terrestre; el clima, fisiografía y geología son los factores físicos naturales más importantes que determinan la distribución actual de los tipos de vegetación, clases de suelo, flora y fauna de una región. Según los biogeógrafos de estos tres factores el clima es el más importante (Brouillet, L. & R. D. Whetstone, 1993). El clima también desempeña un papel muy importante en los procesos de formación y erosión del suelo, estableciendo las especies vegetales y animales que son capaces de vivir en las condiciones climáticas de un área determinada.

Los cambios climáticos ocurridos durante los últimos 40,000 años, han influido en los patrones de distribución de los tipos de vegetación, haciendo avanzar y retroceder los bosques ahora presentes en las montañas, cambios que han quedado registrados en los materiales de nidos de ratas del género *Neotoma* (Van Devender, T. R. 1990) (ver mapa 5).

Tipos de climas

Los tipos de clima presentes en la cuenca del río San Pedro de acuerdo al sistema de clasificación de climas de Köppen modificado por García (1973) son: a) $BS_1kw(x^{\prime})$ que se encuentra en las partes bajas de las sierras y valle del río San Pedro; es un clima semiseco templado con lluvias de verano y más del 10.2% de la precipitación anual en invierno; b) $BS_0kw(x^{\prime})$ es un clima seco templado con lluvias en verano y más del 10.5% de la precipitación anual en invierno, verano cálido, se encuentra en el noreste de la cuenca; c) $C(W_0)(x^{\prime})$ es un clima templado subhúmedo, lluvias en verano y más del 10.2% de la precipitación en invierno, en el área se encuentra en una pequeña porción en el extremo sureste, en la parte media de la sierra de Los Ajos.

Mapa 5. Climas del río San Pedro



SIMBOLOGÍA

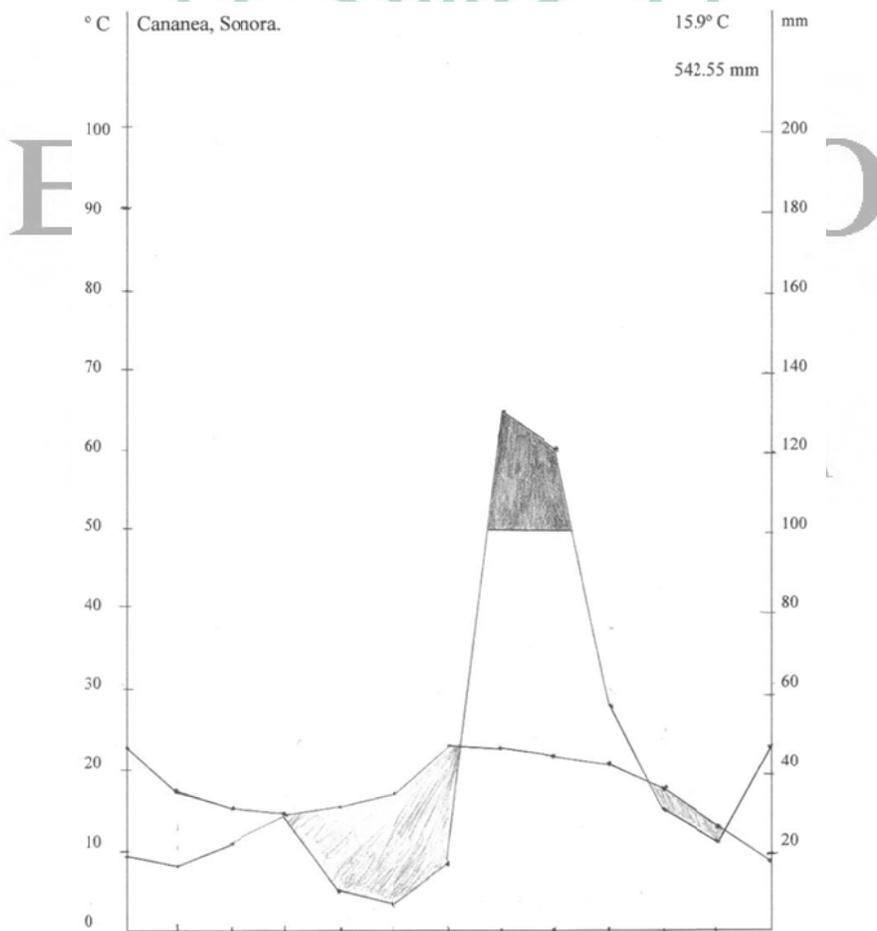
-  ISOYETAS
- Rio-sanpedro-clima.shp
-  BS1kw(x')
-  BSokw(x')
-  C(Wo)(x')

Fuente: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora.

Temperatura

La temperatura es un factor físico influido fuertemente por la altura, en la cima de las montañas del área es más frío que en las porciones bajas de la cuenca del río San Pedro. Con datos obtenidos de las temperaturas registradas desde 1920 a 1982, para la ciudad de Cananea a una elevación poco superior a los 1,600 msnm, se estimó una temperatura media anual de 15.9° C. Las heladas usualmente se presentan de noviembre hasta abril, habitualmente son más de 60 por temporada; el mes más cálido del año es junio y el más frío el de enero. El rango de variación de la temperatura es amplio, en junio de 1981 se registró para Cananea una temperatura máxima de 45° C y una mínima de - 14° C para enero de 1962.

Gráfica 1. Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica de la Mina de Cananea en una elevación de 1675 msnm



Precipitación

En el área se presentan dos periodos de lluvias; uno en verano que es el principal se extiende desde julio hasta septiembre, otro en invierno, con algunas nevadas, persistiendo más la nieve las montañas especialmente en laderas de exposición norte y cañadas sombrías.

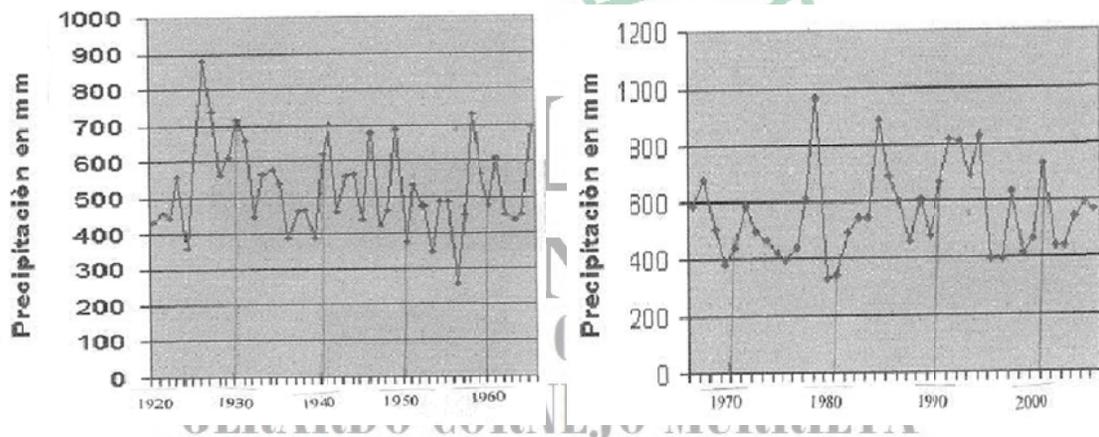
La estación climatológica del área con los datos más precisos y mayor tiempo es de la Mina de Cananea, con información desde 1920 a la fecha, localizada a una elevación de 1675 msnm. Con estos datos se estimó la precipitación media anual en 542.55 mm; la época de lluvias ocurre en verano, el mes más húmedo es julio, con un promedio de 130.25 mm; el más seco es el mes de mayo con 6.08 mm. Ver diagrama ombrotérmico en gráfica 1.

Para la determinación de las épocas húmedas y secas del año se usó el método de Bagnouls y Gausen (1957), que considera húmedos los meses cuya precipitación en milímetros rebasa el doble de la temperatura media mensual en °C que se presenta en la gráfica 1. En ella se aprecian dos períodos de sequía uno de marzo a junio que es el más severo, en el que las condiciones permiten la aparición de incendios forestales. Otro periodo de sequía se presenta de octubre a noviembre aunque menos intenso.

La precipitación anual es muy variable, se encontró la precipitación anual más baja en los registros disponibles para la estación en 1956 siendo de 258 mm, y el año con mayor precipitación 1978 con 965 mm (ver gráfica 2). Para el área el promedio de meses secos es de 6.6 al año, con variaciones que van de tres meses secos en 1978 a 10 en 1953 que no corresponde al año más seco. Marshall (1957) al visitar las montañas del noreste de Sonora encontró mortandad de pinos en los bosques atribuyéndolo a una sequía prolongada ocurrida a principios de esa década; el mismo fenómeno se produjo en la región a principios del año 2000, al encontrarse encinos y pinos muertos. Debido a ello la Dirección de la Reserva Ajos-Bavispe solicitó una inspección fitosanitaria al Dr. David Cibrian del Colegio de Posgraduados de Chapingo, en la inspección a la Sierra de Los Ajos y lo observado en montañas vecinas atribuyó la muerte de árboles de pino, encino y táscales a una sequía prolongada.

La precipitación anual tiene un fuerte componente altitudinal, siendo las áreas más bajas las que reciben menor precipitación y las más altas las más húmedas. Ello tiene un fuerte impacto sobre la distribución de la vegetación y su productividad de materia seca quedando los más áridos en los sitios bajos y los bosques en las montañas. Fisiológicamente de cada 500 gramos de agua capturados por las raíces de las plantas aproximadamente el 97% se evapora en la superficie de las hojas en un fenómeno denominado transpiración, el cual le permite a la planta refrescarse. Del restante 3% solamente el 1% es fijado como materia seca, por lo tanto la productividad de la vegetación aumenta con la disponibilidad de agua, siendo las sequías periodos de baja precipitación y deficiente producción de materia seca de la vegetación, tanto para los usos humanos como de la fauna silvestre y de las mismas plantas.

Gráfica 2. Precipitación en Cananea de 1920 a 1965 y de 1966 a 2005



II EL MEDIO BIOTICO

Flora

El término flora se refiere al conjunto de especies vegetales que se encuentran en un área determinada. Es importante en el aspecto de la diversidad biológica y afinidades con otras regiones geográficas.

La diversidad biológica puede definirse a diferentes escalas según Primack (2002): la mas pequeña de éstas es la *Diversidad Alfa*, que se define como el número de especies encontradas en una comunidad o lote, por lo general comprende de 10 a 100 especies; la *Diversidad Gamma* que comprende la cantidad de especies presentes en escalas geográficas mayores, comúnmente va de 100 a 1,000 especies; por último la *Diversidad Beta*, vincula las diversidades *Alfa* y *Gamma* y representa la tasa de cambio de especies a lo largo de un gradiente ambiental o geográfico.

La diversidad Alfa hasta el momento no ha sido estudiada en ningún paraje de la cuenca del río San Pedro en el lado de México, a pesar de esto es posible hacer algunas inferencias a partir de estudios realizados en el sureste de Arizona, que son muy similares y que comparten afinidades florísticas a nuestra área de estudio. Whittaker y Niering (1975) estudiaron la diversidad alfa de comunidades vegetales en un gradiente altitudinal en las montañas Santa Rita en el sur de Arizona, el mayor número de especies lo encontraron en comunidades de estructura abierta como bosques abiertos a altitudes medias, pastizales y matorral desértico espinoso sufrutescente, con la diversidad florística más baja en el bosque de pino ponderosa y el matorral desértico de gobernadora (inorme). Wentworth (1982), en las montañas Mule encontró también en las arboledas de encino y pastizales las diversidades más altas. Según McLaughlin (1994) en las montañas de América del Norte la cantidad de especies se reduce al incrementar la aridez y las cimas altas de montañas.

En cuanto a la diversidad *Gama* de la cuenca del río San Pedro del lado mexicano de la frontera, hasta el momento no se dispone de ningún estudio florístico completo de las montañas que lo limitan, ni del pastizal del valle. Solís-Garza y colaboradores (2000) encontraron 142 especies de plantas vasculares en ocho sitios de muestreo del cauce del río. La flora de las montañas de la cuenca puede estar ubicada entre las 900 y 1,000 especies. McLaughlin (1994) menciona que las montañas con mayor riqueza de especies en la región de las Islas del Cielo en el sureste de Arizona y noreste de Sonora son: las Montañas Rincón en Arizona, con 959 especies según datos de Bowers y McLaughlin (1987), y Sierra El Tigre con 953 especies (White, 1948).

En la región hace falta estudios florísticos que ayuden a conocer la diversidad florística del área y distribución de especies sensibles o con categoría de protección listadas en la NOM-ECO-059-2001. Esto también ayudará a conocer sus amenazas, para establecer las estrategias y mejores medidas para su protección y conservación.

Vegetación

Rzedowski (1978) define vegetación como: “Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de las comunidades bióticas que forman”. La vegetación en la porción mexicana de la cuenca del río San Pedro, está influida por la posición latitudinal y rangos de altitudes de esta región. La zonación de la vegetación conforme a un gradiente latitudinal fue observada primeramente por Forster, posteriormente Humboldt en un ensayo de 1805, encontró el mismo fenómeno en una escala local a lo largo de un gradiente altitudinal (Lomolino 2005). En la cuenca del río San Pedro, la distribución de los climas, gradiente altitudinal y la exposición de las laderas de las montañas que la circundan, e impacto de las actividades humanas marcan la ordenación aproximada en franjas de la vegetación, encontrando los tipos afines a climas más áridos como son matorrales desérticos en las porciones inferiores, más arriba los pastizales, que al pie de las montañas integran algunos encinos a manera de sabanas, en sus montañas con los bosques de táscate y encino en las partes bajas, hasta los bosques de pinos en la cima, pasando por bosques mixtos de pino y encino (ver mapa 6).

Agricultura de riego

La agricultura se practica principalmente en las tierras planas próximas a los escurrimientos principales y del río San Pedro. La agricultura es de riego, los pozos se localizan en las proximidades del río, extrayendo el agua del nivel freático de la zona de inundación. La información de los cultivos se obtuvo de la oficina local de la SAGARPA en Cananea para el 2006 (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Actividad agrícola en la cuenca del río San Pedro en 2006

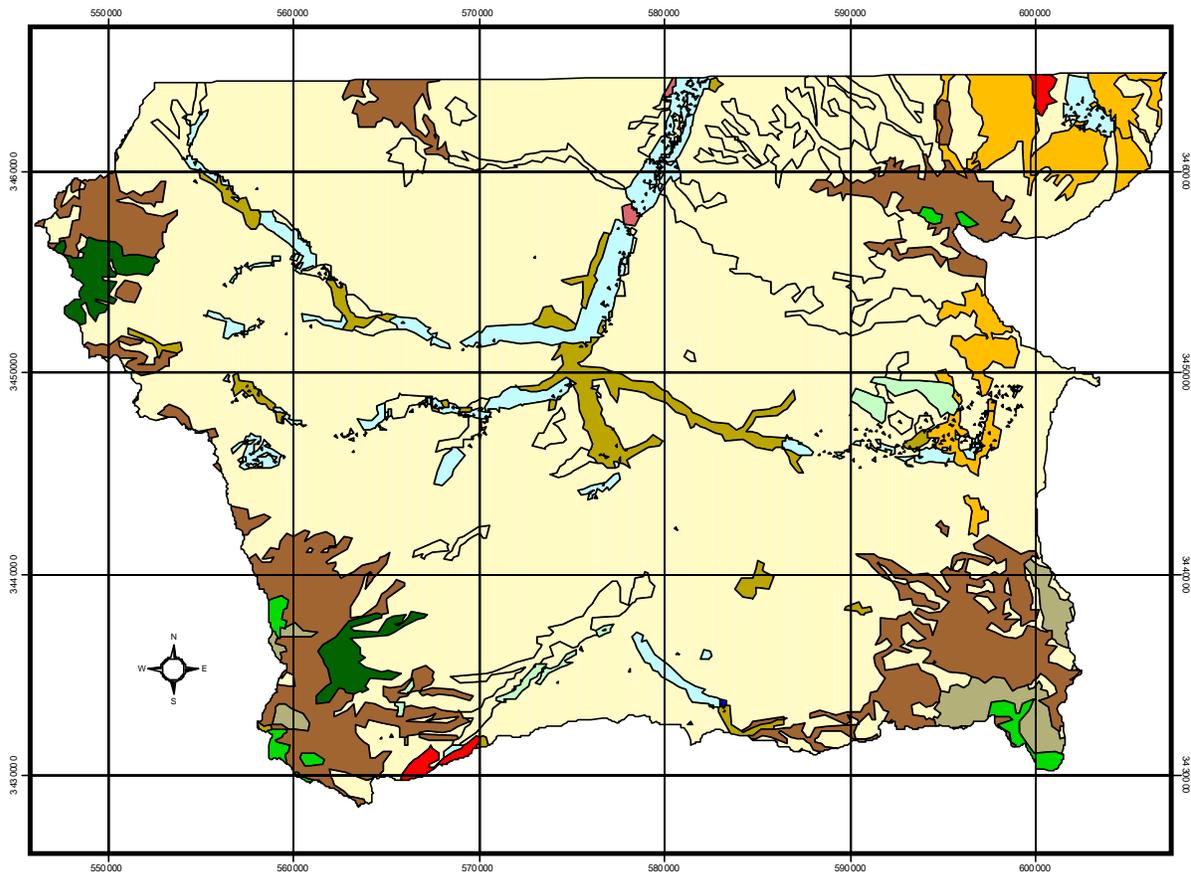
Localidad	Superficie cultivable (ha)	Superficie cultivada (ha)	
Ejido Morelos	950	115	40 Alfalfa, 45 Papa, 5 Maíz, 5 Pepino, 20 Hortalizas
Ejido Zapata	140	48	30 Alfalfa, 16 Sorgo, 2 Hortalizas
Ejido Naco	340	44	40 Alfalfa, 4 Nogal
Ejido Cuauhtémoc	200	4	4 Alfalfa
TOTAL	1,630	211	

Se tienen 1,630 hectáreas abiertas a la agricultura, de éstas se cultivaron en el primer semestre del 2006 solamente 211 hectáreas, siendo la alfalfa el que ocupó más superficie con 114 hectáreas y es el cultivo sembrado en todos los ejidos. En las márgenes del río San Pedro próximo a la línea fronteriza, se encontró un terreno de cultivo de 20 hectáreas que a principios de los años 80 tenía una huerta de manzanos, que fue abandonado, aparentemente por el poco interés en su manejo. Es evidente que la práctica agrícola en la cuenca se ha reducido, además de que pocos propietarios ven a la agricultura como una actividad rentable. Como los números muestran, apenas se siembra el 12.94% de la superficie disponible para agricultura.

El abandono de tierras abiertas al cultivo ha generado procesos de invasión de hierbas y arbustos, así en el ejido Zaragoza una superficie de más de 50 hectáreas que se regaba a fines de los años 70 con agua del repeso “El Uno”, no regresaron a la condición original de la vegetación de pastizal natural. El área está invadida por un matorral de romerillo (*Baccharis sarothroides*); para su control en el 2004 la Reserva Ajos-Bavispe a través de su programa PRODERS, realizó la remoción mecánica de este arbusto en 10 hectáreas, con un

éxito moderado y un alto costo. La extracción de agua de la zona de inundación del río San Pedro puede bajar el nivel freático y poner en peligro del bosque de galería de álamos, pues necesitan agua próxima para no secarse.

Mapa 6. Vegetación del río San Pedro



SIMBOLOGÍA

- Rio-sanpedro-vegetacion.s.hp
- AGRICULTURA DE RIEGO
 - BOSQUE DE ENCINO
 - BOSQUE DE ENCINO / PINO
 - BOSQUE DE PINO / ENCINO
 - BOSQUE DE TASCATE
 - HERBAZAL
 - MATORRAL DESERTICO / MAT. ESPINOSO
 - MATORRAL DESERTICO / MAT. SUBINERME
 - MEZQUITAL
 - PASTIZAL CULTIVADO
 - PASTIZAL INDUCIDO
 - PASTIZAL NATURAL
 - PASTIZAL NATURAL / VEG. SEC. ARBUSTIVA
 - REPRESOS
 - URBANO

Fuente: Comisión de Ecología y Desarrollo Sostenible del Estado de Sonora.

Bosque de encinos

Es la vegetación arbórea donde los elementos dominantes son los encinos (*Quercus*). En el área se encuentra desde lomeríos bajos a partir de los 1,300 msnm hasta las partes medias de las montañas, delimita en la parte superior con bosques mixtos de pino y encino, en las partes bajas colinda con pastizal natural o matorrales desérticos. En la porción inferior el arbolado se encuentra espaciado a manera de sabana de encinos con abundantes gramíneas entre ellos, los árboles son de tronco corto y copa amplia hasta unos 8 metros de altura, en el estrato arbóreo se encuentran: encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellotero (*Quercus emoryi*), bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*), táscate (*Juniperus coahuilensis*) y mezquite (*Prosopis velutina*). En el estrato arbustivo se encuentran: manzanita (*Arctostaphylos pungens*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), saladito (*Rhus trilobata*), gatuño (*Mimosa dysocarpa*), dátil (*Yucca arizonica*), *Opuntia spinosior*, palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasyllirion wheeleri*), cóсахui del norte (*Calliandra eriophylla*), lechuguilla (*Agave palmeri*) y *Echinocereus rigidissimus*. En el estrato herbáceo se encuentran abundantes pastos como: navajita morada (*Bouteloua chondrosioides*), banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), navajita común (*Bouteloua gracilis*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), zacate araña (*Asistida ternipes*), zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate gigante (*Leptochloa dubia*) y hierbas como: *Cirsium arizonicum*, quelite (*Amaranthus palmeri*), cualmecate (*Ipomoea longifolium*), tomatillo espinoso (*Solanum eleagnifolium*).

Durante la estación seca del año, el follaje de algunos encinos se torna rojiza y en casos de sequía severa pueden perder la hoja, esto se observa en el encino bellotero (*Quercus emoryi*) y la bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*). En años recientes se han encontrado áreas de encinos y táscates muertos, la CONAFOR realizó una inspección fitosanitaria determinando que no era el resultado del ataque de alguna plaga o enfermedad, sino efecto de la sequía prolongada que se había registrado en la región desde fines de los años 90. El arbolado muerto dio lugar a una mayor disposición de leña que fue aprovechada por los propietarios.

Existe una idea muy difundida de ver el arbolado muerto como sinónimo de basura en el bosque o material combustible para incendios forestales, además de que son poco estéticos en el paisaje, por lo cual “debe ser retirado del bosque”, sin tomar en cuenta que dichos árboles muertos son el hábitat de multitud de insectos y hongos de la madera muerta, también debe considerarse que 85 especies de aves de norteamérica buscan árboles muertos para anidar como: la coa (*Trogon elegans*), búho manchado (*Strix occidentalis*), carpintero bellotero (*Melanerpes formicivorus*), chupa savia de pico amarillo (*Sphyrapicus varius*), carpintero de Arizona (*Picoides arizonae*), *Sitta pigmaea*, *Certhia americana*, etc. Los huecos en estos árboles también sirven de refugio a pequeños mamíferos del bosque tales como la ardilla gris (*Sciurus arizonensis*).

Este tipo de vegetación abierta requiere de incendios naturales periódicos para mantener su estructura. El sobrepastoreo ha disminuido los materiales combustibles disponibles cambiando el régimen natural de la frecuencia de incendios, dando la oportunidad para que se establezcan árboles y arbustos que de manera natural morirían en los incendios. Debido a esto se observa un incremento en la densidad de algunos arbustos principalmente manzanita y táscate. No es el caso de los encinos que son comidos por el ganado en los estados tempranos de su crecimiento, por lo que no se observa reposición de encinos y su densidad se reduce con el tiempo. El resultado es que los encinos son reemplazados por mezquites, manzanita y táscate, la densidad del arbolado de bosque se incrementa, haciendo posible incendios más intensos y dañinos.

En la parte montañosa el arbolado del encinar es más denso, se observa en encinos y táscales tallos múltiples, resultado del rebrote después de incendios intensos. Este efecto es una adaptación de las especies nativas a los incendios forestales, lo que se puede observar en las laderas de la Sierra La Mariquita en la parte que desciende a Cananea, en donde ocurrió un incendio intenso en 1997 que afectó el arbolado. En el estrato arbóreo se encuentran: encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellotero (*Quercus emoryi*), bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*), táscate (*Juniperus deppeana*), encino blanco (*Quercus hypoleucoides*), madroño (*Arbutus arizonica*), fresno (*Fraxinus velutina*), pino piñonero (*Pinus discolor*) y pino chimonque (*Pinus leiophylla* var. *chihuahuana*). En el estrato

arbustivo se encuentran: manzanita (*Arctostaphylos pungens*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), saladito (*Rhus trilobata*), *Yucca schottii*, palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasyllirion wheeleri*), maguey (*Agave parryi* var. *huachucensis*), *Garrya wrightii*, *Rhamnus betulifolia*, vid silvestre (*Vitis arizonica*), corona de indio (*Ceanothus fendleri*). En el estrato herbáceo: verbena (*Verbena carolina*), orégano (*Monarda austromontana*), *Vicia pulchella*, *Lupinus sp.*, *Erigeron spp.*, *Senecio carlomasonii*, *Delphinium spp.*, *Castilleja tenuifolia*. Hay pastos como: popotillo cizaño (*Andropogon microstachis*), popotillo delgado (*Andropogon tener*), tres barbas vagabundo (*Aristida shiediana*), zacate araña (*Asistida ternipes*), popotillo (*Bothriochloa barbinodis*), banderilla (*Bouteloua curtipendula*), *Bromas anomalus*, zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate lobero (*Lycurus phleoides*), zacate de toro (*Muhlenbergia emersleyi*), liendrilla de la montaña (*Muhlenbergia montana*) y zacate azul borreguero (*Poa fendleriana*).

Este tipo de vegetación ha sido usado como agostadero, se han aprovechado los táscales para postes de cercos por su durabilidad, las ramas y encinos secos han servido como leña, las cortas se ven con más frecuencia en la proximidad de los caminos. En 1979 la SARH dio un permiso para aprovechar tallos de encino para tutores de vid y tomateras. Dentro de la Reserva Ajos-Bavispe el permisionario de apellido Tarazón realizó una tala total indiscriminada en una hectárea de la Sierra de Los Ajos, afortunadamente por su capacidad de regeneración a partir de la raíz se recuperó el área afectada en pocos años. En las proximidades de Cananea se ve en la sierra el efecto nocivo del dióxido de azufre sobre la vegetación al ser transportado por los vientos. En las proximidades de Cananea es poco frecuente encontrar encinos grandes posiblemente por la tala y los incendios que ocurren con regularidad. Una medida para proteger el encinar puede ser verificar que los permisos para extracción de postes sean con métodos más afines al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Foto 1. Encino bellotero *Quercus emoryi* en encinal abierto del ejido Zaragoza. El arbusto en primer plano es manzanita *Arctostaphylos pungens*, los arbustos debajo de los árboles son táscales y encinos que se están estableciendo y cerrando la vegetación, por la falta de incendios naturales.



Foto 2. Encinal bajo en ladera media de la Sierra La Mariquita. El arbusto verde es el táscale *Juniperus deppeana*.



Bosques mixtos de pinos y encinos

En este bosque los elementos dominantes son encinos (*Quercus*) y pinos (*Pinus*), con dominancia variable de un sitio a otro, se localiza en las porciones medias y altas de las montañas de la región, en la parte superior puede colindar con el bosque de pinos y la porción inferiores con encinares. En el estrato arbóreo se encuentran: pino piñonero (*Pinus discolor*), pino chimonque (*Pinus leiophylla* var. *chihuahuana*), pino real (*Pinus engelmannii*), pino blanco (*Pinus strobiformis*), pino blanco (*Pinus arizonica*), encino blanco (*Quercus arizonica*), encino bellotero (*Quercus emoryi*), encino blanco (*Quercus hypoleucoides*), táscate (*Juniperus deppeana*), madroño (*Arbutus arizonica*) y fresno (*Fraxinus velutina*). En el estrato arbustivo se encuentran: manzanita (*Arctostaphylos pungens*), saladito (*Rhus trilobata*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), *Cercocarpus breviflorus*, corona de indio (*Ceanothus fendleri*), *Yucca schottii*, palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasyllirion wheeleri*), maguey (*Agave parryi* var. *huachucensis*), *Garrya wrightii*, *Ptelea angustifolia*. En el estrato herbáceo se encuentran: verbena (*Verbena plicata*), *Astragalus* sp., *Cologania lemmoni*, tomatillo (*Physalis hederifolia*), *Stevia serrata*. Hay pastos como: zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate lobero (*Lycurus phleoides*), zacate de toro (*Muhlenbergia emersleyi*), liendrilla de la montaña (*Muhlenbergia montana*), liendrilla robusta (*Muhlenbergia robusta*), zacate piñonero (*Piptochaetium fimbriatum*), triguillo (*Sitanion longifolium*).

Este tipo de vegetación ha sido objeto de aprovechamiento forestal, la extracción selectiva de pinos con el tiempo ha cambiado las proporciones de encinos y pinos. En el caso de incendios forestales también la mayor capacidad de regeneración de los encinos causa un avance temporal del encinal sobre los pinos, de estos últimos he observado en áreas incendiadas de la Sierra de los Ajos, regeneración a partir de las raíces en pino chimonque (*Pinus leiophylla* var. *chihuahuana*) y pino real (*Pinus engelmannii*). En estos sitios en la Sierra La Elenita a un lado de la carretera Imuris-Cananea, se observan cabañas campestres en las laderas de pobladores de Cananea. Igualmente se observan aprovechamientos mineros que abren caminos entre la sierra y montículos de rocas de las operaciones mineras, sin labores de restauración aún cuando a los lados de la carretera se ven enormes

anuncios, que pregonan intensas campañas de reforestación (cuyos resultados no son evidentes), sin mencionar que la procedencia de la mayoría de los árboles es de los viveros de la CONAFOR, ni que la reforestación la realizan elementos del Ejército Nacional. Lamentablemente en ocasiones han reforestado con especies de pinos que no son de la región como: *Pinus oocarpa* y *Pinus eldarica*, este último de origen Euroasiático, que puede desplazar a las especies nativas y cuya erradicación sería difícil y costosa. En estas áreas se ve un poco de actividad ganadera.

Foto 3. Bosque mixto de pinos y encinos en la cima de la Sierra La Mariquita. Los pinos son: *Pinus engelmannii*, *Pinus strobiformis*, el encino *Quercus arizonica*.



Bosque de táscate

Es un bosque bajo abierto de poca altura, donde el elemento dominante es el táscate, se distribuye en lomeríos bajos, mesas y partes bajas de la sierra, con pendientes suaves. Los árboles más comunes son: táscate (*Juniperus coahuilensis*), encino blanco (*Quercus*

arizonica), encino bellotero (*Quercus emoryi*), bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*) mezquite (*Prosopis velutina*). En el estrato arbustivo se encuentran: dátíl (*Yucca arizonica*), manzanita (*Arctostaphylos pungens*), mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), tarachique (*Dodonaea viscosa*), palmilla (*Nolina microcarpa*), serrucho (*Dasyilirion wheeleri*), lechuguilla (*Agave palmeri*), cósahui del norte (*Calliandra eriophylla*), *Echinocereus rigidissimus*. En el estrato herbáceo se encuentran: golondrina (*Euphorbia sp.*), quelite (*Amaranthus palmeri*), garbancillo (*Crotalaria pumila*), cualmecate (*Ipomoea longifolia*), *Dalea sp.*, con abundantes pastos como: banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita morada (*Bouteloua chondrosioides*), navajita común (*Bouteloua gracilis*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), tres barbas de semilla (*Aristida adscensionis*), zacate araña (*Asistida ternipes*), zacate galleta (*Hilaria belangeri*), zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate gigante (*Leptochloa dubia*). Este tipo de vegetación es dedicado a la actividad ganadera.

Herbazal

Es un tipo de vegetación con estrato herbáceo, con elementos anuales y perennes, en el área se encuentra próximo a Cananea contiguo al pastizal natural, es dedicado a la actividad ganadera.

Matorral espinoso

Vegetación arbustiva en la que el 70% o más de los elementos son plantas espinosas. Limita con el mezquital y el pastizal, en lomeríos bajos. Las especies arbustivas comunes son: ocotillo (*Fouquieria splendens*), mezquite (*Prosopis velutina*), garambullo (*Celtis pallida*), gatuño (*Mimosa dysocarpa*), palmilla (*Yucca elata*). En el área está dedicado a la actividad ganadera.

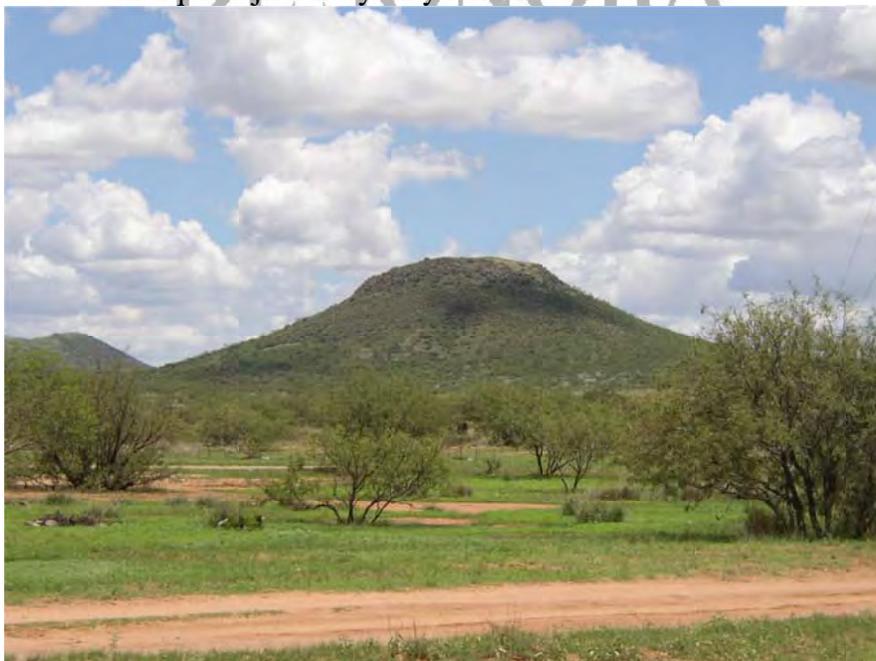
Matorral subinerme

Vegetación arbustiva con elementos espinosos entre el 30% y 70% en parte del municipio de Naco. Las especies arbustivas comunes son: la gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), mezquite (*Prosopis velutina*), garambullo (*Celtis pallida*). Es dedicado a la actividad ganadera.

Mezquital

Comunidad arbustiva dominada por el mesquite (*Prosopis velutina*). Se distribuye sobre amplias extensiones de Cananea y Naco, colindando con el pastizal natural, se puede encontrar: garambullo (*Celtis pallida*), gatuño (*Mimosa dysocarpa*). En su mayor parte se ven mezquites jóvenes de tallos delgados y muy ramificados, debido al estímulo del ramoneo del ganado, el mezquital ha extendido su superficie en las últimas décadas a expensas del pastizal natural. En áreas próximas de pastizal se puede ver la invasión por mezquites jóvenes, el sobrepastoreo elimina el material combustible para eliminar los arbustos espinosos, mientras el ganado esparce las semillas al consumir las vainas del mezquite en los potreros (foto 4).

Foto 4. Mezquital en las proximidades del ejido Cuauhtémoc. Como se aprecia son mezquites jóvenes y muy ramificados desde la base



Pastizal

En esta categoría se incluye aquella cubierta vegetal donde el papel dominante lo desempeñan las gramíneas, que tienen altura media de 0.5 a 1 metro de altura. Limita en su parte superior con encinales abiertos y en la parte inferior con mezquiales y matorrales desérticos. El fuego es importante en el mantenimiento de la estructura del ecosistema en este tipo de vegetación, rivalizando con el papel de la precipitación McPherson (1995). En el área el pastizal se distribuye en las partes bajas de la cuenca, sobre lomeríos suaves, bajíos y pequeñas planicies hasta altitudes de poco más de 1,300 msnm con suelos someros a profundos. Las especies más comunes de pastos son: popotillo (*Bothriochloa barbinodis*), banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita común (*Bouteloua gracilis*), navajita morada (*Bouteloua chondrosioides*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), navajita alacrán (*Bouteloua scorpioides*), zacate araña (*Asistida ternipes*), zacate llanero (*Eragrostis intermedia*), zacate lagunero (*Chloris virgata*), zacate gigante (*Leptochloa dubia*), zacate galleta (*Hilaria belangeri*), zacate toboso (*Hilaria mutica*), y en bajíos se encuentra como dominante el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*). Algunos árboles que pueden encontrarse aquí son: encino bellotero (*Quercus emoryi*), encino blanco (*Quercus arizonica*) bellota de cochi (*Quercus oblongifolia*), *Quercus grises*, táscate (*Juniperus coahuilensis*), mezquite (*Prosopis velutina*). En el estrato arbustivo se pueden encontrar: mesquitillo (*Mimosa biuncifera*), gatuño (*Mimosa dysocarpa*), cóсахui del norte (*Calliandra eriophylla*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), cowania (*Cowania mexicana*), vinorama (*Acacia constricta*), lechugilla (*Agave palmeri*), dátil (*Yucca arizonica*) y *Echinocereus rigidissimus*.

Este tipo de vegetación por su abundancia de gramíneas tradicionalmente ha sido aprovechado para la actividad ganadera, el sobrepastoreo ha favorecido la pérdida de suelo por procesos erosivos. La CONAFOR y la Reserva Forestal Nacional Forestal y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe en años recientes, han llevado a cabo programas de bordos en contorno para la retención de suelo y humedad, así como muros de piedra acomodada y gaviones en cárcavas y arroyos. La eliminación del material combustible por sobrepastoreo ha afectado el régimen natural de los incendios, lo que ha permitido el establecimiento de

arbustos leñosos como mezquites y uña de gato principalmente, modificando la estructura y composición del pastizal en un degradado mezquital que avanza progresivamente, por la dispersión de las semillas del mezquite por el ganado. Arias, *et al* (1999) observaron una reducción de casi 23,000 ha de pastizal entre 1973 y 1997, proponiendo actividades de repastización con pastos naturales para detener o revertir este proceso. En el ejido Zaragoza al margen derecho de la carretera a Agua Prieta, se encuentra una área de pastizal invadida por romerillo (*Bacharis sarothroides*), este predio fue dedicado a la agricultura de riego. En su restauración ha participado la Reserva Ajos-Bavispe mediante la remoción mecánica del arbusto con resultados moderados.

El pastizal desértico como el de Cananea son los últimos restos de pastizal americano que no han sido alterados significativamente (fotos 5 y 6).

Bosque de galería

Se da este nombre a agrupaciones arboladas que siguen el curso de corrientes de agua más o menos permanentes, se localiza desde las partes medias de la sierra al fondo del valle. En esta vegetación el suelo y humedad del suelo son influidos por el río o arroyo próximo, en la montaña el suelo suele ser delgado y pedregoso contrastando con los suelos profundos del río San Pedro en el valle. Estos ecosistemas ribereños procesan flujos de energía y materiales procedentes de aguas arriba.

EL COLEGIO
DE SONORA
BIBLIOTECA
GERARDO CORNEJO MURRIETA

Foto 5. Pastizal natural de Cananea



Foto 6. Pastizal natural en el ejido Ignacio Zaragoza invadido por mesquite (*Prosopis velutina*). Al centro se aprecia un bordo para la retención de humedad y suelo



El río San Pedro resalta entre el pastizal del valle por el arbolado del bosque de galería, aquí los árboles dominantes son caducifolios, perdiendo la hoja en la estación fría del año. Las especies más frecuentes son: álamo (*Populus fremontii*), sauce (*Salix goodingii*) con una densidad relativa promedio de 81.2 %, sauce (*Salix bonplandiana*), nogal (*Juglans major*) cúmaro (*Celtis reticulata*), mimbre (*Chilopsis linearis*), fresno (*Fraxinus velutina*), tamarisco (*Tamarix chinensis*). En el estrato arbustivo las especies más comunes son: batamote (*Baccharis salicifolia*), jécota (*Hymenoclea monogira*) y mezquites (*Prosopis velutina*) y (*Prosopis glandulosa*), *Chrysothamnus nauseosus*. En el estrato herbáceo los pastos más frecuentes son: zacate bermuda (*Cynodon dactylon*), liendrilla morada (*Muhlenbergia rigida*) zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) y zacate de amor chihuahuense (*Eragrostis erosa*). Entre las hierbas frecuentes se encuentran: quelite (*Amaranthus palmeri*), cardo (*Argemone mexicana*), *Astragalus wootonii*, cola de caballo (*Equisetum laevigatum*), girasol (*Helianthus annuus*), *Melilotus albus*, *Melilotus indicus*, uña de gato (*Proboscidea parviflora*).

Solís-Garza y colaboradores (2000) encontraron en ocho lotes de muestreo florístico 142 especies de plantas vasculares, las familias representadas por más especies son: Asteraceae, Poaceae y Leguminosae. En los arroyos del pie de las montañas es corriente encontrar el Aliso (*Platanus wrightii*). En los escurrimientos de las laderas de las montañas se pueden encontrar en el estrato arbóreo: álamo (*Populus fremontii*), fresno (*Fraxinus velutina*), nogal (*Juglans major*), palo de azúcar (*Acer grandidentatum*), júcaro (*Alnus oblongifolia*), aliso (*Platanus wrightii*) y en cañadas protegidas a más de 2000 msnm pinabete (*Pseudotsuga menziesii*): en el estrato arbustivo saladito (*Rhus trilobata*), *Ceanothus fendleri* y *Yucca schottii*; en el estrato herbáceo (*Bromus anomalus*), panizo bulbo (*Panicum bulbosum*), cola de caballo (*Equisetum hiemale*), los juncos *Juncus ensifolius* y *Juncus tenuis*, las enredadera vid silvestre (*Vitis arizonica*) y la hiedra (*Toxicodendron radicans*).

Las especies dominantes más importantes en la estructura del bosque de galería del río San Pedro son: el álamo *Populus fremontii*, el sauce *Salix goodingii*, mesquite *Prosopis velutina* y *Baccharis salicifolia* (Solís, et. al., 2000).

Este tipo de vegetación en regiones áridas como ésta, es de gran valor en la conservación de aves migratorias, pues sirven como corredor biológico (Mitsch 2000). Se estima que por el corredor biológico del río San Pedro anualmente cruzan más de cuatro millones de aves (Arias, *et al*, 1999). La porción del bosque de galería del río San Pedro en Arizona es Área Natural Protegida, lo que atrae a miles de observadores de aves cada año.

La amenaza más importante a este tipo de vegetación en la región es la reducción del nivel freático por el uso de agua en la industria minera, la agricultura y la ganadería. La estructura y composición de la vegetación son fuertemente impactadas por la introducción de ganado al plano de inundación del río. Parte de este bosque ha sido eliminado para la actividad agrícola que se realiza en sus proximidades, ya que para su riego se extrae agua del alto nivel freático en el plano de inundación, lo que puede afectar al bosque, pues requiere agua próxima a la superficie. Para reducir el impacto en estas áreas la CEDES del gobierno del estado de Sonora y la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe han colaborado para establecer zonas de exclusión en tramos del río San Pedro, pero es relativamente poco lo que se ha hecho en relación a la longitud del río y sus afluentes principales. Muchos propietarios se rehúsan a excluir del pastoreo tramos de bosque de galería en sus predios, lo que requiere de más labor técnica para exponer mejor los beneficios de estas acciones (foto 7).

Foto 7. Bosque de galería en el río San Pedro en el ejido Morelos. La especie arbórea dominante es el álamo *Populus fremontii*



Bosque de pinos

Este bosque se caracteriza por la dominancia de pinos, se localiza desde los 1,800 msnm, en cañadas protegidas, a la cima de las montañas más elevadas, en las sierras de Los Ajos, La Elenita, La Mariquita y la cima de la Sierra de San José. Los elementos dominantes cambian con la altitud, en las porciones bajas se encuentran: pino chimonque (*Pinus leiophylla* var. *chihuahuana*), pino real (*Pinus engelmannii*), pino piñonero (*Pinus discolor*), encino blanco (*Quercus arizonica*), encino blanco (*Quercus hypoleucoides*), madroño (*Arbutus arizonica*) y táscate (*Juniperus deppeana*), mientras en las partes más elevadas se encuentran: pino blanco (*Pinus arizonica*), pino blanco (*Pinus strobiformis*), encino de Gambel (*Quercus gambelii*) y nogal (*Juglans major*). En algunas cañadas de la sierra La Elenita pinabete (*Pseudotsuga menziesii*), palo de azúcar (*Acer grandidentatum*). En cañadas y laderas con exposición norte y más de 2,000 msnm se pueden encontrar

masas de álamo temblón (*Populus tremuloides*). En exposición norte de la cima de la sierra de San José está registrado pino real (*Pinus ponderosa* var. *scopulorum*). En el estrato arbustivo se encuentran: manzanita (*Arctostaphylos pungens*), saladito (*Rhus trilobata*), corona de indio (*Ceanothus fendleri*), *Yucca schottii*, maguey (*Agave parryi* var. *huachucensis*), *Garrya wrightii*. En el estrato herbáceo tomatillo (*Physalis hederifolia*), *Commelina dianthifolia*, *Cologania lemmoni*, *Rumex crispus*, *Stevia serrata*, trébol (*Oxalis alpina*), cebollin (*Allium plumerae*), *Vicia pulchella*, helecho (*Pteridium aquilinum*). Los pastos más comunes son: triguillo de Arizona (*Agropyron arizonicum*), *Bromus anomalus*, zacate de junio (*Koeleria cristata*), zacate de toro (*Muhlenbergia emersleyi*), liendrilla de montaña (*Muhlenbergia montana*), *Muhlenbergia sinuosa*, panizo bulbo (*Panicum bulbosum*), zacate piñonero (*Piptochaetium fimbriatum*), zacate piñonero alto (*Piptochaetium pringlei*) (foto 8).

En el bosque de pinos son comunes los líquenes en las ramas de los árboles, en la cima de la Sierra La Mariquita en ramas de *Pinus arizonica* a unos 2,480 msnm, los líquenes más abundantes encontrados son *Pseudevernia intensa* y *Usnea cirrosa* (foto 9).

Este tipo de vegetación ha sido sujeto a aprovechamientos forestales, actualmente no se encuentra bosque de viejo crecimiento, el cual tiene una estructura abierta. La zona está sujeta a incendios periódicos. Para este tipo de vegetación en la sierra de Los Ajos Dietrich (1983) estima una frecuencia de aproximadamente cuatro años. En la sierra de Los Ajos después de un incendio en este bosque aparecen nuevamente pinos, si están presentes encinos son los primeros en rebrotar. Es práctica común reforestar después de los incendios, sin determinar si es que se necesita realmente ni que especies son las presentes que requieren apoyo, introduciendo en ocasiones especies exóticas, que producen más problemas que los que solucionan.

Foto 8. Bosque de pinos en la cima de la Sierra La Mariquita. A la izquierda se ve el observatorio astronómico Guillermo Haro, a unos 2,500 msnm. Los pinos son: *Pinus arizonica* y *Pinus strobiformis*



EL COLEGIO

Foto 9. Ramas de *Pinus arizonica* en la Sierra la Mariquita. Los líquenes más abundantes encontrados son *Pseudevernia intensa* (color gris) y *Usnea cirrosa* (color verde)



III

FACTOR HUMANO

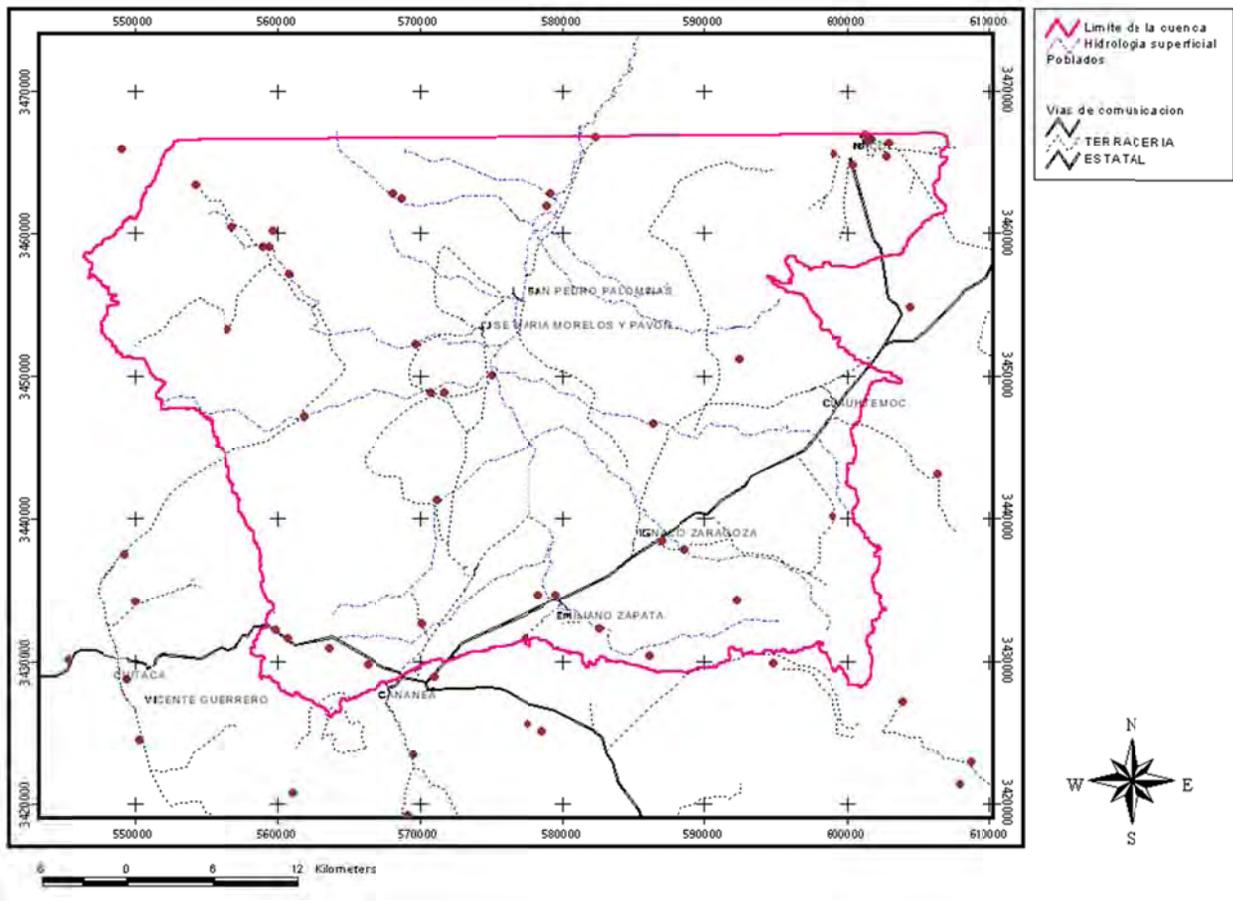
Medio socioeconómico

La porción mexicana de la cuenca del río San Pedro, se ubica dentro de los municipios de Cananea, Naco y Santa Cruz, que cuentan con asentamientos humanos. Entre éstos destacan dos ciudades, Cananea y Naco, y seis ejidos, ejido José María Morelos, ejido Ignacio Zaragoza, ejido Emiliano Zapata, y ejido Cuauhtémoc con centros de población (mapa 7).

Algunos ejidos del área no se encuentran delimitados en un solo municipio, tal es el caso del ejido José María Morelos que se localiza dentro de los municipios de Cananea y Naco. Este es el único ejido de la cuenca que cuenta con dos comunidades, el poblado José María Morelos que pertenece al municipio de Cananea, y el poblado San Pedro Palominas que se ubica en el municipio de Naco.

Muchos de los ejidatarios que tienen derechos vigentes tienen casa, tanto en el poblado del ejido, como en la ciudad más próxima, ya sea Cananea o Naco.

Mapa 7. Localidades principales de la cuenca del río San Pedro



Demografía

Los asentamientos poblacionales existentes se encuentran localizados principalmente en los municipios de Cananea y Naco. Aun y cuando el municipio de Santa Cruz ocupa una porción importante de la cuenca, la mayor parte de la población se encuentra en los municipios antes mencionados.

Se tienen reportados en los censos varios asentamientos humanos, tal como se muestra en el cuadro 2, donde se presentan por municipio y población desde 1970 hasta 2005. Es conveniente mencionar que la mayoría son pequeñas rancherías, muchas de ellas abandonadas como se puede observar por la población reportada en los últimos censos.

Como se aprecia, en las ciudades más grandes, Naco y Cananea, que se encuentran dentro del área de estudio, el crecimiento ha sido constante, especialmente en Cananea. Esto es comprensible cuando se considera que en las ciudades existen mayores oportunidades de empleo y servicios que mejoran el bienestar humano.

Cuadro 2. Localidades y población en la cuenca del río San Pedro

Municipio	Nombre de la localidad	Población total					
		1970	1980	1990	1995	2000	2005
CANANEA	Cananea	17,518	19,551	24,967	27,614	30,515	31,067
	Campitos, Los	1	59			7	1
	Ciénega, La	9	5			2	7
	Chontes, Los	5	14			1	
	Emiliano Zapata	183	247	257	255	180	185
	Ignacio Zaragoza (La Mesa)	261	326	331	270	242	174
	Jose María Morelos y Pavón (Sauceda)	246	330	344	255	174	100
	Nutrias, Las	56	13				
	Quemado, El	5	5			5	
	San Rafael	7	2				
	Sauceda	5	12				
	Uno, El	4	5			6	5
	Martínez		3				
	Linda Vista						
	Rincón del Burro, El					1	
	San Juan	7	6		7	7	5
	Inspección Aduanal						
	Zona de Tolerancia					13	6
	Establo, El					7	
	Estación Sauceda	92		12	22		
	El Sauz	32	10				
	Cabañitas, Las						
	Catalina						
	Cañón de Evans		1				1
	Dos Arbolitos, Los						3
	Mi Ranchito (El Piojito)						
Mijares							
Misión, La				7	2	4	

Municipio	Nombre de la Localidad	Población Total					
		1970	1980	1990	1995	2000	2005
NACO	Naco	3,580	3,742	4,035	4,331	4,896	5,608
	Cuauhtémoc	280	345	341	317	310	223
	Parcela Delgado	6	7			3	2
	San Pedro	184	142	155	142	136	94
	Pedregón (El Pedregón)			10			1
	Corrales, Los					1	6
	Ojo de Piedra	5			42		
	Tule, El						5
	Pompita del Sauz, La	4					1
	Bombita, La						1
	Jose Arrizón						
	Parcela Escolar						
	Corrales, Los	2					6
	Milpa El Pedregón						3
	Papalote El Tule						
	Rancho La Evita						
	Trinidad Salazar						
	Bellota, La						
SANTA CRUZ	Álamo Gordo (La Casona)	4					
	Corral de Enmedio	7					4
	Chale, El	6				2	3
	Chivas, Las	2				6	1
	Fresnos, Los	13					4
	Terrenate Viejo (Terrenate)	5					
	Rancho La Mesa						
TOTAL	22,529	24,825	30,452	33,262	36,516	37,520	

Para el 2005 se cuenta con una población urbana de 31,067 habitantes, localizada en la ciudad de Cananea, una población semirural de 5,608 y una rural de 845 personas, sumando un total de 37,520 habitantes de la cuenca del río San Pedro (cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución de la población en la Cuenca del Río San Pedro

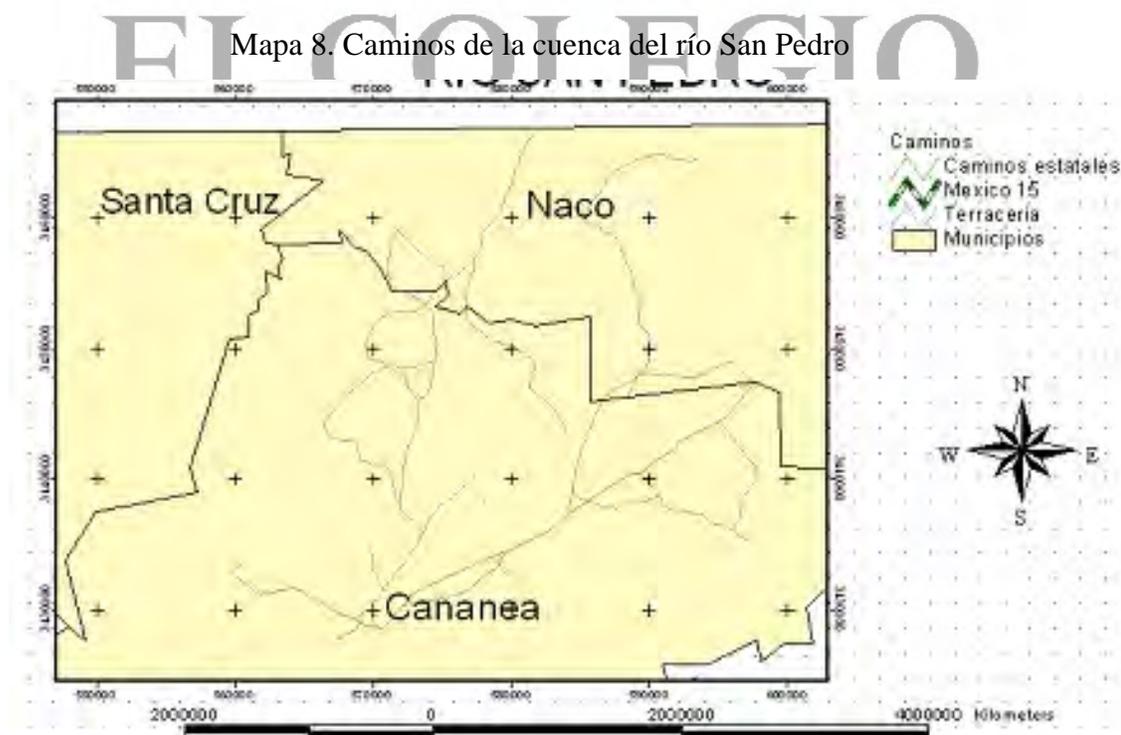
Distribución	Población	Porcentaje
Urbana	31,067	82.80
Rural	845	2.25
Semirural	5,608	14.95
Total	37,520	100.00

Del cuadro 3, se advierte que el 17.20 % de la población de la cuenca del río San Pedro en México es prácticamente rural, y el único asentamiento urbano es la ciudad de Cananea, que se encuentra prácticamente en el parteaguas con la cuenca del río Sonora. Este asentamiento tiene un elevado impacto sobre la cuenca, por su población y actividades económicas, principalmente la minería.

Vías de comunicación

Carreteras

La cuenca es cruzada por la carretera federal número 2 tramo Cananea-Agua Prieta. De ella se desprenden caminos de terracería, uno de ellos sale contiguo a las vías del tren y se divide, comunica al poblado de Santa Cruz por un lado, llegando al poblado de Jose María Morelos y San Pedro Palominas, siguiendo rumbo norte para llegar a la frontera, de donde continúa al este para llegar a Naco. La carretera comunica a Cananea con Agua Prieta y Naco, comunicando con terracerías a los ejidos y ranchos próximos.



Ferrocarril

En la cuenca se encuentra una vía férrea que comunica Cananea con Naco, es propiedad de Ferromex transportando productos de la mina de Cananea a Naco de donde son enviados a otros puntos del estado, del país y del extranjero.

Medios de transporte

Transporte aéreo

Cananea cuenta actualmente con una pista aerea municipal asfaltada de 2 km de longitud ubicada en terrenos del ejido Ignacio Zaragoza, próximo a la carretera, donde llegan avionetas del gobierno y del Grupo México dueño de la mina de Cananea. El Grupo México dispone de un helipuerto en las instalaciones de la mina, a un lado de la planta concentradora. Helicópteros de las diferentes corporaciones policiacas descienden en terrenos baldíos en diferentes puntos próximos a la ciudad.

Medios de comunicación

Los poblados de Cananea y Naco cuentan con sistema de telefonía urbana que permite el servicio local y de larga distancia nacional e internacional proporcionados por la empresa Telmex, En los ejidos Emiliano Zapata, Ignacio Zaragoza y Cuauhtémoc cuentan con Sistema de Telefonía Rural proporcionado por Telmex. La región está cubierta con sistema de telefonía celular por la empresa TelCel, con repetidoras en Cananea y Agua Prieta. La empresa de telefonía celular Movitel está iniciando el servicio en Cananea. Asimismo, Cananea y Naco cuentan con servicio de Internet.

En Cananea y Naco cuentan con servicio de correo y telégrafo como medios de comunicación al interior del estado y con el resto del país.

Tenencia de la tierra

En el área de estudio está constituida por cinco comunidades ejidales (el ejido Naco tiene como asentamiento humano el poblado de Naco), una zona urbana y alrededor de 50 predios de propiedad privada, que representan aproximadamente el 66.28%, el 4% y el 29.64% respectivamente de la superficie total (cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie de los ejidos y propiedades privadas dentro de la cuenca

Tenencia de la Tierra	Municipios	Área (ha)	Porcentaje
Ejido José Ma. Morelos	Cananea, Naco	55,701.1	31.26%
Ejido Cuauhtémoc	Naco	24,209.3	13.59%
Ejido Emiliano Zapata	Cananea	8,596.4	4.82%
Ejido Ignacio Zaragoza	Cananea	25,414.3	14.26%
Ejido Cananea	Cananea	4,200.0	2.35%
Propiedad Privada	Santa Cruz, Cananea, Naco	52,818.0	29.64%
Ejido Naco	Naco	7,288.7	4.08%
Total cuenca		178,227.8	100%

Actividades económicas

El Censo de Población y Vivienda de INEGI para el año de 2000, muestra que en el municipio de Cananea había una población económicamente activa de 11,216 habitantes, de la cual 11,079 tenían empleo. La población ocupada se distribuía de la siguiente manera: 2,213 en el sector primario, 3,011 en el secundario y 5,855 en el terciario. De forma similar, en el municipio de Naco la población económicamente activa era de 1,791, de la cual contaban con trabajo 1,779 personas, distribuidas 120 en el sector primario, 730 en el secundario y 929 en el terciario. Esto muestra una importante participación de la población económicamente activa en el sector terciario, fundamentalmente en la industria maquiladora. En el sector primario el mayor empleador es la industria minera. En las poblaciones rurales domina el sector primario, principalmente la ganadería y agricultura. El cuadro 5 muestra la distribución de la población económicamente activa en los diferentes sectores.

Cuadro 5. Población Económicamente Activa y su ocupación en los sectores productivos en 1990 en la cuenca del río San Pedro

Localidad	PEA	PEI	Población Ocupada	Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario
Cananea	11,261	12,016	11,079	2,213	3,011	5,855
Naco	1,791	1,842	1,779	120	730	929
Total	13,052	13,858	12,858	2,333	3,741	6,784

Fuente: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.

La derrama económica más importante de la región la produce la industria minera. La mina de Cananea genera 1,550 empleos directos y 800 indirectos por medio de contratistas (comunicación personal del Ing. Víctor del Castillo, responsable del Departamento de Ecología, Grupo México).

Agricultura

La cuenca cuenta con una superficie de 1,630 hectáreas abiertas a la agricultura, de las cuales en el primer semestre del 2006 solamente se cultivaron 211 hectáreas. El principal cultivo fue la alfalfa con 114 hectáreas, como apoyo a la actividad ganadera. Las áreas agrícolas se limitan a las proximidades de las corrientes principales de la cuenca y márgenes del río San Pedro. La mayor parte de los terrenos agrícolas están abandonados, por lo que es una actividad económica que ha perdido importancia en la región.

Ganadería

La ganadería es la actividad económica que ocupa mayor extensión en la cuenca. El número de especies de ganado bovino se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Existencia de ganado en 2005 en la cuenca del río San Pedro, municipio de Cananea, Sonora

Tipo de Predio	Bovinos
Prop. Privada Sta.Cruz	0
Ejido Naco	0
Prop. Privada (Cananea)	3,222
Ejido Cananea	206
Ejido E. Zapata	3,932
Ejido J.M.M.Morelos	6,582
Ejido J.M.M.Morelos	4,922
Ejido I. Zaragoza	4,784
Ejido Cuauhtemoc	0
Total	23,648

Fuente: Censos Ganaderos del 2005 de la Asociación Ganadera Local de Cananea, Sonora.

Minería

Es la actividad económica que genera mayor riqueza, aunque también la que genera mayores problemas ambientales. En la cuenca se encuentran la mina de Cananea en Cananea, y la mina María ubicada en el parteaguas de la cuenca del río San Pedro en el Puerto de Cananea en la Sierra La Mariquita. La mina de Cananea genera 1,550 empleos directos y 800 indirectos; en operación se extraen de la mina 400,000 toneladas de mineral al día. Las instalaciones de la concentradora procesan 76,000 toneladas de mineral diarios para molienda, produciendo 1,400 toneladas de concentrado de cobre. Tiene dos plantas ESDE para proceso hidrometalúrgico que dan 155 toneladas de cobre catódico diarios y 1,550 toneladas de cobre diarias, una por cada trabajador empleado. Entre la mina La Caridad y la de Cananea ambas del Grupo México, generan el 95% de la producción total de cobre en México. Esta mina es la principal fuente de contaminación por metales pesados tanto en el río San Pedro como el río Sonora, de aguas contaminadas de las presas de jales que se filtran a dichos ríos. La empresa reportaba a principios del 2001 que usaba en Cananea 14 millones de metros cúbicos anuales de agua para sus procesos. Se estima que la recarga en la cuenca del río San Pedro es de 22 millones de metros cúbicos anuales. El área desprovista de vegetación por la actividad minera en el parteaguas de los ríos Sonora y San Pedro es de más de 3,000 hectáreas, en las que no se ve ningún intento efectivo de reforestación.

Impacto del hombre en la vegetación

El censo de población del año 2005 indica para Cananea 32,157 habitantes, de los cuales el 96.61% viven en la ciudad de Cananea, la que se encuentra entre las cuencas de los ríos Sonora y San Pedro. Las diferentes actividades humanas han impactado de manera heterogénea la vegetación natural. El establecimiento y ampliación de las áreas urbanas ha eliminado la cubierta vegetal nativa. Cananea se encuentra ubicada en la zona que corresponde a un encinal abierto, en algunas fotografías de la ciudad de principios del siglo XX, se puede apreciar dicha vegetación en el fondo. En los jardines de la ciudad se encuentran especies introducidas que incluyen cipreses, *Abies* sp., *Pinus silvestris*, *Magnolia* sp., que son plantas propias del clima templado frío. Sin embargo, en años recientes se han introducido en los camellones sahuaros, palmas *Washingtonia* sp., que no son propias de la región. Los poblados de los ejidos José María Morelos, Ignacio Zaragoza y Emiliano Zapata se localizan en la zona de pastizal natural, en los patios de las casas pueden verse Cipreses y huertos de manzano y membrillo.

El promedio del coeficiente de agostadero para el municipio de Cananea es de 19.3 hectáreas por unidad animal, siendo la superficie de la cuenca del río San Pedro de 18,330 km². Se tienen 7.75 hectáreas por cabeza de ganado vacuno, que es un sobrepastoreo de más del 200%. Con este sobrepastoreo no queda material combustible para los incendios naturales en el pastizal. Según McClaran y Van Devender (1995) el pastizal requiere de un incendio cada 5 años para mantenerse y no ser invadido por arbustos leñosos. En el área de pastizales se observa invasión de arbustos leñosos y son raros los incendios.

El deseo de los ganaderos de mejorar la productividad de sus agostaderos sobrepastoreados, obliga a buscar otras alternativas a las especies nativas de pastos. Así, en ranchos colindantes a la Reserva Ajos-Bavispe en la Sierra de Los Ajos, se está sembrando una variedad de zacate buffel resistente al frío, que lentamente se está extendiendo. La introducción de esta variedad de pasto africano, representa una seria amenaza a la ya mermada diversidad de pastos nativos, a los cuales fácilmente desplazaría, pudiendo también incrementar la frecuencia e intensidad de los incendios forestales en las sierras de

la región. Lamentablemente estos trabajos de introducción de especies exóticas no incluyen un programa de monitoreo sobre su impacto en la vegetación, flora y fauna nativas.

La actividad minera de Cananea se desarrolla desde 1860, principalmente en el área montañosa próxima. En el mineral el aprovechamiento es a cielo abierto y se ubica en la zona de encino y bosque mixto de pino y encino, a excepción de un viejo aprovechamiento en la Sierra La Mariquita, en el sitio conocido como “Puertecitos”, que se encuentra dentro del área de bosque de pinos. Aparte de la eliminación permanente de la cubierta vegetal, se observa una pérdida severa del suelo desnudo.

El paisaje de los bosques de las sierras de La Mariquita y La Elenita es un atractivo para los paseantes, que pueden acceder por los numerosos caminos de terracería existentes. Esto acarrea problemas de basura, incendios forestales, entrada de leñadores y cazadores furtivos, sobre los que hay poca vigilancia y control por autoridad alguna.

Los bosques de la región son bosques jóvenes, las minas a principios del siglo XX requirieron grandes cantidades de madera para apuntalar los tiros de las minas, aprovisionándose de madera de los bosques próximos. La extracción al principio fue selectiva sobre los pinos, que son las especies maderables, pero al crecer la población se incrementó el consumo de leña de encino, por lo que es difícil encontrar árboles maduros.

El bosque de galería en el río San Pedro ha sido eliminado en algunas partes para el establecimiento de agricultura de riego, que incluye la siembra de forrajes para el ganado, maíz y en otros tiempos huertos de manzana.

Después de la minería la principal actividad económica tradicional es la ganadería, practicándose en todos los tipos de vegetación. El sobrepastoreo en el pastizal natural ha favorecido la invasión de mezquite (*Prosopis velutina*) en amplias áreas prácticamente desprovistas de vegetación con la pérdida de pastos nativos y problemas de erosión.

Los incendios forestales se presentan en la estación seca del año desde marzo extendiéndose hasta fines de junio o mediados de julio dependiendo de la llegada de las lluvias de verano. El efecto del fuego es diferente en cada tipo de vegetación así, el pastizal y el bosque bajo y abierto de encinos requieren del fuego para mantener su estructura abierta, sin embargo, el sobrepastoreo ha eliminado los pastos y hierbas combustibles, cambiando el régimen de incendios naturales y facilitando el establecimiento de arbustos leñosos, como es el caso de grandes extensiones de los pastizales de los ejidos Morelos, Zapata y Zaragoza, que de continuar se convertirán en mezquiales de menor productividad ganadera. En las sierras La Mariquita, La Elenita y Los Ajos el incendio en bosques mixtos de pino y encino favorece la eliminación de la mayoría de los pinos en incendios severos, pues los *Juniperus*, *Quercus* y manzanita rebrotan a partir de la raíz, generando un bosque de encinos que posteriormente y con lentitud será colonizado por pinos.

En el lado de Estados Unidos de la cuenca del río San Pedro, existen amplios proyectos de desarrollo urbano que conllevan la eliminación de la vegetación y flora nativas. Los grupos conservacionistas han identificado las alternativas de desarrollo y puntos en conflicto. Steinitz *et al* (2003) señala que en México las amenazas a futuro están relacionadas con el incremento en las extracciones de agua en la cuenca con fines mineros y agrícolas que, como se indicó en la descripción del bosque de galería, ponen en peligro ese bosque por requerir niveles freáticos altos.

Esfuerzos de conservación

El primer esfuerzo de conservación de la naturaleza en el área, corresponde al decreto presidencial emitido por el presidente de la república, general Lázaro Cárdenas del Río en 1936, con el que se establece en terrenos propiedad de la Nación, la Reserva Forestal Nacional Sierras de Los Ajos. Buenos Aires y La Púrica, con una extensión de 21,494 hectáreas de bosques de pinos y encinos. Posteriormente en 1939 se emite un segundo decreto que amplía el anterior a terrenos nacionales de las sierras Pilares de Teras, Pilares de Nacozari, Sierra La Madera y El Tigre, ampliando la superficie a más de 180,000 hectáreas, agregando la categoría de Refugio de Fauna Silvestre. Esta Área Natural

Protegida abarca una pequeña extensión de la cuenca del río San Pedro en su porción de la Sierra de Los Ajos.

El 8 de septiembre de 1987 se realizó la ceremonia de inauguración del Observatorio Astrofísico “Guillermo Haro” en Cananea, instalado en la cima de la Sierra La Mariquita, en uno de los parteaguas de la cuenca del río San Pedro. Se encuentra en 2,000 hectáreas de terrenos expropiados al ejido José María Morelos. Aún cuando la misión de la institución es la observación astronómica, en su terreno no se permite la tala ni la caza, por lo que funciona como una Área Natural Protegida sin serlo.

En 1993 el Centro Ecológico de Sonora propuso la conservación de la naturaleza en la cuenca del río San Pedro a través de dos propuestas, una incluyendo la Sierra de La Mariquita y el Río San Pedro elaborada por Meléndrez (1993), en la que recoge todo el conocimiento del medio físico y biológico disponible a la fecha para sustentar la protección del área. La otra propuesta era el establecimiento de una zona de amortiguamiento alrededor de la Fracción 4 de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, la cual incluía una porción de la cuenca del río San Pedro desde los límites de la Reserva hasta la carretera que conduce de Cananea a Agua Prieta (Garza, 1993). Lamentablemente ninguna de las propuestas fructificó en un decreto de Área Natural Protegida. Los intereses de poderosas empresas mineras instaladas en la región influyeron para que no prosperaran.

En 1999 la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora con el apoyo de North American Wetland Conservation Council, elaboró un Plan de Manejo de la cuenca del río San Pedro en Sonora, en el que se describen las características, físicas, biológicas y socioeconómicas del área, basado en recopilación bibliográfica y recorridos de campo. El equipo técnico dio cuenta del proceso de avance de los mezquiales a expensas del pastizal natural y propuso medidas para conservar el ambiente ribereño del río y del pastizal natural (Arias 1999). Las ideas expresadas para el manejo son buenas pero ha faltado la institución que retomara la propuesta y la lleve a cabo.

En el 2002 la Reserva Ajos-Bavispe lanza una ambiciosa propuesta para ampliar el Área Natural Protegida ya existente y comunicar las fracciones aisladas de la misma, incluir la Sierra de Huachinera y extenderse a toda la cuenca del río San Pedro. Al inicio de la recabación de cartas de apoyo de los ejidos se encontró apoyo. Posteriormente las protestas de grupos mineros por no haberseles consultado en el proyecto, impidieron proseguir con el proceso un tiempo, después del cual se propagaron rumores entre los ejidatarios y propietarios sobre posibles expropiaciones. Que el proyecto tenía el objetivo de limitar el uso de sus predios, que se les sacaría el ganado de sus ranchos, incluso que se introducirían serpientes venenosas. Desde ese momento, se dio una campaña en contra del proyecto “Mavavi”, organizada por la Unión Ganadera Regional, que giró instrucciones a sus afiliados de no apoyar el proyecto. Después de fuertes debates y confrontaciones el proyecto fue abandonado.

En 2004, la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora acordó con los propietarios de predios colindantes con el río San Pedro, cercar el bosque ribereño y reducir el impacto del ganado sobre el arbolado del río, solicitando el apoyo de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe para realizar las obras. Se instalaron bebederos para el ganado fuera del río, se cercó el bosque y se dotó con bombas para la extracción del agua, procurando no afectar los intereses de los propietarios. Sin embargo, en visitas realizadas al área en años recientes se puede observar que los propietarios siguen dando libre acceso al ganado (foto 10), no cumpliendo con su parte del acuerdo. Esto se debe a la falta de seguimiento del proyecto, al escaso presupuesto, además de los movimientos frecuentes de personal en la CEDES.

En 2006, The Nature Conservancy en México, con el apoyo de las ONG mexicanas Biodiversidad y Desarrollo Armónico (BIDA A.C.) y Naturalia A. C., con el fin de proteger y conservar la naturaleza, adquirieron el Rancho Los Fresnos, en el municipio de Santa Cruz, dentro de la cuenca del río San Pedro. Se trata de 4,500 hectáreas de pastizal natural en muy buenas condiciones y ciénegas con alta diversidad biológica. En él dieron inicio quemas prescritas para restablecer el régimen natural del fuego, invitando a propietarios de predios vecinos para que puedan ver los resultados de estas prácticas en el pastizal.

Foto 10. Interior de una “Área de exclusión” realizada en el río San Pedro por la CEDES en colaboración con propietarios. Se aprecia excremento de res y sobrepastoreo. Estas áreas no han cumplido su función de proteger la vegetación de la zona ribereña



EL COLEGIO

El 2008 la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), nombra un nuevo Director para la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. El nombramiento incluye la cuenca del río San Pedro, que si bien no cuenta con decreto, cuenta con la clave RTP-41 y es considerada como una Región Terrestre Prioritaria de México por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Esto permite que la Reserva Ajos-Bavispe, aún sin decreto para la cuenca del San Pedro, pueda realizar labores de restauración y conservación en acuerdo con los propietarios de los predios.

CONCLUSIONES

La vegetación está fuertemente influida por los factores climáticos, temperatura, precipitación, heladas y el impacto del hombre en sus actividades. En la cuenca la vegetación de las montañas es de bosques y la de las partes bajas pastizal y matorrales desérticos, modelado y limitado de manera natural por la precipitación y el fuego. En el pastizal la precipitación no es suficiente para poder sostener una vegetación arbórea y los incendios periódicos impiden el establecimiento de arbustos del matorral desértico y la introducción de pastos no nativos como *Eragrostis lehmanianna*, *Cynodon dactylon*. La introducción experimental de buffel frío *Cenchrus ciliaris* que puede extenderse a la cuenca, conllevó a un sobrepastoreo en los terrenos ejidales y algunos particulares, rompiendo el régimen natural de incendios. El ganado mismo que no es cuarentenado antes de soltarlo en los potreros ha sido un agente dispersor del mezquite y otros arbustos del desierto. Ello conduce a lo observado por Arias (1999): una reducción en la superficie del pastizal, a favor del mezquital y matorral desértico. La precipitación es muy variable, hay menos frecuencia de picos de alta precipitación en la primera mitad del siglo XX, que en la segunda. Aubréville (1949) acuñó el término desertificación, que se define como el proceso de degradación de los terrenos en áreas de clima árido y subhúmedo, influido por las actividades humanas y las variaciones climatológicas, acompañadas de pérdida de diversidad biológica y productividad. Todo ello se ve en la parte del pastizal natural, por lo que se puede afirmar que actualmente se presenta un proceso de desertificación en esta parte de la cuenca.

El bosque de galería del río San Pedro es un hábitat importante para aves migratorias, el impacto más importante es el del ganado, que elimina los renuevos de algunas especies de árboles selectivamente influyendo en la composición del mismo. Los intentos por proteger este bosque del ganado no han fructificado debido a una falta de compromiso de los propietarios que no encuentran ninguna ventaja en cercar y limitar el acceso del ganado al río, como de las instituciones que los llevan a cabo, que no dan seguimiento a sus proyectos. La reaparición reciente del castor en la región, plantea un problema serio de

conservación, por un lado, el castor es una especie considerada en peligro de extinción por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, que originalmente se encontraba en la cuenca, por otro, su actividad en el bosque está eliminando sauces y álamos, amenazando cambiar la composición y estructura del bosque. Si bien tanto la Reseva Ajos-Bavispe como el Rancho Los Fresnos ya iniciaron labores de amallado de árboles falta tiempo para corroborar la efectividad de la medida. El requerimiento del bosque de galería de disponer de agua superficial, puede verse amenazado por las extracciones de agua de los campos agrícolas próximos al río San Pedro.

El bosque de encinos es muy variable en su estructura y composición según la altitud, en las porciones bajas es un arbolado alto y abierto, mientras en las altas más bajo y denso. Aquí se ha encontrado mortandad de encinos especialmente en las laderas soleadas de exposición sur, causadas por sequías, pero la presencia de ganado en este tipo de vegetación elimina los renuevos, encontrando una sustitución de encinos por mezquites y táscales. Este también es un proceso de degradación de la vegetación.

El bosque de pinos se localiza en las partes altas, el que se encuentra ahora, es un bosque secundario que reemplazó al bosque de pinos de viejo crecimiento original, talado desde fines del siglo XIX, que proporcionó madera para apuntalar los tuneles de las minas. Este bosque en la Sierra La Elenita se encuentra dentro de los derechos de la mina de Cananea para futuras ampliaciones, por lo que a mediano o largo plazo será eliminado. Este bosque está en una porción muy reducida de la Sierra la Mariquita, protegido dentro de las 2,000 hectáreas del Observatorio Astronómico Guillermo Haro del INAOE.

El régimen natural de los incendios forestales en las montañas se ha incrementado, la mayoría son provocados por campistas descuidados y por sembradores de marihuana al quemar la basura en las cañadas de la sierra donde tienen agua disponible.

Desde principios de 1900 hasta los años 90, en Cananea operó una fundición para el cobre, que junto con la de Nacozari y Douglas en Arizona, producían grandes cantidades de dióxido de azufre produciendo lluvia ácida. Lamentablemente no existen registros de ello,

pero sí las evidencias indirectas en la Sierra de Los Ajos en el Cerro de Las Flores en donde se encuentra un bosque de abeto *Abies concolor*, especie sensible a la lluvia ácida y se aprecia una mortandad vieja de árboles no atribuible al ataque de alguna plaga forestal.

En la región se observa un incremento de la población, especialmente la urbana, con el abandono consecuente de las comunidades rurales. Las áreas urbanas de Cananea y Naco se han extendido para proporcionar habitación y servicios a su creciente población. A los lados de la carretera que va de Cananea a Agua Prieta se han establecido hoteles, restaurantes, engordas de ganado y centros de esparcimiento a expensas del pastizal natural.

Steinitz, *et al*, (2003), mostraron que en la cuenca del río San Pedro en el lado de Arizona solamente, 40% del área es propiedad privada y el resto es administrada por dependencias del gobierno, mientras en Sonora el 29.64% es propiedad privada y el restante 70.26% es de régimen ejidal. Los terrenos del INAOE en la Sierra la Mariquita no comprenden ni el 1% del 29.64 mencionado y la Reserva Ajos-Bavispe limita con el parteaguas de la cuenca por lo que tampoco aporta una superficie significativa. Mientras en Arizona gran parte del área tiene fines recreativos, en Sonora la actividad ganadera es la más importante por su extensión. En la evaluación de los impactos consideran a la agricultura y a la urbanización como las principales fuentes de estrés ambiental en la cuenca. Pero en el lado de Sonora identifican que las áreas agrícolas se han reducido y los desarrollos urbanos se manifiestan en Naco y Cananea. Sin embargo, en mi opinión, el factor más importante de este lado de la frontera tanto políticamente como económicamente, seguirá siendo la mina de Cananea, ya que frustró un intento de ampliación de la Reserva Ajos-Bavispe y puede impedir el establecimiento de parte del gobierno de otra Área Natural Protegida en la región.

Sugerencias para la conservación y restauración de la vegetación

En los bosques de montaña son frecuentes los incendios forestales, los sitios mas impactados han sido reforestados por la CONAFOR y las empresas mineras locales. Desafortunadamente las reforestaciones no se realizan con las especies propias de cada área incendiada, de acuerdo a su tipo de vegetación y especies que corresponden a cada sitio,

incluyendo la introducción de especies ajenas a la región. Muchos de los incendios ocurren en la zona de bosque de encino, las especies locales están adaptadas al fuego y rebrotan, introducir pinos no será exitoso ni recomendable. La reforestación debe ser en la estación de lluvias de verano, que es la más adecuada para efectuarla, con un monitoreo de los porcentajes de supervivencia de árboles plantados.

Es necesario realizar inventarios florísticos completos y detallados, que permitan ubicar en el área la distribución de plantas raras, amenazadas o en peligro de extinción, con los cuales estar en condiciones de localizar en mapas los sitios importantes donde se encuentran las diversidades mayores de flora y fauna, y establecer las estrategias de protección y conservación.

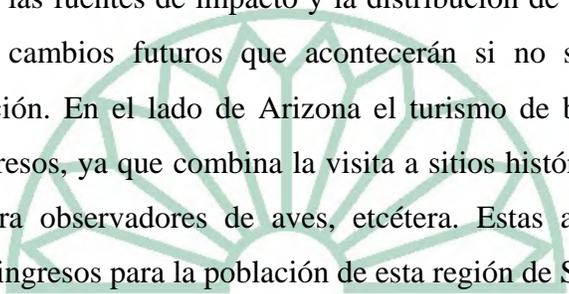
En el cauce del río San Pedro la CEDES ha establecido áreas de exclusión, con la finalidad de restringir el impacto del pastoreo en la vegetación ribereña, pero en los recorridos de campo se encontró que ninguna de ellas funciona como tal, pues los propietarios han seguido pastoreando estos sitios sin restricción alguna. Es necesario llevar a cabo con los propietarios una mayor labor de convencimiento e instalar parcelas demostrativas en sus predios para convencerlos de este tipo de manejo.

En las áreas de pastizal natural algunos ejidatarios ya establecieron áreas de exclusión de ganado, para ayudar a la dispersión de los pastos nativos. Los propietarios con los que trabajó la CEDES y la Reserva Ajos-Bavispe, han respetado estas áreas y se vio interés de otros por establecer exclusiones similares en sus predios. Pueden promoverse más estos trabajos, pero es necesario darles seguimiento y medir su efecto de manera cuantitativa y cualitativa. Las quemas prescritas demostrativas que lleva a cabo el Rancho Los Fresnos, serán de utilidad invitando a ejidatarios y propietarios, para que puedan constatar los efectos positivos de estas prácticas bien llevadas a cabo. Deben realizarse prácticas mecánicas de remoción de mezquites en los pastizales invadidos y establecer áreas de exclusión para pastos nativos que ayuden a su restauración, junto con bordos en contorno para retener humedad y suelo y buscar otras prácticas para revertir el proceso de desertificación.

En los encinales, especialmente en los bosques abiertos, no se observa reclutamiento de encinos y sí mortandad por las sequías. Es necesario reforestar con encinos estas áreas y proteger los árboles del ganado en sus primeros años de crecimiento.

Las labores de educación ambiental son importantes para la concientización de las nuevas generaciones. Hay que eliminar de la población muchos falsos conceptos y mitos que dan una mala imagen de muchas especies de fauna silvestre. Resaltar su papel ecológico para el balance de la naturaleza.

Finalmente, determinar las fuentes de impacto y la distribución de su magnitud en el área, así como prever los cambios futuros que acontecerán si no se aplican medidas de protección y conservación. En el lado de Arizona el turismo de bajo impacto ambiental genera importantes ingresos, ya que combina la visita a sitios históricos, paisajes, comidas tradicionales, áreas para observadores de aves, etcétera. Estas actividades podrían ser también una opción de ingresos para la población de esta región de Sonora.



EL COLEGIO
DE SONORA
BIBLIOTECA
GERARDO CORNEJO MURRIETA

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, E. F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press. USA. 776 pp.

Aponte, M.B. 1974. *Estratigrafía del Paleozoico (Cambriico-Pensilvánico) del Centro de Sonora*, Tesis Profesional I.P.N. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. México.

Arias-Rojo, H., I. E. Parra Salazar, A. A. Haro Martínez, D. Peña Hernández, H. Licón González, C. Watts. 1999. *Plan de Manejo de la Cuenca del Río San Pedro, Sonora, México*. Versión preeliminar para la revisión pública. North American Wetland Conservation Council. 138 pp.

Arias-Rojo H., R. Lacewell, J. Price, J. Stromberg y G. Thomas. 1999. *Conservación y enriquecimiento del habitat ribereño de aves migratorias en el alto Río San Pedro*. Versión preeliminar para la revisión pública. Comisión para la Cooperación Ambiental. 171 pp.

Aubréville, A. (1949.) *Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale*. Soc. Ed maritimes et coloniales. París.

Bagnouls, F. & H. Gaussen. 1957. Les climats et leur classification. Ann. Geogr. USA. 66 (355) : 193-220.

Bartlett, J.R. 1854. Personal Narrative of Explorations and Incidents in Texas, New Mexico, California, Sonora and Chihuahua, Connected with the United States and Mexican Boundary Commission, During the years 1850, '51, '52, and '53, vol. 1 New York: Appleton and Co. USA.

Beetle, A. A, & D. G. Johnson. 1991. *Gramíneas de Sonora*. SARH-COTECOCA. México 174 pp.

Beetle, A. A. 1983. *Las Gramíneas de México*. Vol. 1. SARH-COTECOCA. México, D. F. 260 pp.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. I. 2da. Ed. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México. México. 743 pp.

Britton, N. L. & J. N. Rose. 1963. *The Cactaceae, Description and Illustrations of the Plants of the Cactus Family*. Vol. I, II, III and IV. Dover Publications, Inc., New York. USA. 236 pp. 241 pp. 258 pp. 318 pp.

Brodo, I.M., Sharnoff, S.D. & Sharnof Stephen. 2001. *Lichens of North America*. Yale University Press. USA. 795 pp.

Brouillet, L. & R. D. Whetstone. 1993. *Climate and Physiography*. Pp. 15-46 en *Flora North America Editorial Committee. Flora of North America, North of Mexico, Vol. 1: Introduction*. Oxford University Press, Oxford. USA. 372 pp.

Bowers, J.E. and S.P. McLaughlin. 1987. *Flora and vegetation of the Rincon Mountains, Pima County, Arizona*. *Desert Plants* 8: USA. 51-94 pp.

Brown, D. E. (ed.) 1994. *Biotic communities of the American Southwest-United States and Mexico*. University of Utah Press. USA. 3-341. pp.

Brown, D. E. 1994. 143.1 *Plains and Great Basin Grasslands*. pp.115-121 en Brown, D. E. (ed.) *Biotic communities of the American Southwest-United States and Mexico*. University of Utah Press. USA. 3-341. pp.

Brown, D. E. 1994. 123.3 *Madrean Evergreen Woodland* pp. 59-65 en Brown, D. E. (ed.) *Biotic communities of the American Southwest-United States and Mexico*. University of Utah Press. USA. 3-341. pp.

CONANP. 2006. *Los Humedales Prioritarios de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 80 pp.

COTECOCA. 1983. *Tipos de vegetación, sitios de producción forrajera y coeficientes de agostadero de la Republica Mexicana: Estado de Sonora*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) (Sin publicar). México. 270 pp.

Chronic, H. 1983. *Roadside Geology of Arizona*. Mountain Press Publishing Company. USA. 321 pp.

Dietrich, J. H. 1983. *Historia de los incendios forestales en la Sierra de Los Ajos, Sonora*. SARH-INIF Centro de Investigaciones Forestales del Norte. Nota Técnica no. 8. México. 16 pp.

Felger, R. S. 2000. *Flora of the Gran Desierto and Río Colorado of Northwestern Mexico*. University of Arizona Press. USA. 673 pp.

Felger, R. S. and M. Fishbein. 1993. *Noteworthy Collections*. Mexico. Madroño 40: 270-1. pp.

Felger, R. S. and M. Fishbein. 1993. *Noteworthy Collections*. Mexico. Madroño 40: USA. 271. pp. (repetido?)

Felger, R. S., M. B. Johnson, and M. F. Wilson. 2001. *The Trees of Sonora, Mexico*. Oxford University Press. USA. 391. pp.

Fenneman, N. M. 1914. *Physiographic boundaries within the United States*. Assoc. American Geol. 4th Annual Report, 84-134 pp.

Fishbein, M., R. S. Felger and S. F. Garza. 1994. "Another Jewel in the Crown: A Report on the Flora of the Sierra de los Ajos, Sonora, Mexico". In: *Biodiversity and Management*

of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico. USA. 126-134 pp.

Flora North America Editorial Committee. 1993. *Flora of North America, North of Mexico*, Vol. 1: Introduction. Oxford University Press, Oxford. USA. 11-372 pp.

Flora North America Editorial Committee. 1993. *Flora of North America, North of Mexico*, Vol. 2: Pteridophytes and Gymnosperms. Oxford University Press, Oxford. USA. 11-344 pp.

Garza-Salazar. F. 1985. *Una Contribución al Conocimiento de la Vegetación de la Reserva Nacional Forestal "Lote 4" en el Noreste de Sonora*, Tesis Profesional, UANL, Facultad de Ciencias Biológicas. México. 59 pp.

Garza-Salazar. F. 1993. Propuesta al Ejecutivo del Estado para Decretar la Zona de Amortiguamiento de la Actual Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre, de las Sierras Los Ajos, Buenos Aires y La Púrica, con la Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica. En los Municipios de Cananea, Bacoachi, Fronteras, Naco y Nacozari, Sonora, México. (Inédito). Centro Ecológico de Sonora. México. 97 pp.

Gentry, H. S. 1972. *The Agave Family in Sonora*. USDA Agricultural Handbook 399: USA. 1-195. pp.

Gentry, H. S. 1982. *Agaves of Continental North America*. Tucson: University of Arizona Press. USA. 671 pp.

Gómez, A. A., A. V. Atondo, A. A. Romero. 1997. Estudio de la contaminación por metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro, Sonora, México. Bol. Depto. Geol. Uni-Son, Vol. 14, no. 2, USA. 1-16. pp.

Gottfried, G. J., P. F. Ffolliot and L. F. DeBano. 1994. Forest and Woodland of the Sky

Islands Stand Characteristics and Silvicultural Prescriptions: In: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico. USA. 152-164 pp.

Gould, F. W. 1951. Grasses of the southwestern United States. Tucson: University of Arizona Press. USA. 352 pp.

Hale, M.E. & M. Cole. 1988. Lichens of California. Berkeley : University of California Press. USA. 254 pp.

Hale, M.E. 1969. How to know the lichens, ed. Dubuque, Iowa: W.C. Brown. USA. 226 pp.

Heald, W. F. 1993. The Chiricahuas Sky Island. Bantlin Pub. Tucson, Az.

INEGI. 1990. Guías para la Interpretación de Cartografía Edafología. México. 48 pp.

INEGI. 1990. Guías para la Interpretación de Cartografía Uso del Suelo. México. 48 pp.

INEGI. 2001. Tabulados Básicos Sonora. Tomos I, II, III, IV y V.

Kearney, T. H. and R. H. Peebles. 1960. Arizona Flora. 2nd edition with supplement by J. T. Howell & E. McClintock. University of California Press. Berkeley. USA. 1,085 pp.

Lellinger, D. B. 1985. A Field Manual of Ferns and Fern Allies of the United States and Canada. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. USA. 466 pp.

Lomolino, M.V., B. R. Riddell, J.H. Brown. 2005. Biogeography, Third Edition. Sinauer Associates, Inc. USA. 845 pp.

Marshall, J. T. 1957. Birds of the Pine-Oak Woodland in Southern Arizona and Adjacent Mexico. Pacific Coast Avifauna, no. 22. USA.

Martin, P. S. et. al. 1998. Gentry's Río Mayo Plants. The Tropical Deciduous Forest & Environs of Northwest Mexico. University of Arizona Press. USA. 557 pp.

McClaran, M. P. & T. R. Van Devender. 1995. The Desert Grassland. University of Arizona Press. USA. 346 pp.

McPherson, G. R. 1995. The Role of Fire in the Desert Grasslands. In McClaran, M. P. & T. R. Van Devender. 1995. The Desert Grassland. University of Arizona Press. USA. 130-151 pp.

McLaughlin, S. P. 1994. An Overview of the Flora of the Sky Islands, Southeastern Arizona: Diversity, Affinities and Insularity: In: Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico. USA. 60-70 pp.

McCune, B. & I. Geiser. 1997. Macrolichens of the Pacific Northwest. Corvallis: Oregon State University Press. USA. 386 pp.

Meléndrez T., Cristina. 1993. Propuesta de recursos naturales de la Sierra la Mariquita—Río San Pedro, municipios de Cananea, Naco y Santa Cruz, Sonora, México. Sonora, México: Centro Ecológico de Sonora. Hermosillo.

Mickel, J. T. & A. R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden, Vol. 88. USA. 1,055 pp.

Mitsch, W. J. & J. G. Gosselink. 2000. Wetlands Third Edition, John Wiley and Sons, Inc. USA. 920 pp.

Mociño, A. P. y E. García. 1973. The climate of Mexico. In: *Climates of North America*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 345-404. pp.

Nash III, T.H., ed. 1996. *Lichen Biology*, Cambridge: Cambridge University Press. USA. 303 pp.

Nash III, T.H., Ryan, B.D., Gries, C., & Bungardt, F. 2002. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Volume 1*. Lichen Unlimited, Dept. of Plant Biology, Arizona State University, Tempe, Arizona. USA. 532 pp.

Nash III, T.H., Ryan, Diederich, P., B.D., Gries, C., & Bungardt, F. 2004. *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region Volume 2*. Lichen Unlimited, Dept. of Plant Biology, Arizona State University, Tempe, Arizona. USA. 742 pp.

Paredes, A. R., T. R. Van Devender, R. S. Felger. 2000. *Cactáceas de Sonora, México: su Diversidad, Uso y Conservación*. IMADES-ASDM Press. México. 143 pp.

Puig, H. 1976. *Vegetation de la Huasteca, Mexique*. Mission Archeologique et Ethnologique Francaise au Mexique, Collection etudes Mesoamericaines – 5. México. 535 pp.

Phillips, S. J. & P. W. Comus. 2000. *A Natural History of the Sonoran Desert*. ASDM Press, California. USA. 628. pp.

Primack, R. B. 2002. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. U.S.A. 698 pp.

Ransome, F.L. 1904. *The geology and ore deposits of the Bisbee quadrangle, Arizona*: U.S. Geol. Prof. Paper 21. USA. 168 pp.

Rodríguez, D. A., G. C. Guerra, S. F. Garza, y J. M. Guerra. 2001, Estructura forestal y diversidad de especies en áreas afectadas por incendios forestales. Estudio prospectivo. Reserva Ajos-Bavispe. México. 26 pp.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, D. F. 432 pp.

Shreve, F. & I. L. Wiggins. 1964. Vegetation and Flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press. USA. 1740. pp.

Solís-Garza, G., W. Brady, R. López-Estudillo and R. Rodríguez. 2000. Riparian vegetation on the San Pedro River, Sonora, Mexico. Memorias II Simposio Internacional Sobre la Utilización y Aprovechamiento de la Flora Silvestre de Zonas Áridas.: México. 272-292 PP.

Steinitz, C., H. Arias-Rojo, S. Bassett, M. Flaxman, T. Goode, T. Maddock III, D. Mouat, R. Peiser, A. Shearer. 2003. Alternative Futures for Changing Landscapes, The Upper San Pedro River Basin in Arizona and Sonora. Island Press. USA. 202 pp.

Turner, R. M., J. E. Bowers & T. L. Burgess. 1995. Sonoran Desert Plants, An Ecological Atlas. University of Arizona Press. USA. 504 pp.

Van Devender, T. R. 1990. Late Quaternary vegetation and climate of the Sonoran Desert, United States and Mexico. In Packrat middens: The last 40,000 years of biotic change, J. L. Betancourt, T. R. Van Devender, & P. S. Martin, eds., 134-165. Tucson: University of Arizona Press. USA. 134-165 pp.

Vines, Robert A. 1976. Trees Shrubs and Woody Vines of the Southwest. University of Texas Press. USA. 1104 pp.

Wentworth, T. R. 1982. Vegetation and flora of the Mule Mountains, Cochise County, Arizona. Journal of the Arizona-Nevada Academy of Sciences. USA. 6-18 pp.

White, S. S. 1949. The Vegetation and Flora of the Rio Bavispe in Northeastern Sonora. Lloidia 11: USA.229-302 pp.

Whittaker, R.H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10. USA. 1-67 pp.

Whittaker, R.H. & W. A. Niering, 1975. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona. V. Biomass, production and diversity along the elevation gradient. Ecology. 56 USA. 771-790 pp.

Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. USA.1025. pp.



EL COLEGIO
DE SONORA
B I B L I O T E C A
GERARDO CORNEJO MURRIETA