

ANP *Scripta*

Revista Digital de Investigación Científica

AÑO 1

NÚMERO 2

Julio-Diciembre, 2015



Áreas Naturales Protegidas Scripta

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA, Año 1, Número 2, Julio-Diciembre de 2015, es una publicación científica digital de periodicidad semestral iniciativa de la Red de Áreas Naturales Protegidas (RENANP) de las Redes Temáticas de CONACyT. Editor en Jefe responsable Dr. Alfredo Ortega-Rubio. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-071509261100-203; ISSN: en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Alfredo Ortega-Rubio, Av. Instituto Politécnico Nacional 195, La Paz, Baja California Sur, C. P. 23096, Tel (612) 1238484, fecha de la última modificación 30 Diciembre 2015. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de esta publicación sin previa autorización de los autores de este número de

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA.

La publicación de este número de **ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA** fue posible únicamente debido al apoyo del financiamiento de **CONACYT** al proyecto de la Red Temática Nacional Áreas Naturales Protegidas **RENANP-CONACYT**. Agradecemos el invaluable apoyo de la Dirección de Infraestructura Científica y Redes Temáticas de **CONACYT** para la publicación de esta obra.

Con deferente gratitud **ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS SCRIPTA** reconoce la colaboración de Lic. Gerardo R. Hernández García en la edición gráfica editorial para esta revista y de la M. en C. Diana Dorantes en la revisión del idioma Inglés. Fotografía de la Portada: Daniel Torres-Orozco.

Índice

Año 1 Volumen 1 Número 2

Diciembre 2015

Consejo editorial y comité editorial:

http://areas-naturales-protégidas.org/scripta/e_cuerpo_editorial.php

Número completo

Editorial _____ 3

Artículos

1. Paisajes culturales. Estrategias de protección en la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, Tabasco. *Miguel Guevara Chumacero* _____ 7
2. Efecto de la Deforestación Sobre el Albedo en Bosques de Coníferas de México. *Ramiro Pérez Miranda, Antonio González Hernández, Francisco Moreno Sánchez, Víctor Javier Arriola Padilla* _____ 33
3. Diversidad y Productividad del Estrato Herbáceo en una Sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Joaquín Sosa-Ramírez, Vicente Díaz Núñez, Amalio Ponce-Montoya* _____ 51

Editorial

Es realmente muy grato presentar este segundo número de áreas naturales protegidas justo a seis meses de haber publicado el número inaugural. Tal como habíamos anticipado, acorde a las políticas vigentes en nuestro país de valoración de los artículos generados por los investigadores, se ha mantenido la dificultad de recibir manuscritos a consideración.

A pesar de ello este segundo número se distingue por contar con muy diferentes inéditas aportaciones, resultado de investigación científica en Áreas Naturales Protegidas. Así, en el primero de los artículos incluidos en este número el doctor Miguel Guevara Chumacero nos comparte los resultados de sus análisis del cambio en los paisajes culturales, y sus implicaciones para el diseño de estrategias de conservación, en la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, en el Estado de Tabasco.

En el segundo artículo el equipo de investigación conformado por los Doctores Ramiro Pérez Miranda, Antonio González Fernández, Francisco Moreno Sánchez y

It is really a pleasure to present the second number of the journal Áreas Naturales Protegidas just six months after publishing the first one. As we had anticipated, in accordance to the current policies in our country of valuing scientific articles generated by researchers, it has been difficult to receive papers for publication.

Nevertheless, this second number has different unpublished contributions as a result of the scientific research on protected natural areas. Thus, in the first article included in this number Dr. Miguel Guevara Chumacero shares with us the results of his analyses of change in cultural landscapes and its implications for designing conservation strategies in the Biosphere Reserve of Pantanos de Centla [Wetlands] in the State of Tabasco.

In the second article, the research team formed by Dr. Ramiro Pérez Miranda, Dr. Antonio González Fernández, Dr. Francisco Moreno Sánchez, and Dr. Víctor Javier Arriola

Víctor Javier Arriola Padilla nos participan sus resultados generados al proceder a la estimación del albedo en zonas boscosas de Áreas Naturales Protegidas en cinco estados de la República Mexicana. Las potencialidades de utilizar la reflectancia para medir la calidad de la vegetación y para tomar decisiones de manejo y conservación en bosques de coníferas son realizadas por los autores.

En el tercer artículo el equipo de investigación conformado por los Doctores Joaquín Sosa Ramírez, Vicente Díaz Núñez y Amalio Ponce Montoya nos comparten sus resultados de la evaluación de parámetros ecológicos e hidrológicos en una sabana del Área Natural Protegida Sierra Fría, en Aguascalientes. Con tales análisis valoran las potencialidades para la cría de ganado y su actual condición de manejo.

Cómo es posible constatar en este número, las aristas y enfoques de la investigación científica en las Áreas Naturales Protegidas el de suyo sumamente variada, interesante e importante, tanto como la diversidad ambiental, biológica, antropológica y cultural que nuestras Áreas Naturales Protegidas resguardan.

Verba volant, Scripta manent

Dr. Alfredo Ortega-Rubio

Invierno del 2015

Padilla shows results of estimating albedo in wooded areas of the Protected Natural Areas in five Mexican states. They highlight the potential of using reflectance to measure vegetation quality and for decision making in management and conservation of conifer forests.

In the third article, the research team formed by Dr. Joaquín Sosa Ramírez, Dr. Vicente Díaz Núñez, and Dr. Amalio Ponce Montoya shares results in assessing ecological and hydrological parameters in a savannah of the Protected Natural Area Sierra Fría in Aguascalientes. With such analyses they value the potential for cattle breeding and current management status.

As we can see in this number, the edge and focus of scientific research in protected natural areas is extremely varied, interesting, and important as much as the environmental, biological, anthropological and cultural diversity that our Protected Natural Areas safeguard.

Verba volant, Scripta manent

Dr. Alfredo Ortega-Rubio

Winter 2015

Paisajes culturales. Estrategias de protección en la Reserva de la Biósfera de los Pantanos de Centla, Tabasco

Miguel Guevara Chumacero¹

Resumen

Los pantanos de Centla, Tabasco, declarado como Reserva de la Biósfera por la UNESCO en 2006, está localizada en una planicie aluvial costera, formada por los ríos Usumacinta y Grijalva, lo cual crea condiciones ambientales que fijaron varios aspectos tecnológicos en la evolución de las sociedades que han ocupado este territorio. En este trabajo se describen las líneas metodológicas empleadas para cuantificar los cambios del paisaje natural y cultural registrado entre los siglos VII y la actualidad, utilizando los sistemas de información geográfica, con base en una lectura de los planteamientos del concepto de paisaje cultural y describir de manera general los principales resultados producto de esta investigación y las conclusiones obtenidas.

Palabras clave: Pantanos de Centla, paisaje, patrimonio

Abstract

Pantanos de Centla, Tabasco, declared a Biosphere Reserve by UNESCO in 2006, is located in a coastal floodplain formed by the Usumacinta and Grijalva rivers, creating environmental conditions that set up several technological aspects in the evolution of societies that have occupied this territory. In this study, we describe the methodological lines used to quantify changes of natural and cultural landscape have been recorded from the seventh century up to now, using geographic information systems based on a reading of the approaches of the cultural landscape concept and describing the main product of this research results and conclusions in general.

Keys words: Centla, swamp, landscape, heritage

¹Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), E-mail: grial@hotmail.com

Antecedentes

En el año de 1971 la UNESCO comenzó el proyecto Hombre y Biósfera (Man and Biosphere: MAB), con el objetivo de proteger el uso de los recursos naturales del planeta. Para dicho programa se seleccionaron lugares que representan hábitats terrestres y marinos, denominando a estas áreas Reservas de la Biósfera (UNESCO, 1971).

En este listado, los Pantanos de Centla fueron denominados con esta categoría en 2006. De igual forma había sido decretada como Área Natural Protegida por el Gobierno Federal desde el año de 1992. Además, a nivel internacional es reconocido como área prioritaria de protección por NAWCA (Acta Norteamericana para la Conservación de Humedales) desde 1989. También fue inscrita en 1995 en la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, conocida como (RAMSAR) y como Área de Interés para la Conservación de Aves (AICA) desde el 2006 (SEMARNAP, 2000: 10).

Su importancia radica en que es uno de los humedales más importantes de Mesoamérica al representar el 11% de los humedales a nivel nacional. Por la cantidad de plantas hidrófitas que posee y por el nivel de descarga de agua dulce que recibe de los ríos Grijalva y Usumacinta, se le considera un humedal prioritario, además de tener una amplia variedad de fauna conformada por 52 especies de peces, 27 de anfibios, 68 de reptiles, 104 de mamíferos y 255 de aves (SEMARNAP, 2000: 11).

Tiene una superficie de 302,706ha, ubicándose al norte del Estado de Tabasco en los Municipios de Centla, Jonuta y Macuspana (Figura 1). Limita al norte con el Golfo de México, en la zona de la desembocadura del río San Pedro y San Pablo y con la ciudad de Frontera; al este con el estado de Campeche; al sur con el río Los Bitzales hasta su unión con el río Grijalva; y al oeste con el arroyo Las Porfías y la Carretera Villahermosa-Ciudad del Carmen (Periódico Oficial de la Nación, 1992; SEMARNAP, 2000: 19-20).

Es también una zona con una importante historia cultural. Las crónicas de Cortés (1989) y Díaz del Castillo (1984) relatan que en la región se asentaba la provincia de Potonchán. Esta era una de las tres cabeceras de los grupos mayas chontales, que eran reconocidos por controlar el intenso comercio que ocurría en esta región en tiempos prehispánicos.

No obstante, hasta el momento no se tiene identificada la ubicación precisa de Potonchán. En la relación sitios del Inventario Arqueológico del Estado de Tabasco, estudio efectuado en la década de los ochentas, se identificaron tres asentamientos arqueológicos cercanos a la actual mancha urbana de Frontera que podrían corresponder a esta cabecera prehispánica. Estos son los sitios El Coco, San Román y Frontera (Chávez, 2006).

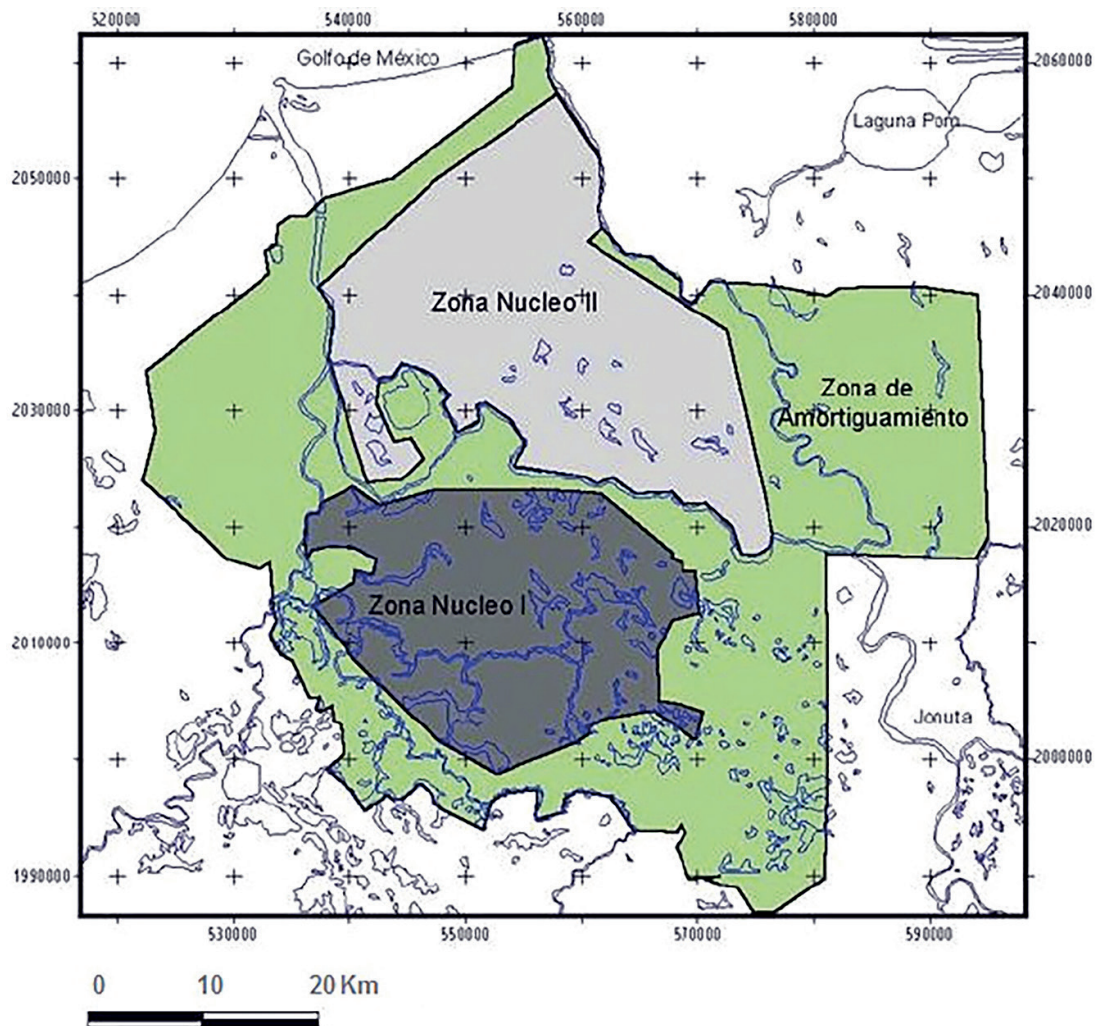


Figura 1. Ubicación de la Reserva de los pantanos de Centla, Tabasco, mostrando los polígonos de protección.

La primera descripción arqueológica de esta área fue a cargo de Carl Hermann Berendt un médico alemán que dejó la práctica médica tras un viaje a México, para dedicarse al estudio de las sociedades indígenas de México. En el año 1869 visitó la Hacienda El Coco enclavada en la zona de pantanos. Las notas y manuscritos recopilados por Berendt fueron adquiridos por otro médico, Daniel Garrison Brinton, un pionero de la antropología norteamericana, y actualmente forman parte del acervo de la Biblioteca de la Universidad de Pennsylvania (Weeks, 2002: 5-7). Se trata de

notas escritas a mano, dibujos de cerámica y un mapa con la localización de sitios arqueológicos con el nombre de “Ruinas de Tabasco y Centla” (Weeks, 2002: 71). En 1911 Edward Seler, hace una visita a la Hacienda El Coco que identifica como las ruinas de Cintla (Seler, 1915). Unas décadas después, en el año de 1953 Heinrich Berlin se interesó en los reportes de la cerámica obtenida Beredect y excavó el sitio El Coco, haciendo escasas referencias de este asentamiento (Berlin, 1956: 136). El Atlas Arqueológico registra el sitio El Coco con la presencia de cuatro estructuras menores.

La referencia que hace el Atlas Arqueológico² con respecto al asentamiento de San Román, es difusa. Señala que se trata de un centro con la presencia de 13 estructuras de diversas alturas y se ubica sobre la margen sur del Río El Coco, en una zona de manglar. En septiembre de 2002, con motivo de las obras de ampliación del sistema carretero del Estado de Tabasco, se realizó una investigación arqueológica cuya excavación reveló materiales arqueológicos de diversas temporalidades asociados a esta área, pudiendo corresponder a un sector del asentamiento de San Román (Chávez, 2006).

El sitio arqueológico más inmediato a la Ciudad de Frontera es conocido con el mismo nombre, Frontera, donde no se identificaron estructuras arqueológicas visibles en superficie. Este asentamiento ya había sido plasmado en el mapa elaborado por Berlin (1956). El Atlas arqueológico lo sitúa en lo que actualmente es La Naval, sobre el margen norte del mismo río, abarcando parte de un camino vecinal y un área de viviendas del poblado San Román. Por supervisiones de obras e investigaciones arqueológicas realizadas en los últimos años, sabemos que el asentamiento arqueológico de Frontera abarcaba además una amplia zona del centro histórico, alcanzando una superficie aproximada de 520 ha.

Resulta significativa la propuesta de Chávez (2006), en la cual propone, de manera interesante la existencia de un asentamiento prehispánico que pudo alcanzar 4 km de largo sobre la margen del río y de 200 a 300 metros tierra adentro, abarcando los sitios de San Román y Frontera como parte de un mismo y extenso asentamiento, con la presencia de posibles restos de arquitectura prehispánica que pudieron ser destruidos por la construcción y crecimiento de la actual cabecera del Puerto y Ciudad de Frontera.

Además se han identificado más de una docena de asentamientos que datan de la época prehispánica en ambos márgenes del río Grijalva. Estos sitios eran dependientes de dos distintas

² Base de datos digital, para uso del INAH

cabeceras y estaban organizados con una estructura jerárquica. Los niveles superiores de asentamientos, que debieron tener funciones de administración a escala regional, cuentan con arquitectura pública, como lo es la presencia de plataformas públicas además de un extenso sistema de edificaciones residenciales que poseen una distribución dispersa debido a la presencia de zonas inundables (Figura 2).

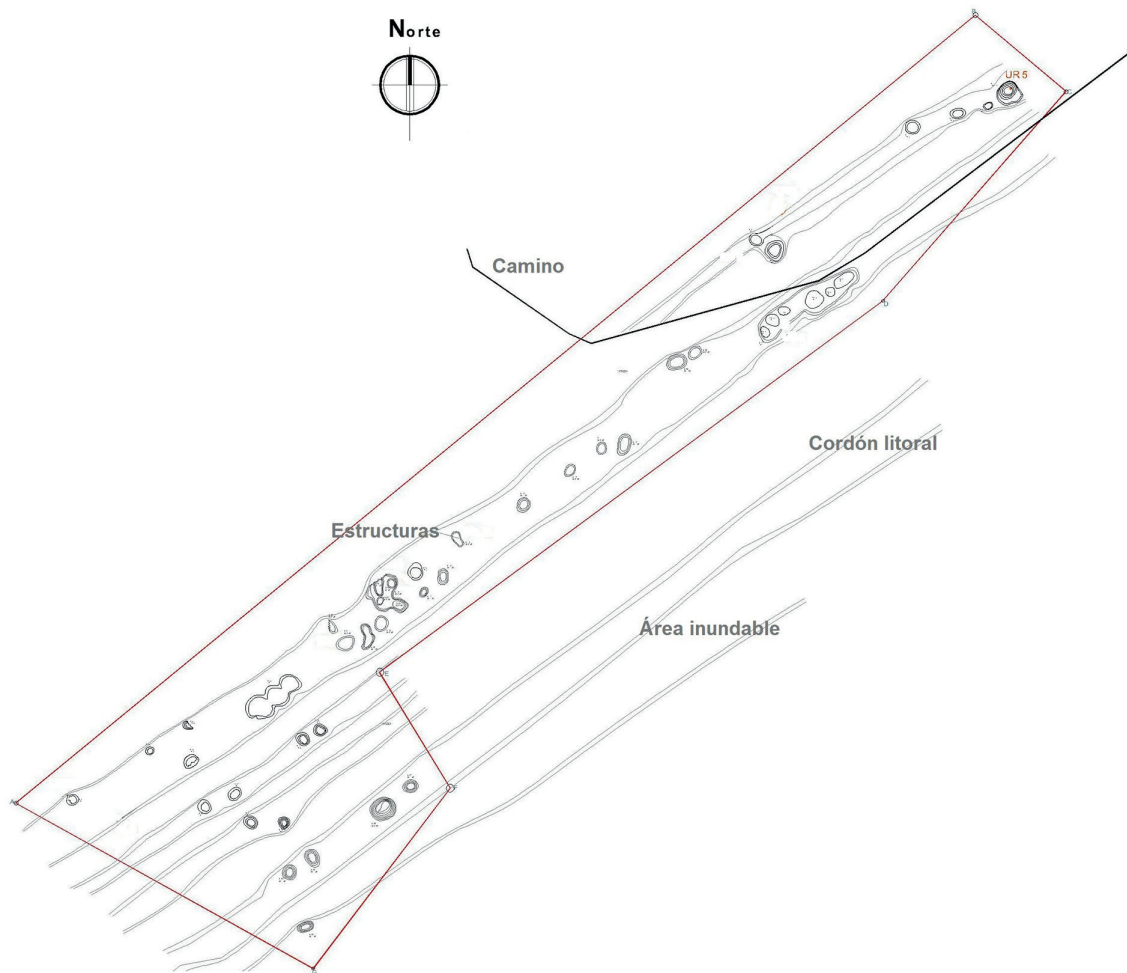


Figura 2. Sitio arqueológico con arquitectura pública localizado en zona de cordones litorales.

Por debajo de estos se encuentran asentamientos que debieron tener una dependencia jerárquica y se definen por carecer de arquitectura pública y más bien cuenta con arquitectura de carácter habitacional con una planeación informal. Este mosaico de sitios debió ser parte de los poblados que dependían y formaban parte de la provincia de Potonchán.

Un aspecto importante de estos asentamientos, y que define de manera singular la respuesta que ofrecieron los grupos culturales frente al paisaje natural pantanoso de esta zona, es la arquitectura

prehispánica de tierra. El paisaje de las planicies tabasqueñas es el resultado de las relaciones que las sociedades han establecido con el medio natural a lo largo del tiempo, a fin de satisfacer sus necesidades de supervivencia y sociales. Son, por tanto, producto de la historia y de la cultura. Se ha dicho que los paisajes culturales ocupan áreas más o menos extensas que se pueden percibir de forma unitaria gracias a la presencia de regularidades, y justamente una de las regularidades en esta área es la arquitectura de tierra.

La mayor parte del territorio tabasqueño se extiende sobre la provincia fisiográfica mexicana llamada Llanura Costera del Golfo, específicamente, sobre la planicie formada por los sedimentos aluviales depositados por la gran cantidad de ríos que atraviesan el estado para desembocar en el Golfo de México. El 95.57% de la superficie estatal se incluye dentro de esta región, formando la sub-provincia de las Llanuras y Pantanos Tabasqueños (Pérez *et al.*, 2005: 310). Debido a estas condiciones fisiográficas, los grupos en este paisaje recurrieron a las materias primas que el medio circundante ofrecía. De tal modo emplearon la tierra aluvial, y emplearon cal (que se obtenía localmente de conchas de ostión) para los sistemas constructivos (Gallegos y Armijo, 2003: 395). En esta área la técnica de tierra apisonada o tapial fue la más recurrida al igual que la edificación de estructuras de tierra compactada con recubrimiento de ladrillo (Armijo *et al.*, 2009: 1499).

Así, en cuanto al genio del lugar, la arquitectura prehispánica de tierra es un testigo particular de la creación del paisaje cultural, formado por una intensa condicionante ambiental, y la respuesta de procesos culturales que se mantuvo como forma arquitectónica durante 1700 años en Tabasco.

Ya para el periodo novohispano, el centro histórico de la Ciudad y Puerto de Frontera, es de suma importancia en términos históricos, debido a que se trata de una población fundada en el periodo Colonial. El presbítero Tomás Helguera hace referencia de San Fernando de la Frontera, población que fue oficialmente fundada en 1819. La población de San Fernando ya es representada en un mapa (sin fecha) levantado por orden del Gobernador Don Francisco de Heredia y Vergara, donde se muestra como una población con traza ortogonal en la orilla este del Río Grijalva (Martínez, 1996: 52-53) (Figura 3).

Investigaciones arqueológicas efectuadas en el centro de Frontera, han expuesto cerámica de tradición novohispana que hace referencia a este momento histórico. Entre los materiales, se han localizado algunos de origen de producción inglesa, como la Loza Anular moca datada entre 1785-1895, así como Loza Perla impresa por transferencia, producida entre 1784-1840 (Pichardo, 2015).

Hay también ejemplares de oliveras (también llamadas botijuelas), que son ánforas que se empleaban para almacenar líquidos o para transportar productos que podían provenir de Europa, como aceite de olivo, vino, manteca o aceitunas (Figura 4). La forma de la olivera recuperada, que posee una base en forma ojival con visibles marcas de torno, remite al periodo comprendido entre 1780 y 1850 (Goggin, 1970: 5).



Figura 3. Plano (sin fecha) de la barra principal de la Provincia de Tabasco, con su pueblo nuevo de San Fernando de la Victoria levantado por orden de Don Francisco de Heredia y Vergara.

Estado del arte en los estudios de paisaje cultural

Los estudios enfocados al paisaje cultural y natural se deben a su precursor Carl Sauer. Nacido en 1885, es una de las figuras que más influencia ha tenido en los estudios de geografía del siglo XX. Graduado de la Universidad de Chicago en 1915, ya expresaba en sus trabajos más tempranos un acentuado interés por los estudios de área y la distribución de la población en un paisaje. El propio Sauer acreditó el impacto en su obra de la antropogeografía alemana de investigadores como August Meizen y en especial Friedrich Ratzel, uno de los más prominentes geógrafos de la época, quien que exploró las relaciones existentes entre espacio geográfico y la población (West, 1981).

De 1923 a 1957 fue profesor de geografía en la Universidad de California, Berkeley y se le declara como una positiva influencia en varios de sus colegas, entre ellos el antropólogo Alfred Kroeber.

Uno de sus textos centrales, “Morfología del paisaje” (1925), refiere por primera ocasión al paisaje, al cual define como un área compuesta por una asociación distintiva de formas, tanto físicas como culturales. Así, el paisaje estaría constituido por elementos físicos y elementos de la cultura humana. Para él, la geografía es una disciplina concebida como un sistema crítico que estudiaría justamente la fenomenología del paisaje.



Figura 4. Olivera recuperada en el Centro Histórico de Frontera.

Este mismo autor nos dice: “El contenido del paisaje se encuentra por tanto en las cualidades físicas del área *que son significantes para el hombre* (subrayado mío) y en las formas de su uso del área, en hechos de sustento físico y hechos de cultura humana” (Sauer, 1925: 39). Así, el concepto de paisaje no se define por el mosaico completo de sus características físicas, sino únicamente de aquellas que son valoradas e históricamente empleadas por los grupos culturales de esos horizontes.

De esta forma, el área natural y la cultura humana, no son independientes. Muy por el contrario, existen interrelacionados en el paisaje. Además destaca su carácter dinámico al decirnos que “el área posee forma, estructura y función, y por tanto posición en un sistema, y que está sujeta a desarrollo, cambio y culminación”.

Sauer distinguió entre paisaje natural y el cultural inspirado en los términos de *Kulturlandschaft*, asignados por Walter Geisler en la introducción a su libro *Die deutsche Stadt. Ein Beitrag zur morphologie der kulturlandschaft* (El pueblo alemán: una contribución a la morfología del paisaje cultural), publicado en 1924. Para Sauer, el contenido del paisaje se encuentra determinado por las cualidades físicas del área y por las características que son significativas para el hombre en sus formas de su uso, tal como lo habíamos señalado. El paisaje natural, en estos términos, no

se compone únicamente de las cualidades físicas de un área, sino en la suma de los recursos naturales que el hombre tiene a su disposición en esa área.

El paisaje natural corresponde al área anterior a la introducción de la actividad humana y por tanto, está representada por un cuerpo de hechos morfológicos.

El paisaje cultural, por su parte estaría pensado como la impresión de los trabajos del hombre sobre un área. El aspecto cultural del paisaje fue descrito por Sauer como el resultado de la acción de un grupo social sobre un paisaje natural. Las modificaciones del área debida al hombre, y su apropiación para su uso, destacando el papel cultural y su lugar en la naturaleza como un agente distintivo de modificación. De esta manera, el paisaje natural está siendo sometido a transformación por el hombre, que se ha convertido en un importante factor morfológico.

Así, el paisaje sintetiza la variedad de manifestaciones producidas por la interacción entre el hombre y el medio ambiente a lo largo de la historia. En este sentido podemos entender que los paisajes culturales son un producto de la interacción del fenómeno humano con el entorno natural.

Sería, como lo señala Sauer (1925: 46): El paisaje cultural es creado por un grupo cultural a partir de un paisaje natural. La cultura es el agente, el área natural es el medio, y el paisaje cultural, el resultado.

El estudio del paisaje puede ser utilizado como una herramienta en el estudio de las sociedades del pasado y del presente, y también como una herramienta de gestión.

Los enfoques en el estudio del paisaje han sido numerosos, estudiados desde disciplinas tan diversas como la ecología, la geografía, antropología y la arqueología. En esta última se ha desarrollado incluso una línea temática conocida como arqueología del paisaje. Los antecedentes del estudio del paisaje del pasado se encuentran en la arqueología de asentamientos (Willey, 1956; Chang, 1990) y en la arqueología espacial inglesa de David Clarke (1977), los cuales derivaron en una tradición de estudios con un enfoque funcionalista y procesual, en el que se ha reconocido un fuerte determinismo ambiental y en donde el paisaje es visto como un conjunto de recursos de subsistencia para un grupo (Johnson, 2007: 3).

En años recientes ha prevalecido un renovado acercamiento interpretativo del post-procesualismo (Ashmore, 2005: 254). Lo que ha cambiado es la forma en que se concibe la naturaleza del paisaje. Ahora las nociones recientes enfatizan la dimensión socio simbólica en el cual el paisaje existe en virtud de cómo es percibido y contextualizado por la gente (Knapp y Ashmore, 1999: 1; McAtackney, 2007). La perspectiva post-procesual visualiza el paisaje como

una imagen cultural que a través de representaciones verbales o escritas que proveen imágenes o textos que pueden ser leídos (Knapp y Ashmore, 1999: 3).

Así, la dicotomía actual del estudio histórico del paisaje se mueve entre dos ámbitos, el determinismo ambiental y el aspecto simbólico de paisaje. Pero hay autores que están en una búsqueda de una visión idealista-materialista. Tal es el caso de Johnson (2007) que sugiere el estudio de la ideología por su propia sociedad a través de sus propias ideas de explotación y uso del paisaje, en un enfoque cercano al de la multivocalidad. Pero nos señala que el paisaje no está formado de manera abstracta, como se sugiere en esta última visión, sino el hombre se mueve en ella comprendiendo y usando el paisaje. De esta forma, para Johnson, el paisaje es un escenario en que se trabaja tanto en el ámbito empírico como con la construcción teórica.

En este mismo enfoque se encuentran los estudios de Criado (1999: 5) quien con una crítica al enfoque empirista de la arqueología funcionalista, define paisaje como el producto socio-cultural creado por la objetivación, de la acción social tanto de carácter material como imaginario sobre el medio y en términos espaciales. Aquí la acción social estaría constituida por las prácticas sociales (acción social de carácter intencional) como por la vida social (acción social no intencional).

Señala que el paisaje, está conformado por la conjunción de tres tipos de elementos: a) una arqueología ambiental, que es definida por el espacio en cuanto entorno físico o matriz medioambiental de la acción humana; b) una arqueología del paisaje social en que se sitúa el espacio en cuanto entorno social o medio construido por el ser humano y sobre el que se producen las relaciones entre individuos y grupos, y c) una arqueología del paisaje imaginario, que representa el espacio en cuanto a entorno pensado o medio simbólico que ofrece la base para desarrollar y comprender la apropiación humana de la naturaleza (Criado, 1999: 6).

La relevancia del estudio histórico del paisaje se encuentra no solo en el ámbito académico, sino también que puede convertirse en un medio para su conservación. Al adoptar un enfoque de paisaje nos aseguramos de no reducir los marcos de protección a las zonas de alta densidad de patrimonio edificado, lo que permitirá, en principio, mejor protección del entorno (Gándara, 2008: 237).

El amplio patrimonio cultural que está distribuido en los paisajes, hizo que en 1992 el Comité de Patrimonio Mundial de la UNESCO y el ICOMOS, revisaran los criterios de la *Guía operativa para la implementación de la convención del patrimonio mundial* (UNESCO, 1992), e incorporaron la

categoría de paisajes culturales, definiéndolo como las obras combinadas de la naturaleza y el hombre, que ilustran la evolución del ambiente natural ante fuerzas sociales y culturales.

Así, el paisaje sintetiza la variedad de manifestaciones producidas por la interacción entre el hombre y el medio ambiente a lo largo de la historia. Además, es concebido como una parte imprescindible del patrimonio cultural, siendo uno de sus contenidos básicos, y como tal, contribuye a la formación de las identidades individuales y colectivas (Ruiz, 2006: 114).

Hemos visto que la naturaleza y la cultura, al interactuar, configuran paisajes culturales. Así, sus límites remiten a tipos concretos de desarrollo de tecnología y organización social en un momento histórico dado, relacionado y en ocasiones condicionado por el medio ambiente natural.

El paisaje, visto de esta forma, sintetiza la variedad. Ahora bien, esta capacidad del ser humano para impactar sobre su entorno se ha visto incrementada de forma espectacular en los últimos años, lo que pone en riesgo el patrimonio natural y cultural contenido en el paisaje.

Por tal motivo, el paisaje cultural se puede convertir en una herramienta de gestión y conservación. Sin embargo, emprender una tarea a esta escala, implica una mayor complejidad en su manejo. Todos los componentes de la gestión, aumentan al operar a una escala tan amplia, así que el concepto de paisaje cultural como estrategia de protección del patrimonio cultural, tiene como consecuencia una mayor complejidad.

En las siguientes líneas trataremos este último tema, el de la gestión de los paisajes culturales.

Discusión académica. Metodología para el estudio de los paisajes culturales

En su metodología, Sauer (1925) sugería que se debía realizar una presentación ordenada de los paisajes. Este proceso debe iniciar con la selección de los rasgos sobresalientes y relacionados, con el propósito de establecer el carácter del paisaje. Precisamente, el investigador del paisaje debe destacar los rasgos que considere pertinentes en esta interacción entre la naturaleza y la cultura. La delimitación del paisaje se puede efectuar debido a que estos están organizados en un patrón, o tienen cualidad estructural, y que el paisaje pertenece de manera adecuada a un grupo específico y distinguible. Por definición, el paisaje posee una identidad que está sustentada en una constitución reconocible con límites determinables.

En el área de los Pantanos de Centla convergen un mosaico de pequeñas zonas ecológicas. Las subdivisiones ecológicas son las playas y dunas, manglares, cordones litorales y los pantanos (con base en Vega, 2005):

Playas y dunas

Corresponde a la zona costera donde los sedimentos que bajan por los ríos desembocando en el mar, siendo redistribuidos por las corrientes marinas y arrojados a las playas por las olas. La acción del viento crea dunas, que a su vez, actúan como obstáculos al viento cargado de partículas, disminuyendo su velocidad y produciendo una mayor acumulación de sedimentos, de esa manera las dunas crecen e impiden que la arena se interne hacia tierra firme.

Manglar

La comunidad de manglares es la vegetación arbórea que se localiza en las áreas aledañas al litoral, colonizando principalmente las desembocaduras de ríos, lagunas costeras y esteros, en una zona de contacto, o ecotono entre el medio acuático y el terrestre.

Este ecosistema se caracteriza por ser altamente productivo ya que recibe aportes de agua y nutrientes de ríos y manantiales, además de la energía producida por las mareas. El manglar puede desarrollarse como una comunidad densa y alta o en forma de matorral bajo. La alta producción de materia orgánica de este ecosistema no es totalmente aprovechada por el propio manglar, un alto porcentaje de ésta es exportada por la acción de las mareas y de las corrientes de ecosistemas vecinos, contribuyendo con ello a la productividad costera.

Su sistema de raíces ha evolucionado para hacer frente a condiciones muy adversas (como la falta de oxígeno y el embate del oleaje), y esta característica los convierte en excelentes amortiguadores de tormentas y huracanes por lo que protegen la línea de costa de la erosión marina. Así mismo, su productividad y el intrincado sistema de raíces los hace sitios ideales para el desove, apareamiento, y protección de estadios juveniles de numerosas especies marinas (camarón, ostión y almejas) que son económicamente importantes (Herrera y Ceballos, 1998).

Cordones litorales

Según Zavala y Castillo (2003: 39) los cordones o camellones litorales pertenecen a unidades geomorfológicas llamadas llanura litoral. Esta es una unidad originada por la acumulación de sedimentos fluviales aportados por los ríos Usumacinta, San Pedro y San Pablo y Grijalva, los cuales fueron removidos y distribuidos por las olas de la costa, las corrientes y los vientos. Son

depósitos de arena poco consolidados que forman una llanura de cordones litorales con diferente desarrollo morfológico, que indica la posición que ocupó la línea de costa durante el Cuaternario reciente hasta llegar a su posición actual. El 75% de los cordones litorales están inundados permanentemente. Son una franja de aproximadamente entre 6 y 8km de amplitud con una distancia promedio entre crestas de 50 y 60m, llegando excepcionalmente a 100m.

Pantano

Son sistemas fluvio-palustres que ocupan extensas depresiones entre las llanuras fluviales con características como acumulación de agua permanente, de escasa profundidad, bordes irregulares, sustrato de sedimentos finos de origen aluvial, acumulación de una capa orgánica, sin acumulación de sales de origen marino y con comunidades hidrófitas emergentes (Figura 5). Es una unidad geomorfológica extensa que puede presentar cauces antiguos. La homogeneidad del relieve del pantano es relativa, ya que presentan suelos Gleysol e Histosol, así como la mayor variación de tipos de vegetación como selvas medianas subperennifolias, selvas bajas espinosas, matorrales



Figura 5. Imagen de los pantanos de la reserva de la biosfera de Centla.

(mucalerías) y comunidades hidrófitas enraizadas emergentes (Programa de manejo reserva de la biosfera pantanos de Centla, 2000: 26-27).

“El paisaje no es simplemente un escenario actual contemplado por un observador”. Con esta frase, Sauer descarta al carácter empirista y estático del paisaje. Plantea que muy por el contrario, se trata de un fenómeno sumamente dinámico y se encuentra en un proceso continuo de desarrollo. Así, un paso necesario es vincular el paisaje físico del presente con sus orígenes geológicos. “El área anterior a la introducción de la actividad humana está representada por un cuerpo de hechos morfológicos”, nos dice Sauer. Es en este sentido que se requiere de una reconstrucción geomorfológica que dé cuenta de los cambios a lo largo del tiempo.

Para el caso de Centla es importante introducir los procesos geomorfológicos que ocurren en esta región, los cuales son sumamente dinámicos y complejos. Se han realizado cálculos de la acreción costera por cartografía histórica comparativa, así como por evidencias y monitoreo de cambios morfodinámicos de la línea de costa (Chávez, 2006; Hernández Santanam *et al.*, 2008). Debido al acarreo constante de sedimentos, en el área de la desembocadura del Río Grijalva hay un proceso acumulativo que impacta en el crecimiento de su litoral de 8.3 hasta 12.0m por año (Hernández Santanam *et al.*, 2008: 16). El resultado es que a lo largo de un período de 1200 años, el delta ha crecido aproximadamente 7.3km mar adentro (Chávez, 2006: 12-18).

Esta información permite precisar que la línea costera ha cambiado drásticamente en los últimos siglos. Así, cualquier interpretación del paisaje debe basarse en modelos sobre la evolución del delta del Grijalva.

Ahora bien, la división de las formas del paisaje en naturales y culturales establecida por Sauer, está basada en la determinación de las áreas modificadas por la actividad del hombre. Un aspecto de gran relevancia tiene que ver con el carácter histórico que este autor le asigna al paisaje cultural. Sus estudios en geología, la relación que tenía el departamento de geografía y el de antropología en la Universidad de Berkeley (Rucinke, 1990: 7), imprimieron un importante sentido temporal a sus estudios de paisaje.

En primer lugar, y con un interesante sentido diacrónico, Sauer (1925: 45) plantea que se tendría que realizar la indagación histórica acerca del origen de las características y su organización estrictamente morfológica en un grupo de formas que presenta el paisaje natural. Posteriormente, señala, puede haber una sucesión de estos paisajes correspondiente a una sucesión de culturas. En cada caso, nos dice, la cultura como un agente deriva en la modificación del paisaje natural. Así, el paisaje cultural se ve sujeto a cambios tanto por el desarrollo de una cultura como por un reemplazo de culturas.

De esta manera, la división de formas en naturales y culturales, es la base necesaria para determinar la extensión de las áreas y el carácter de la actividad del hombre en los diferentes momentos históricos.

Así, la metodología que sugiere Sauer es análoga a los estudios de patrón de asentamiento que se efectúan en arqueología, de tal manera que podemos enfocar las metodologías de la arqueología de asentamientos a los estudios del paisaje cultural.

Debido a la amplitud y complejidad de rasgos considerados, la delimitación de estos ambientes se efectuó mediante herramientas SIG, que proveen un medio para integrar información ambiental y cultural. La introducción de herramientas informáticas nos permitió la gestión de amplias bases de datos geográficos. Así los criterios naturales (Figura 6) que reconocimos como representativos (en el sentido que lo describe Sauer por su utilización cultural) fueron la fisiografía, topografía, redes hidrográficas (fuentes de agua tales como el mar, ríos, pantanos y lagunas), áreas de reserva natural (zona de pantano y manglares) geomorfología (reconstrucción histórica de la línea costera).

Por otro lado se registraron factores culturales tales como la distribución de asentamientos arqueológicos, históricos, poblados, y obras modernas (áreas suburbanas, rurales y límites de predios, carreteras, caminos vecinales, obras de explotación petrolera).

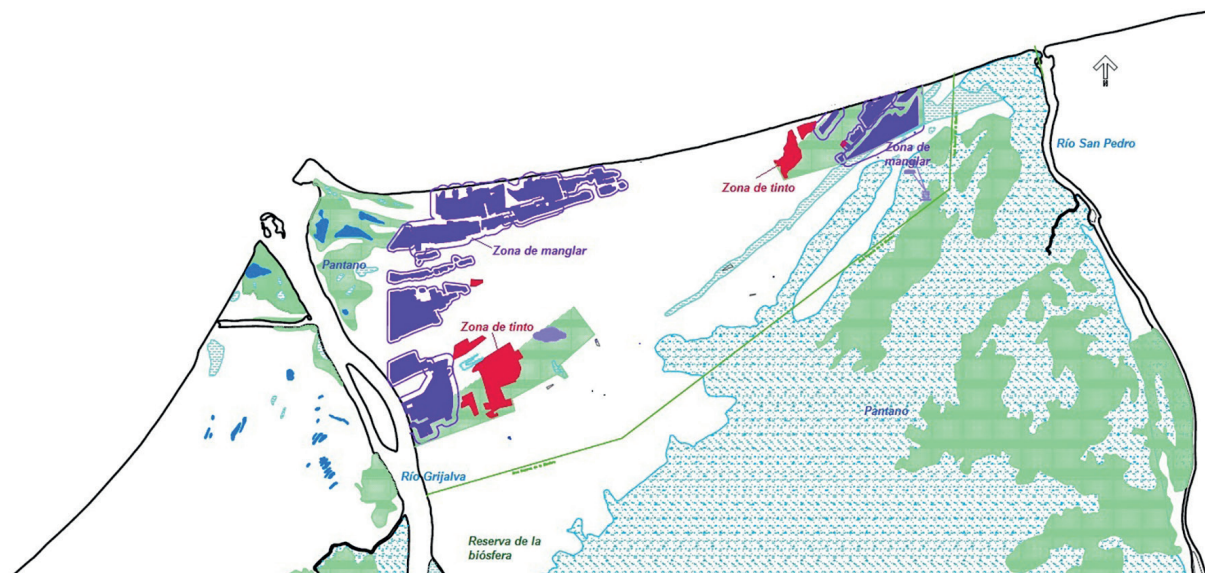


Figura 6. Paisaje natural de la zona costera de Centla utilizando herramientas SIG.

Tanto los criterios naturales como los factores culturales seleccionados fueron mapeados utilizando capas de datos digitales (Figura 7), de tal manera que los distintos planos de información geográfica

se pueden superponer. De esta forma hemos obtenido una relación de los asentamientos, tanto arqueológicos, históricos y actuales, y su relación con el medio geográfico.

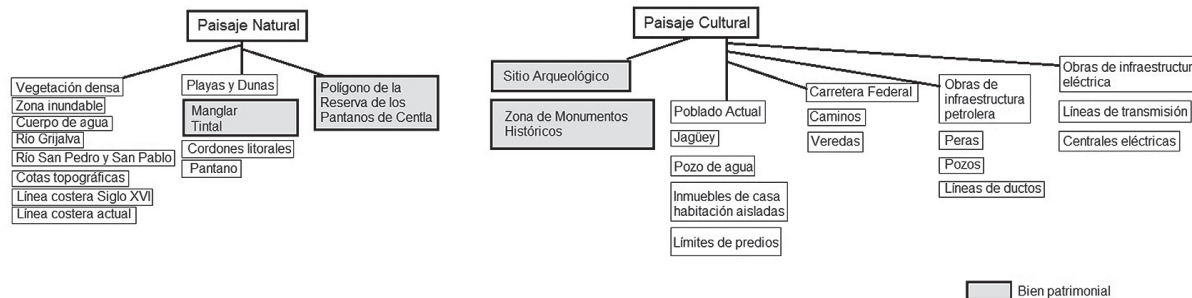


Figura 7. Criterios de paisaje natural y cultural documentados en la base de datos, señalando aquellos considerados como bienes patrimoniales.

Debemos señalar que la información fue obtenida empleando distintas cartas INEGI (Carta Felipe Carrillo Puerto E15B61, Carta Frontera E15B62, Carta Vicente Guerrero E15B71) siendo contrastada y precisada su delimitación en campo por censos, y estudios de biólogos, ingenieros, topógrafos y arqueólogos.

Discusión académica

Para el estudio de este paisaje, se delimitó un área de 100 km² en el cual se incluyó la sección norte de la Reserva de los Pantanos de Centla, hasta alcanzar la línea costera. Esta área contiene varios poblados modernos, incluida la cabecera municipal de la ciudad y puerto de Frontera. De igual forma es cruzada de este a oeste por la autopista Villahermosa-Cd. del Carmen, y contiene un amplio sistema de ductos, peras y pozos para la explotación de recursos petrolíferos. La decisión de documentar esta zona fue con la finalidad de evaluar el impacto que tiene la interacción del paisaje cultural moderno sobre esta área geográfica representativa de la diversidad de hábitats y que además contiene ejemplo de asentamientos arqueológicos e históricos que dan cuenta de la adaptación humana a dichas condiciones geográficas.

A partir de los estudios geomorfológicos de la desembocadura del sistema Grijalva (Chávez, 2006; Hernández Santanam *et al.*, 2008), se realizó la cartografía geomorfológica de la línea costera para el siglo XVI sobre la cual se plasmó la distribución de asentamientos arqueológicos. El primer aspecto que se pudo observar en la distribución regional de los asentamientos, es que estos se

restringen a la parte sur del área, limitados a la Latitud 18°33'14" con Longitud 92°37'02", y a la Latitud 18°37'38" con Longitud 92°30'29". Hacia la zona norte de esta área no se identifica ningún asentamiento arqueológico, coincidiendo su límite de distribución con la franja costera. De tal forma que en el pasado, los sitios arqueológicos identificados se debieron haber ubicado cercanos a la línea costera (Figura 8).

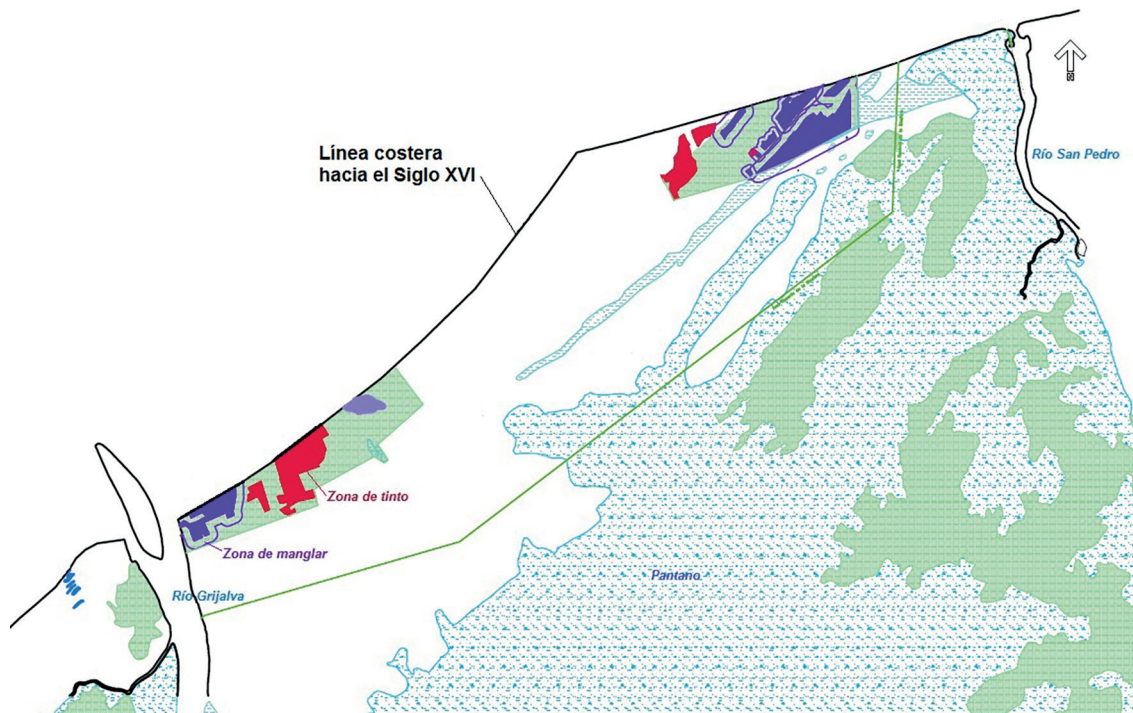


Figura 8. Reconstrucción geomorfológica de la línea costera hacia el siglo XVI.

La primera ocupación humana en este paisaje data de los años 200 a.C. al 200 d.C., con un pequeño caserío en la zona de camellones litorales. Tras un amplio *hiatus*, ocurre la segunda ocupación en el periodo comprendido entre los años 700 y 900 d.C., que corresponde una época de intensa actividad económica y política por parte de los grupos mayas de la región (Figura 9). Se ha propuesto (Guevara y Pichardo, 2015) que el patrón de distribución de los sitios orientados a los cordones litorales, pudo seguir un sistema económico de "explotación horizontal" de recursos que es definido como un rango altitudinal homogéneo en el que se presenta gran variedad microambiental en un área geográfica reducida, que produce un amplio rango de recursos concentrados. Este concepto es análogo al descrito por Brush (1977) como "microverticalidad", en el que se describen diferentes zonas ecológicas accesibles a las poblaciones, y que por su cercanía pueden explotar la complejidad de bienes de subsistencia

de los distintos microambientes, sin necesidad de movimientos de población estacionales o de extensas redes de comercio (Brush, 1977: 11).



Figura 9. Distribución de sitios arqueológicos en el paisaje durante el siglo X.

Las poblaciones asentadas en la zona central de camellones litorales, se podía desplazar a los distintos microambientes que se localizaban a distancias menores a los 5km. Con esta movilidad podían controlar y explotar múltiples recursos alojados en los distintos microambientes, tal como ocurre en las poblaciones actuales. La cercanía a los recursos que poseía cada población debió otorgar un alto grado de autonomía económica a los asentamientos prehispánicos.

Ha sido importante la identificación de los distintos ambientes que componen esta región para detallar la historia de los asentamientos humanos en la región. Realizamos la demarcación de las áreas ocupadas por los asentamientos arqueológicos, el centro histórico de la ciudad de Frontera que data del siglo XVIII y las áreas naturales protegidas de mangle y la Reserva de los Pantanos de Centla, se presenta en un plano que nos señala patrimonio contenido en este el paisaje natural y cultural.

Al yuxtaponer la información arqueológica con los datos fisiográficos se pudo notar que hay una preponderancia de los sitios arqueológicos a asentarse en la zona de camellones litorales, donde el 90% de ellos se ubican en estas topoformas (Figura 10).

De igual manera, las poblaciones actuales se sitúan en estos mismos ambientes; así mismo las comunidades actuales se sitúan en las áreas cercanas a la playa. El patrón de asentamiento humano a la zona de playa y camellones litorales seguramente se debe por las condiciones para habitación que ofrecen estas zonas. Lo anterior es comprensible en una región cubierta por agua la mayor parte del año.

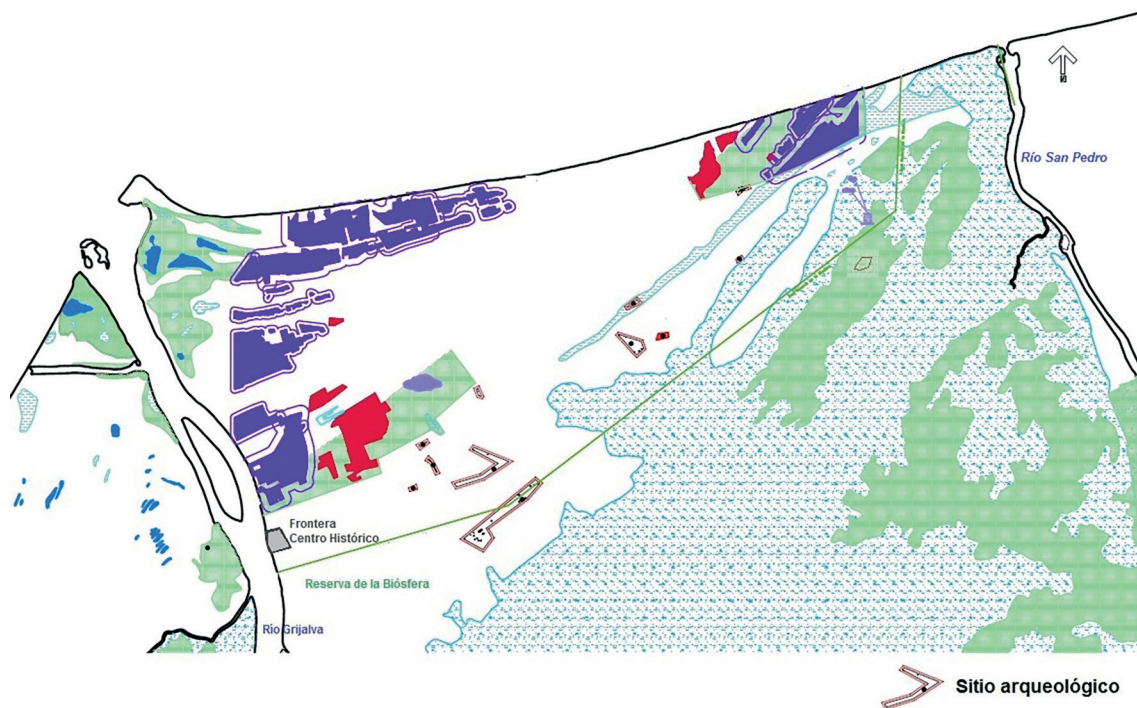


Figura 10. Paisaje cultural, considerado como bien patrimonial, sobrepuesto a la capa de paisaje natural.

Curiosamente, sólo los asentamientos que históricamente han funcionado como cabeceras, se localizan en otros nichos. Una de las capitales prehispánicas identificadas se localizaba en un islote centro de la zona de pantano en el área de reserva de Centla. En tanto la principal cabecera maya de la región, Potonchán, muy seguramente se situó en área de manglar en el arroyo El Trapiche, un afluente en la margen oeste del Río Grijalva (Seler, 1915; Berlin, 1956: 136).

Lo anterior puede deberse en primer lugar a una situación de seguridad. Los asentamientos cabecera estaban situados en “islotas” que sobresalían por encima del nivel de inundación de estas zonas de manglar y pantano. Por otra parte, su acceso era restringido al estar comunicado únicamente por arroyos y canales. Esto último pudo ofrecer seguridad en situaciones de conflicto, como ocurrió en la batalla que Cortés (1989) tuvo en Potonchán.

Estas cabeceras comprenden asentamientos de gran complejidad interna, que cuenta con conjuntos monumentales de arquitectura de tierra compactada (característica de la región y condicionada por el entorno ambiental al tratarse de llanuras aluviales) con agrupamientos de estructuras alrededor de plazas.

La fundación de la ciudad y puerto de Frontera, en el periodo colonial tardío, también se realizó en zona de pantano en la ribera del Río Grijalva, cercano a su desembocadura con el mar. La ubicación de Potonchán, en el periodo prehispánico y Frontera, en el siglo XIX, al margen del río Grijalva y cercanos a su desembocadura, obedeció al control que mantuvieron del intenso comercio mediante estas vías fluviales (Ochoa y Vargas 1979; Trujillo, 2005: 83-84).

Los mapas generados, representan el patrimonio natural y cultural en el paisaje de Centla. Ahora bien, una vez delimitados con precisión, es necesario yuxtaponer esta cartografía patrimonial a las obras urbanas, al desarrollo de infraestructura industrial (debido a que se trata de una importante zona petrolífera). Se pudo observar que los asentamientos arqueológicos se mantienen fuera de áreas de desarrollo urbano y no son afectadas por obras industriales. Hay dos casos que la introducción de caminos vecinales que atraviesan el interior de los polígonos de protección de los asentamientos arqueológicos, cuyas labores de mantenimiento deben ser monitoreadas para evitar daños de este bien patrimonial.

Un caso muy distinto ocurre con el patrimonio arqueológico e histórico de Frontera. El desarrollo urbano de la ciudad sobre un sitio arqueológico y sobre un asentamiento que data del Siglo XIX, necesariamente debe ocurrir la regulación de los planes de desarrollo dentro de los polígonos de protección establecidos para estos ejemplos de patrimonio histórico.

E inclusive mediante los censos realizados que nos permitieron tener referenciados los linderos de los actuales predios y sus propietarios, se puede fomentar la implementación de líneas de protección legal en regímenes de propiedad privada que contienen vestigios arqueológicos (Figuras 11, 12 y 13).

Consideraciones finales y perspectivas

Los documentos obtenidos sirven para crear una base de datos que pueden permitir analizar las variables que está influyendo en la preservación o modificación del paisaje que se puede considerar con una valoración de patrimonio natural y cultural.

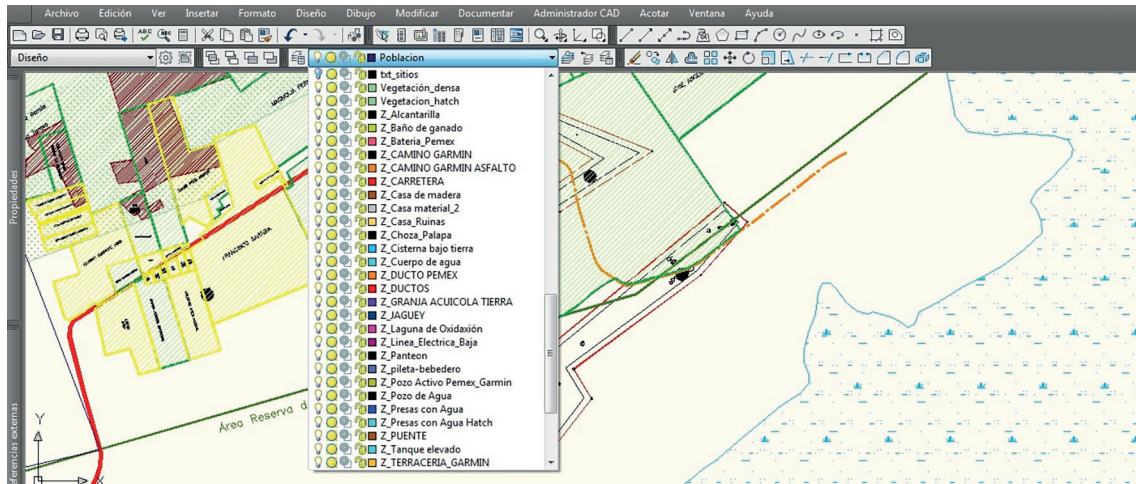


Figura 11. Capas que muestran las variables de obras de infraestructuras y desarrollo urbano.



Figura 12. Mapa que muestra la yuxtaposición del patrimonio cultural y natural y las obras de infraestructura industrial y desarrollo urbano.

Un ejemplo muy elocuente de la incorporación de las herramientas SIG es justamente como instrumentos para el establecimiento de áreas de protección de recursos patrimoniales, especialmente frente a diferentes procesos de planificación territorial como lo es la ordenación del suelo, la evaluación de impactos por obras de infraestructura, etc.

Esta clase de herramientas nos permitirá la interpretación de esta información en el marco de la gestión y protección patrimonial; en especial de extensos contextos como los que nos enfrenta el estudio del paisaje.

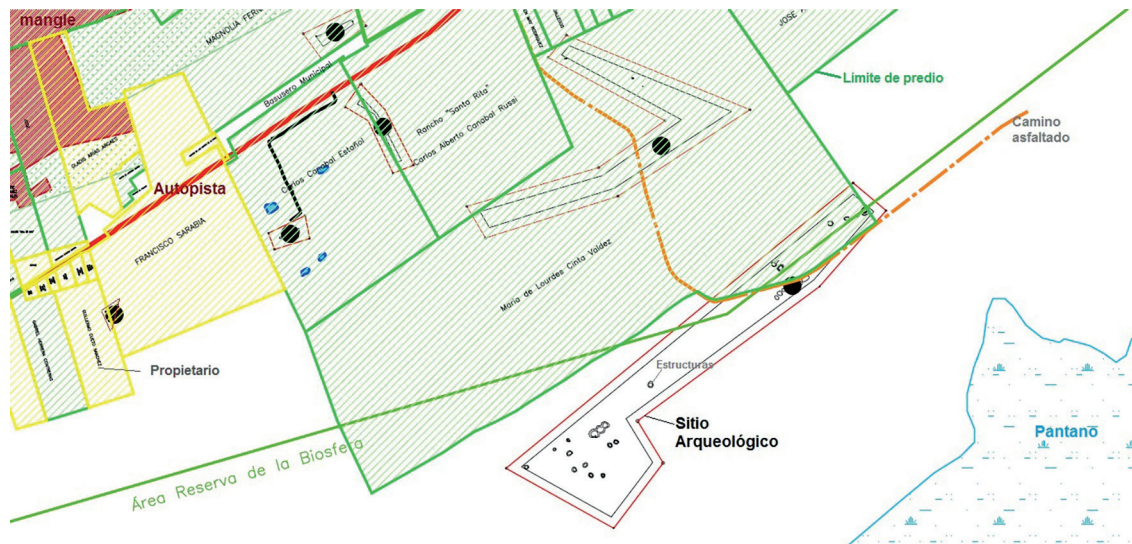


Figura 13. Plano que muestra el levantamiento de predios actuales en relación al patrimonio arqueológico.

Agradecimientos

Agradezco de manera especial a las arqueólogas Alejandra Pichardo y Guadalupe Lara su detallado trabajo en los pantanos de Centla. Estas labores fueron efectuadas por un equipo interdisciplinario como parte del Proyecto de Exploración Sísmica Tsimin-Tojual, Geokinetics-PEMEX, en el que el INAH participó para documentar y salvaguardar el patrimonio arqueológico.

Bibliografía

- Armijo Torres, Ricardo, Laura Castañeda y Carlos Varela. 2008., *La arquitectura de Comalcalco, Tabasco, a través de sus ladrillos*. pp. 1496-1507. En: J. P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía (eds.). XXII Simposio de Investigaciones arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala.
- Ashmore, Wendy. 2004. *Social archaeologies of landscapes*. pp. 255-271. En: L. Meskell y R. Preucel (eds.). *A companion to social archaeology*, Blackwell. Oxford.
- Brush, S. B. 1977. *Mountain, field and family. The economy and human ecology of an Andean valley*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- Cortés, Hernán. 1989. *Cartas de relación*. Editorial Porrúa. México.
- Criado Boado, Felipe. 1999. *Del terreno al espacio: Planteamiento y perspectivas para la arqueología del paisaje*. CAPA, (6). Universidad de Santiago de Compostela.
- Chang, K. C. 1990. *Nuevas perspectivas en arqueología*. Alianza Editorial. Madrid.

- Chávez, Ulises. 2006. *De mayas chontales, españoles y pantanos. La Secuencia Cerámica de San Román, Tabasco*. Tesis de Licenciatura en Arqueología, ENAH, México.
- Clarke, David (ed.). 1977. *Spatial archaeology*. Academic Press. Londres.
- Díaz del Castillo, Bernal. 1984. *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, UNAM. México.
- Gallegos Gómora, Miriam Judith y Ricardo Armijo Torres. 2003. *Sistemas constructivos y materiales en la arquitectura*. XXV Convegno Internazionale di Americanistica. Perugia-Xalapa.
- Gándara, Manuel. 2008. *La interpretación del paisaje en arqueología*, pp. 231-244. En: V.
- Thiébaud, M. García y M. Jiménez (eds.). *Patrimonio y paisajes culturales*. El Colegio de Michoacán. México.
- Geisler, Walter. 1924. *Die deutsche Stadt. Ein Beitrag zur Morphologie der Kulturlandschaft*. Engelhorn. Stuttgart.
- Goggin, John. 1970. *The Spanish olive jar, an introduction study*. Yale publications in Anthropology, (62). New Haven.
- Guevara, Miguel y Alejandra Pichardo. 2015. *Sistemas de asentamiento y organización territorial en la región costera de Centla, Tabasco*. Arqueología (49).
- Hernández Santanam, José, Mario Ortiz Pérez, Ana Linares, Lilia Gama Campillo. 2008. *Morfodinámica de la línea de costa del estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente*. Boletín de investigaciones geográficas, (65): 7-21.
- Herrera Silveira, J. A., y E. Ceballos. 1998. *Los manglares de México*, Biodiversitas, (4): 1-10.
- Johnson, Mathew. 2007. *Ideas of landscape*. Blackwell. Oxford.
- Knapp, B. y W. Ashmore. 1999. *Archaeological landscapes: Constructed, conceptualized, ideational*. W. pp. 1-32. En: Ashmore y B. Knap (eds.), *Archaeologies of landscapes. Contemporary Perspectives*. Blackwell Publishers. Oxford.
- Martínez Assad, Jiménez. 1996. *Breve historia de Tabasco*. Serie Breves historias de los Estados de la República Mexicana. El Colegio de México-FCE. México.
- McAtackney, Laura. 2007. *The contemporary politics of landscape at the Long Kesh/Maze Prison Site, Northern Ireland*. pp. 30-54. En: D. Hicks, L. McAtackney y G. Fairclough (eds.). *Envisioning landscape. Situations and standpoints in archaeology and heritage*. Left Coast Press. Washington.

- Ochoa, Lorenzo y Ernesto Vargas. 1979. *El clapso maya. Los Chontales y Xicalango*. Estudios de Cultura Maya, (XII): 61-91.
- Pérez, Arturo, C. Siebe y S. Cram. 2005. *Diferenciación biogeográfica de Tabasco*. pp. 305-320. En: J. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (eds.). Biodiversidad del Estado de Tabasco. Conabio. UNAM. México.
- Periódico Oficial de la Nación. 1992. Decreto por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Pantanos de Centla. México.
- Pichardo Fragoso, Alejandra. 2015. *De San Fernando de Frontera a Ciudad y Puerto de Frontera*. III Coloquio de Arqueología Histórica. MNH-INAH. México.
- Rucinque, Héctor. 1990. *Carl O. Sauer: Geógrafo y maestro par excellence*. Trimestre geográfico (14): 3-19.
- Ruiz, María. 2006. *Los paisajes culturales y la investigación, valoración y gestión del patrimonio cultural el ejemplo de Las Médulas (León)*. pp. 113-124. En: Javier Rivera Blanco (coord.). Actas del V Congreso Internacional Restaurar la memoria (1). Valladolid.
- Sauer, C. O. 1925. *The morphology of landscape*. Publications in geography. 2 (2): 19-53.
- Seler, Eduard. 1915. *Archäologische reise in süd-und Mittelamerika 1910/1911. Gesammelte abhandlungen zur amerikanischen sprach- und alterthumskunde*. Band. Berlin.
- SEMARNAP. 2000. Programa de manejo de reserve de la biósfera de los pantanos de Centla. INE. México.
- Sisson, Robert. 1976. *Survey and excavation in the northwestern Chontalpa, Tabasco, México*. Harvard University. Cambridge.
- Trujillo Bolio, Mario. 2005. *El Golfo de México en la centuria decimonónica: Entornos geográficos, formación portuaria y conformación marítima*. CIESAS-Porrúa-Cámara de Diputados. México.
- UNESCO. 1971. *Programa sobre el hombre y la biósfera. Primera reunión Consejo Internacional de Coordinación*. París. Francia.
- UNESCO. 1992. *Guía operativa para la implementación de la convención del patrimonio mundial*. Petit Pierre. Francia.
- Vega, Alfonso. 2005. *Plan de conservación para la reserve de la biosfera pantano de Centla y el área de protección de flora y fauna Laguna de Términos*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.

- Weeks, John M. 2002. *The Library of Daniel Garrison Brinton*. University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology. Philadelphia.
- West, Robert C. 1981. *The contribution of Carl Sauer to Latin American geography*. pp. 8-21. En: Tom L. Martinson and Gary S. Elbow (eds.). *Geographic research on Latin America*, (8). University of Texas Press.
- Wiley, G. R. 1953. *Prehistoric settlement patterns in the Virú Valley, Peru*. Bureau of American Ethnology Bulletin, (155). Washington, D.C.
- Zavala, Joel y O. Castillo. 2003. *Caracterización de unidades geomorfológicas en la zona norte de la reserva de la biósfera pantanos de Centla, Tabasco*. Kuxulkab, (9): 34-41.

Cita

Guevara Chumacero, M. 2015. Paisajes culturales. Estrategias de protección en la Reserva de la Biósfera de los Pantanos de Centla, Tabasco. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. Vol. I (2): 7-32. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0001

Sometido: 8 de abril de 2015

Revisado: 16 de julio de 2015

Aceptado: 7 de agosto de 2015

Editor asociado: Dr. Manuel Jesús Pinkus Rendón

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández García

Edición Abstract en Idioma Inglés: M. en C. Diana Dorantes Fisher

Efecto de la Deforestación Sobre el Albedo en Bosques de Coníferas de México

Ramiro Pérez Miranda^{1*}, Antonio González Hernández¹,

Francisco Moreno Sánchez¹, Víctor Javier Arriola Padilla¹

Resumen

Los bosques absorben una parte de la radiación solar incidente que ingresa al planeta y otra porción la reflejan hacia el espacio exterior. La deforestación altera el balance radiativo de la Tierra al hacer que aumente el albedo. El objetivo del estudio fue estimar el albedo en bosques de coníferas y áreas deforestadas en cinco estados de México. Se estableció una parcela para cada condición forestal, de 1.13 ha (ambas fueron contiguas con una separación de 400 m) en Coahuila, Durango, Jalisco, Michoacán y Tlaxcala. Se utilizaron imágenes Landsat-8 OLI-TIRS para obtener la reflectancia. En la zona deforestada los promedios más alto de albedo fueron en Coahuila (0.232) y Michoacán (0.228) y en la zona de bosque fue en Jalisco (0.143) y Durango (0.122). La prueba de t de *Student* presenta diferencias significativas entre la zona deforestada y zona boscosa de cada sitio, lo que implica que el albedo es afectado independientemente por la cubierta vegetal y su fragmentación. La estimación del albedo mediante sensores remotos puede perfilarse como un indicador para medir la calidad de los bosques con la ventaja de obtenerse de manera económica y temporalidad, para tomar decisiones en el manejo sustentable del bosque.

Palabras clave: *Abies* sp. Deforestación. Forestal. *Pinus* sp. Radiancia.

Abstract

Forests absorb part of the solar radiation that enters the planet and the other portion is reflected into space. Deforestation alters the radiation balance of the Earth making albedo increase. The objective of the study was to estimate the albedo in coniferous forests and deforested areas in five

¹ Centro Nacional de investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Av. Progreso No. 5, Col. Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán C.P. 04010, México, D. F.

*Autor correspondencia: E:mail: perez.ramiro@inifap.gob.mx

states of Mexico. A plot for each forest condition of 1.13 ha was established (both were contiguous with a spacing of 400 m) in Coahuila, Durango, Jalisco, Michoacan and Tlaxcala. Landsat-8 OLI-TIRS was used to obtain reflectance. The highest albedo average was in Coahuila (0.232) and Michoacán (0.228) in the deforested area and in Jalisco (0.143) and Durango (0.122) in the forest area. The Student *t* test showed significant differences between deforested and forest areas of each site, which implies that albedo is affected independently by vegetation cover and fragmentation. Albedo estimation by remote sensing can profile itself as an indicator for measuring the quality of forests with the advantage of obtaining economical and temporariness data for decision making on sustainable forest management.

Key words: *Abies* sp. Deforestation. Forest. *Pinus* sp. Radiance.

Introducción

Los ecosistemas son generadores de una amplia gama de bienes (madera y leña), y servicios (pastoreo, caza, investigación, turismo, secuestro de carbono, captación) para la sociedad (Cortez, 1993). Su destrucción por deforestación constituye una de las fuentes más importantes de liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Martín, 2008; Masera *et al.*, 1997; IPCC, 1996). Por ello, en los últimos años se ha despertado un amplio interés de los ecosistemas forestales en el cambio climático global, y su doble contribución en las medidas de adaptación y mitigación los posicionan como reservorios y sumideros de carbono (Magaña *et al.*, 2000; IPCC, 2014).

A escala local, la deforestación modifica las condiciones microclimáticas del bosque (Segura, 1992; Fernández *et al.*, 2010; Villers y Trejo, 2000) porque desequilibra el balance energético del área (Tejeda y Rodríguez, 2007). El microclima en una zona forestal se define como el conjunto de variables de las condiciones de estado y comportamiento normal que bajo las cubiertas forestales adquiere el sistema aire-suelo, a escalas temporales y espaciales reducidas, claramente diferentes a las que se presentan en otros sistemas terrestres adjuntos (Gómez, 2004). El microclima bajo cubiertas vegetales está determinado por la ubicación geográfica, composición y estructura del bosque, condiciones climáticas locales y variación estacional; estos originan respuestas contrastadas de las variables microclimáticas entre zonas con bosque y zonas abiertas (Gómez, 2004 Bahamonde *et al.*, 2009). El microclima juega un papel ecológico muy destacado, siendo el

conductor primario de las respuestas biológicas a la necesidad con el medio físico que caracteriza a cualquier ser vivo. Las variadas condiciones micrometeorológicas de los sistemas naturales resultan importantes para comprender y predecir procesos como fotosíntesis, regeneración, crecimiento, ciclo de nutrientes y degradación de la materia orgánica (Chen *et al.*, 1999).

El balance energético del sistema climático en el planeta debe estar en equilibrio, esto implica que la energía del Sol entrante al planeta debe ser en promedio igual a la suma de la radiación solar reflejada saliente emitida por el sistema climático (Kiehl y Trenberth, 1997). El espectro de onda corta, visible y onda larga de la radiación solar que incide en el tope de la atmósfera es el 100%, de los cuales 50% es absorbido en la superficie, 30% es reflejado al espacio (albedo) y 20% restante es absorbido por la atmósfera (Reyes, 2002; Rodríguez *et al.*, 2004; Santamaria, 2010). El albedo de una superficie es la fracción reflejada de los rayos solares incidentes. La radiación solar que llega a la tierra es reflejada por cuerpos claros o blancos, como nubes, agua, nieve, hielo, desiertos y otros; mientras que cuerpos opacos u oscuros, como bosques, selvas y ciudades, la mayoría la absorben y son parcialmente reflectores de la luz (Reyes, 2002). El sistema tierra-atmósfera tiene un albedo promedio de 30%, las nubes cumulonimbos y nieve de 90%, los desiertos 25%, los bosques deciduos 17% y pino 14%, los pastos 26% y los océanos 10% (FAO, 1955; Lockwood, 1974; Rodríguez *et al.*, 2004).

El albedo tiene relación con el clima, los valores bajos de albedo en los bosques se debe a que la vegetación absorbe la mayoría de la radiación solar incidente y en menor proporción la refleja. El ángulo de incidencia de los rayos solares influye en el albedo terrestre. La reflectividad (albedo) disminuye conforme la altitud del sol se incrementa; en los polos durante el invierno donde se tiene un ángulo cercano a cero existe una máxima reflectividad; mientras que en regiones tropicales próximas a 90° se tiene una mínima reflectividad (Reyes, 2002). El albedo es uno de los factores clave en los balances energéticos de los subsistemas geofísicos. Climatológicamente de él depende el vigor de la dinámica de los geofluidos (líquidos del subsuelo: aguas subterráneas, geotérmicos, salmueras de cuenca y otros), por lo que un cambio mínimo en el albedo terrestre implica cambios significativos en las temperaturas globales, en el régimen de vientos, precipitaciones y otros factores (Pelkowski, 2007). Los efectos del albedo a otra escala como en suelos húmedos su disminución produce un cambio en el balance térmico de la capa más baja del aire, esto ocasiona un aumento en el calor latente de vaporización y origina un aumento en la radiación solar absorbida, una disminución en la radiación de onda larga, y en el calor sensible (Budyko, 1974; Ponce *et al.*, 2001).

Por el contrario una tierra seca sin protección de la vegetación ocasiona un mayor albedo lo que provoca mayor temperatura del aire y del suelo, menor humedad relativa (Casas *et al.*, 1999).

Los bosques tienen un albedo menor que otros ecosistemas porque mediante sus sistemas radicales permiten a los árboles acceder al agua del subsuelo con facilidad y absorben mayor cantidad de energía solar, esto conlleva a un calentamiento y mayor pérdida de agua por evaporación, con el consiguiente enfriamiento. Los procesos de evaporación en zonas tropicales son altos y los bosques producen enfriamiento y humidificación de la atmósfera, en tanto que en latitudes más altas el efecto albedo es más importante y produce un fenómeno de calentamiento (FAO, 2011).

La estimación de los componentes radiativos (entre los que se encuentra el albedo) permite modelar la evapotranspiración, la cual tiene aplicaciones en el manejo y conservación de los recursos naturales utilizados en la agricultura, en lo forestal, en la hidrología, en balances hídricos, en predicción de escorrentía y estudios climatológicos y meteorológicos (Reca *et al.*, 1999; Santos *et al.*, 2008). Desde hace varias décadas, el albedo se puede estimar mediante equipos dispuestos en estaciones climáticas, los cuales están colocados en forma limitada a áreas de interés y son poco representativos para regionalizar. A pesar de ello, se han generado mapas a partir de la interpolación de los valores obtenidos para escalas medianas, con una presencia importante de incertidumbre de la información (Sánchez y Chuvieco, 2000; Sánchez, 2002). En años recientes, para calcular el albedo se recurre a la aplicación de técnicas de los sensores remotos para obtener información para extensas superficies, dentro de las posibilidades que permite la resolución espacial, temporal y radiométrica del sensor empleado (Caselles *et al.*, 1993; Caselles *et al.*, 1998; Sánchez y Chuvieco, 2000). Las técnicas de sensores remotos han sido empleadas para estimar la evapotranspiración real (Allen *et al.*, 2007; Kustas y Norman, 2000; Sánchez y Chuvieco, 2000), la radiancia y el albedo (Liang, 2000; Liang *et al.*, 2002) y para generar los flujos de energía (Zhang *et al.*, 2007). El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto del albedo en sitios deforestados y con bosques en cinco estados de la república mexicana, aplicando técnicas de sensores remotos con Landsat 8 OLI-TIRS.

Materiales y método

Área de Estudio

Las áreas de estudio se encuentran distribuidas en los estados de Coahuila, Durango, Jalisco, Michoacán y Tlaxcala, donde geográficamente se desarrollan los macizos forestales de coníferas de clima templado-frío del país (Figura 1), todas son parte de áreas de conservación y protección en diferente estatus y modalidades. En Coahuila, el sitio bajo estudio se encuentra en la Región Prioritaria para la Conservación Sierra de Arteaga (CONANP, 2015a), en Durango se localizan en el Centro de Ecoturismo Rancho El Molinillo (SEMARNAT, 2014), en Jalisco se halla en un área de uso predominante forestal bajo protección de acuerdo al ordenamiento ecológico del estado (Gob. de Jalisco, 2006), en Michoacán en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca (CONANP, 2001) y en Tlaxcala en la propiedad privada Tlacotla destinada voluntariamente a la conservación (CONANP, 2015b). Las coordenadas geográficas y municipios de los sitios bajo estudio se presentan en la Tabla I.



Figura 1. Ubicación de los sitios de bajo estudio en la república mexicana.

Los tipos de vegetación donde se encuentran los sitios son bosques de *Pinus durangensis* Ehren (Rancho Molinillos, Durango), *Abies vejarii* Martínez subsp. *vejarii* var. *vejarii* (Sierra La Marta,

Coahuila), *P. michoacana* Martínez (Sierra de Tapalpa, Jalisco), *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.) (Sierra de Angangeo, Michoacán) y *P. patula* Schl. et Cham. (Sierra de Tlaxco, Tlaxcala). Cada sitio estuvo compuesto por dos áreas de evaluación de una superficie aproximada de 1.13 ha, separadas una de otra, por una distancia aproximada de 400 m. Una fue establecida en zona deforestada y la otra en el bosque.

Tabla I. Coordenadas geográficas y municipios de los sitios bajo estudio.

Sitio de Monitoreo	Municipio	Predio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
			Coordenadas Geográficas		
Coahuila	Arteaga	El Morro	25° 12.555' N	100° 22.179' O	2,969
			25° 12.398' N	100° 22.170' O	2,877
Durango	Durango	P.P. Molinillos	23° 38.039' N	105° 2.724' O	2,581
			23° 38.149' N	105° 2.939' O	2,590
Jalisco	Tapalpa	Predio Maquinitas	19° 56.694' N	103° 47.751' O	2,185
			19° 57.123' N	103° 48.172' O	2,074
Michoacán	Anganguero	Predio Las Jaras	19° 39.011' N	100° 16.956' O	3,030
			19° 38.855' N	100° 16.909' O	2,947
Tlaxcala	Tlaxco	Rancho Tlacotla	19° 42.029' N	98° 4.403' O	2,793
			19° 41.935' N	98° 4.385' O	2,761

Imágenes de satélite empleadas

Se utilizaron imágenes del satélite LANDSAT 8 OLI-TIRS de enero de 2014 del Servicio Geológico de Estados Unidos (U. S. Geological Survey, 2014). Los paths y rows de las escenas utilizadas de los sitios fueron, Coahuila: 28 - 43, Durango: 31 - 44, Jalisco: 29 - 46, Michoacán: 27 - 46 y Tlaxcala: 25 - 46. Se usó el sistema de coordenadas UTM y Datum WGS84. Los procesos y operaciones de las coberturas se realizaron en el sistema de información geográfica ArcMap 10.1™.

Obtención de valores de reflectancia de imágenes LANDSAT-8 OLI-TIRS

La reflectancia en el techo de la atmosfera con una corrección para el ángulo solar se realizó aplicando la siguiente ecuación:

$$P\lambda' = \frac{M\rho * Q_{cal} + A\rho}{\sin(\theta_{sen})} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1.}$$

Donde,

$P\lambda'$ = es el valor reflectancia planetaria o en el techo de la atmosfera (TOA), con corrección por ángulo solar.

M_p = es el factor multiplicativo de escalado específico por banda (donde x es el número de la banda) obtenido del metadato.

Q_{cal} = es el producto estándar cuantificado y calibrado para valores de pixel (DN). Este valor se refiere a cada una de las bandas de la imagen.

A_p = es el factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato (donde x es el número de la banda).

$\sin \theta$ = es el ángulo de elevación solar. El ángulo de elevación solar del centro de la escena es provisto en el metadato de la imagen.

Estimación de albedo

El procedimiento para obtener el albedo (α) se llevó a cabo mediante el método de Liang (2000), que implica la suma ponderada de los canales del visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio. Se calculó el albedo para Landsat-8 OLI and TIRS.

$$\alpha = (0.356\alpha_1) + (0.130\alpha_3) + (0.373\alpha_4) + (0.085\alpha_5) + (0.072\alpha_7) - (0.0018) \dots\dots \text{Ecuación 2.}$$

Donde,

α_i : Es el número de banda de la imagen de satélite.

Los valores de albedo de las áreas deforestadas y bosques, fueron contrastados estadísticamente mediante una prueba t de *Student* para muestras independientes en el programa IBM™ SPSS™ Statistics 20.0 (SPSS, 2015), utilizando un nivel de confianza del 95%. La normalidad fue probada mediante una prueba Shapiro-Wilk ($P > 0.05$ en todos los casos) y la homoscedasticidad mediante una pruebas de Levene ($P > 0.05$ para todos los casos).

Resultados y discusión

Los valores del albedo en los cinco sitios de monitoreo se observan en la Figura 2 (en el orden de sitios con deforestado y con bosque -forestado-).

Albedo de los sitios monitoreo

De acuerdo a la Tabla II, los tres valores mínimos de albedo (más altos) de las áreas deforestadas de los cinco sitios de estudio fueron de 0.202 en Anganguero, Mich., 0.150 en Tapalpa, Jal., y

0.123 en Rancho Molillo, Dgo. En este mismo orden, los máximos quedaron en Coahuila con 0.444, Michoacán 0.167 y Jalisco 0.133. Los valores promedios estuvieron en Coahuila con 0.232, Michoacán 0.228 y Jalisco 0.161.

Con relación a los valores máximos de albedo (mayores) de las áreas de bosques de los cinco sitios de estudio fueron: 0.133 en Tapalpa, Jal., 0.118 en Rancho Molillo, Dgo. y 0.060 en Angangueo, Mich. Los máximos quedaron en Jalisco con 0.121, Durango 0.112 y Coahuila 0.071. Los promedios en Jalisco con 0.143, Durango 0.122 y Michoacán 0.069.

Tabla II. Valores de albedo de los cinco sitios bajo estudio, bajo dos condiciones de vegetación.

Sitio	Condición	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio	Desviación estándar
Coahuila	Deforestado	0.092	0.444	0.232	0.122
	Bosque	0.057	0.071	0.062	0.004
Durango	Deforestado	0.130	0.103	0.146	0.016
	Bosque	0.118	0.112	0.122	0.003
Jalisco	Deforestado	0.150	0.132	0.161	0.009
	Bosque	0.133	0.121	0.143	0.008
Michoacán	Deforestado	0.202	0.167	0.228	0.022
	Bosque	0.060	0.048	0.069	0.007
Tlaxcala	Deforestado	0.110	0.101	0.125	0.008
	Bosque	0.056	0.051	0.061	0.003

De acuerdo a los registros de albedo reportados por la FAO (1955) y Lockwood (1974) fueron 0.14 para bosque de pino y 0.26 para pastizal; en este estudio se consiguieron valores promedio aproximados en Jalisco (0.143) y Durango (0.122) para los sitios con coníferas, y Coahuila (0.232) y Michoacán (0.228) para los sitios deforestados con pastizal. Cabe mencionar que los datos de albedo obtenidos de la bibliografía son usados como referencia, puesto que no se tiene información específica de la metodología usada para generarlos.

Conforme a la Figura 2, se puede observar que los valores de albedo de los sitios son variados y contrastantes entre las zonas deforestadas y áreas con bosque. El sitio Coahuila tuvo los valores más contrastantes entre la zona de bosque y la zona deforestada, presentando mayor variabilidad en la deforestada; situación parecida sucedió con Michoacán y en menor grado en Tlaxcala, con una pequeña variabilidad en sus datos. Condiciones contrarias se dieron en los sitio Durango y Jalisco. Las menores diferencias entre albedo de zona de bosque y deforestada se obtuvieron en el sitio de Durango, lo cual posiblemente se deba a la presencia de acciones recientes de

reforestación en la zona deforestada (S. Rosales, com. pers. 10 de octubre de 2013), lo cual implica una disminución de la reflectancia.

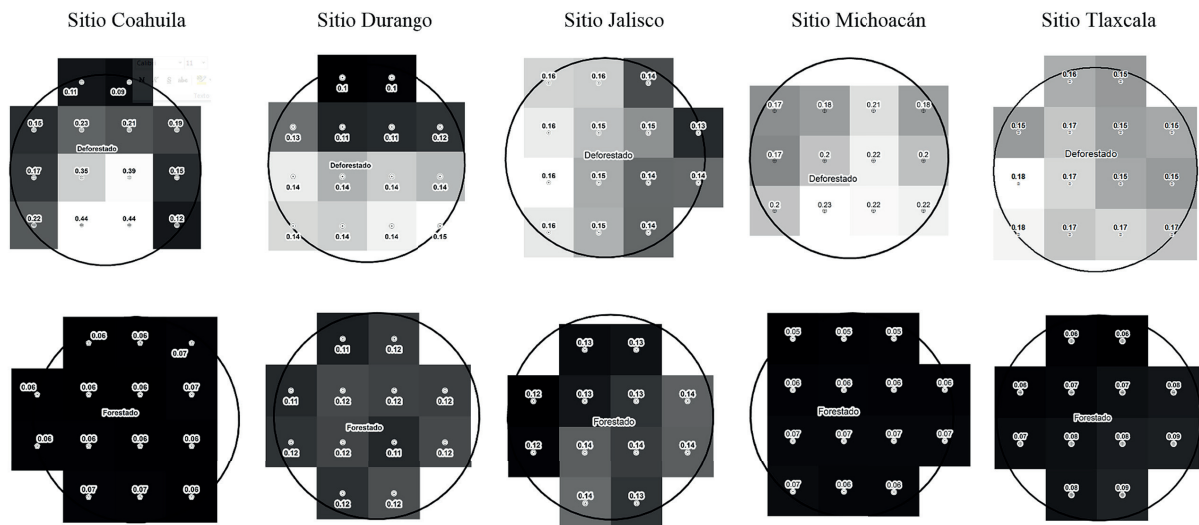


Figura 2. Distribución espacial de valores de albedo en los cinco sitios de monitoreo bajo dos condiciones de vegetación.

En Coahuila la media en la zona deforestada fue mayor (0.23) que en la zona con bosque (0.6), la prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk P- valor de la zona deforestado fue de 0.044, menor a $\alpha = 0.05$; el P- valor de la zona de bosque fue de 0.000, menor a $\alpha = 0.05$; lo cual significa que los datos no provienen de una distribución normal. En Durango la media en la zona deforestada fue mayor (0.128) que la zona con bosque (0.117), la prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk P- valor de la zona deforestado fue de 0.008, menor a $\alpha = 0.05$; el P- valor de la zona de bosque fue de 0.000, menor a $\alpha = 0.05$; lo anterior implica que los datos no provienen de una distribución normal. En Jalisco la media en la zona deforestada fue mayor (0.149) que la zona con bosque (0.132), la prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk P- valor de la zona deforestado fue de 0.033, menor a $\alpha = 0.05$; el P- valor de la zona de bosque fue de 0.011, menor a $\alpha = 0.05$; lo cual implica que los datos no provienen de una distribución normal.

En Michoacán la media en la zona deforestada fue mayor (0.200) que la zona con bosque (0.061), la prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk P- valor de la zona deforestado fue de 0.221, mayor a $\alpha = 0.05$; el P- valor de la zona de bosque fue de 0.008 menor a $\alpha = 0.05$. Los datos de la zona deforestada provienen de una distribución normal y los de la zona de bosque no provienen

de una distribución normal. En Tlaxcala la media en la zona deforestada fue mayor (0.162) que la zona con bosque (0.067), la prueba de normalidad de acuerdo a Shapiro-Wilk P- valor de la zona deforestado fue de 0.006, menor a $\alpha = 0.05$; el P- valor de la zona de bosque fue de 0.118 mayor a $\alpha = 0.05$. Los datos de la zona deforestada no provienen de una distribución normal y los de la zona de bosque provienen de una distribución normal. Las medias de los cinco sitios de monitoreo señalan que las zonas deforestadas presentaron valores más altos de albedo que las zonas con bosques, lo cual conlleva a la modificación del microclima local. En la mayoría de los casos, los datos de albedo no tuvieron una distribución normal, excepto la zona deforestada del sitio Michoacán y la zona de bosque de Tlaxcala, donde los albedo fueron más altos que $\alpha = 0.05$. Cabe mencionar, que la falta de normalidad de los datos fue debido al tamaño de muestra reducido; sin embargo, dado que se trata de una variable continua la prueba estadística queda justificada invocando al teorema central de límite (Infante *et al.*, 1988).

Pruebas de t de *student* para muestras independientes

En Coahuila la prueba Levene P-valor fue 0.000, menor $\alpha = 0.05$, lo cual indica que las prueba entre varianzas fueron significativamente diferentes. Así también, en la prueba de significancia de t de *Student* el P-valor de 0.000 fue menor que $\alpha = 0.05$, esto indican que existe una diferencia significativa entre los valores del sitio deforestado y los valores de los sitios de bosque. En Durango, en la prueba Levene, P-valor fue 0.000, menor $\alpha = 0.05$, por lo que las pruebas entre varianzas fueron significativamente diferentes. La prueba de significancia de t de *Student* el P-valor de 0.034 fue menor que $\alpha = 0.05$, los cuales indican que existe una diferencia significativa entre los valores del sitio deforestado y los valores de los sitios de bosque. En Jalisco los datos de albedo, la prueba Levene, P-valor fue 0.341, menor $\alpha = 0.05$, lo cual señala que las pruebas entre varianzas fueron significativamente diferentes. La prueba de significancia de la t de *Student* el P-valor 0.000 fue menor que $\alpha = 0.05$, por lo que se entiende que existe una diferencia significativa entre los valores del sitio deforestado y los valores de los sitios de bosque. Misma situación pasa en Michoacán, la prueba Levene P-valor fue de 0.004, menor $\alpha = 0.05$, esto indica que las prueba entre varianzas fueron significativamente diferentes. En la Prueba de t de *Student* el P-valor 0.000 fue menor que $\alpha = 0.05$, ello indica que existe una diferencia significativa entre los valores del sitio deforestado y los valores de los sitios de bosque. De igual forma en Tlaxcala, la prueba Levene P-valor fue

0.0403, menor $\alpha = 0.05$, lo cual indica que las prueba entre varianzas fueron significativamente diferentes. En la Prueba de significancia de la t de *Student* el P-valor de 0.000 fue menor que $\alpha = 0.05$, ello indica que existe una diferencia significativa entre los valores del sitio deforestado y los valores de los sitios de bosque. De acuerdo a los resultados de la prueba de t de *Student* en los cinco sitios de monitoreo en todos los casos presentan diferencias significativas entre las zonas deforestadas y zonas con bosques.

Con base a los resultados se puede decir que el albedo está determinado en gran medida por la condición de vegetación, el cual influye importantemente en el microclima. Ello tiene sentido con lo encontrado por Promis *et al.* (2010) que hubo contrastes con la radiación solar global recibida a nivel del suelo, la cual aumenta en áreas de poca vegetación, y afecta al clima y al balance hídrico a nivel local y en consecuencia en el desarrollo de la vegetación (Pelkowski, 2007; Reyes, 2002). No se descarta que esta situación se tiene presente en los sitios bajo estudio, mismo que el desbalance energético que es el que cambian las variables del sistema microclimático (radiación, evaporación, temperatura, humedad relativa y otros) (Budyko, 1974; Casas *et al.*, 1999; Ponce *et al.*, 2001).

En general, aunque las características de los cinco sitios de monitoreo son diferentes en altitud, pendiente, orientación y tipos de coníferas, y además en el estudio no se destacó la existencia de otros factores que pudieron contribuir en el albedo como son plagas, humedad, fuego, CO₂, entre otros, sí se pudo realizar un análisis comparativo del albedo con respecto a su condición forestal. El albedo de los sitios deforestados fue más alto debido a poca existencia de cuerpos naturales, que son los que absorben la radiación solar, como la vegetación de mayor porte. Por el contrario, en los sitios con bosque se mostraron cantidades menores de albedo debido a la magnitud y densidad de árboles hallados en el lugar, que absorben la mayor parte de la energía solar (O'Halloran *et al.*, 2011), y por consiguiente se presenta un microclima menos extremoso.

En resumen, el bosque es el principal regulador del balance energético y de las condiciones microclimáticas (Segura, 1992; Villers y Trejo, 2000; Tejeda y Rodríguez, 2007). Los resultados indican que el efecto de la deforestación sobre el albedo, de acuerdo a Casas *et al.* (1999), Pelkowski (2007) y Bahamonde *et al.* (2009) si modificarían a las variables microclimáticas: temperatura del aire y del suelo, dirección e intensidad del viento, precipitación, evapotranspiración, humedad relativa, radiación solar absorbida, reflejándose en el cambio climático local y regional. Las afectaciones en el sector productivo agrícola, pecuario y forestal son diversas entre las que se

encuentran por el aumento de la radiación y baja disponibilidad de humedad del suelo y en el ambiente (Casas *et al.*, 1999; FAO, 2011).

Conclusiones

Los valores promedios (más altos) de albedo resultantes en zona deforestada fueron en Coahuila 0.232, Michoacán 0.228 y Jalisco 0.161; y en zona de bosque fueron en Jalisco con 0.143, Durango con 0.122 y Michoacán 0.069.

En cuanto a la variable albedo de los dos sitios bajo estudio (deforestado y con bosque) se trata de dos poblaciones diferentes significativamente.

Las implicaciones de los sitios deforestados en el albedo son cambios en el sistema del balance energético e hídrico, y en consecuencia alteraciones en el microclima local y regional, lo cual afecta a los bienes y servicios ambientales que proporcionan los bosques, así como su disponibilidad.

El empleo de las imágenes de satélite LANDSAT-8 es factible para determinar el albedo. Su estimación mediante sensores remotos tiene amplias ventajas (económica y temporalidad) para tomar decisiones enfocadas para el manejo sustentable del bosque. Este es un indicador que puede ser utilizado para determinar de manera rápida la calidad de los bosques y estimar la disminución de las funciones de la cobertura vegetal, tanto en áreas con manejo forestal como en áreas naturales protegidas.

Agradecimientos

A los Fondos Fiscales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Asimismo agradecemos a la M. en C. Diana Dorantes la revisión del idioma Inglés del Abstract y al Lic. Gerardo Hernández el diseño editorial del manuscrito.

Literatura citada

- Allen, R. G., M. Tasumi y R. Trezza. 2007. *Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)-Model*. Journal of Irrigation and Drainage Systems 19:251-268.
- Bahamonde, H. A.; P. L. Peri; G. Martínez P. y V. Lencinas M. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en

- Patagonia Sur. En: 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales. Consultado: 05-06-2015. En: http://inta.gob.ar/documentos/variaciones-microclimaticas-en-bosques-rimarios-y-bajo-uso-silvopastoril-de-nothofagus-antarctica-en-dos-clases-de-sitio-en-patagonia-sur/at_multi_download/file/Variaciones_microclimaticas_en_bosques_primeros.pdf
- Budyko, M. I. 1974. *Man and climate, climate and life*. Academic Press. New York, U. S. A. pp. 463-467.
- Casas, C., M. C. y M. Alarcón J. 1999. *Meteorología y clima*. Ediciones UPC. Barcelona, España. 162 p.
- Caselles, M., Delegido G. y Hurtado S. 1993. *Teledetección: Aplicación a la determinación de la evapotranspiración*. En: M. de S. Olalla, F. J. y J. A. de Juan (Coords.). *Agronomía del Riego*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 732 p.
- Caselles, M., M. Arthiagao, E. Hurtado S., C. Coll y A. Brasa. 1998. *Mapping actual evapotranspiration by combining Landsat TM and NOAA-AVHRR images: application to the Barrax area, Albacete, Spain*. *Remote Sensing of Environment* 63:1-10.
- Chen J., S. C. Saunders, T. R. Crow, R. J. Naiman, K. D. Brososke, G. D. Mroz, B. L. Brookshire, J. F. Franklin. 1999. *Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology*. *BioScience* 49 (4): 288-297.
- Cortez R., C. 1993. *El Sector forestal mexicano: ¿entre la economía y la ecología?* *Comercio Exterior* 43:370-377.
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP). 2001. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. SEMARNAT. México, D. F. 138 p.
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP). 2015a. *Cuenca alimentadora de los distritos nacionales de riego 026 b Bajo Río San Juan y 031 Las Lajas, en lo respectivo a la Sierra de Arteaga*. SEMARNAT. Consultado: 09-07-2015. En: <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=173&=11>
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP). 2015b. *Listado de áreas destinadas voluntariamente a la conservación*. SEMARNAT. Consultado: 10-03-2015. En: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/listado_areas.php

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1955. La clasificación climatológica en dasonomía. *Unasyuva* 9(2): Consultado: 25 de junio de 2015. En: <http://www.fao.org/docrep/x5375s/x5375s02.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2011. *Situación de los bosques del mundo 2011*. Roma, Italia. 176 p.
- Fernández, I., N. Morales, L. Olivares, J. Salvatierra, M. Gómez, G. Montenegro. 2010. *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Fundación ECOMABI. Santiago, Chile. 162 p.
- Gómez S, V. 2004. *Cubiertas forestales y respuesta microclimática*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie, 84-100.
- Gobierno del Jalisco. 2006. *Ordenamiento ecológico territorial del estado de Jalisco*. Secretaría del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable. Guadalajara, Jalisco, México. Consultado: 09-07-2015. En: http://siga.jalisco.gob.mx/moet/assets/pdf/Acuerdo_MOETJ_27-07-2006.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. OMM-PNUMA. Documento técnico I del IPCC 92 p. Consultado: 25-01-2015. En: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-I-sp.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Summary for policymakers*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, and L. L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N. Y., USA. pp. 1-32.
- Kiehl, J. T. and K. E. Trenberth. 1997. *Global average energy budget of the earth*. En: IPCC, R. T. Watson, M. C. Zinyowera y R. H. Moss (Eds). Cambridge University Press, UK. 517 p.
- Kustas, W. P. y J. M. Norman. 2000. *A two-source energy balance approach using directional radiometric temperature observations for sparse canopy covered surfaces*. *Agronomy Journal* 23:77-84.
- Liang, S. 2000. *Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I Algorithms*. *Remote Sensing of Environment* 76: 213 – 238.

- Liang, S., H. Fang, J. T. Morisette, M. Chen, CH. J. Shuey, CH. L. Walthall, and C. S. T. Daughtry. 2002. *Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery. II. Validation and applications*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40(12): 2736 – 2746.
- Lockwood, J. G. 1974. *World Climatology: An Environmental Approach*. Ed. Edward Arnold. London, England. 330 p.
- Magaña, V., C. Conde, Ó. Sánchez y C. Gay. 2000. *Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México*. En: Gay García Carlos (Comp.). México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, D. F. pp. 9-26.
- Martín, R. M. 2008. *Deforestación, cambio de uso de la tierra y REDD*. En: *Uso de la tierra: Unasylva* 230 (59): 3-11
- Masera, O. R., M. J. Ordoñez y R. Dirzo. 1997. *Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios*. Climatic Change 35: 265-295.
- O'Halloran, T. L., B. E. Law, M. L. Goulden, Z. Wang , J. G. Barr , C. Schaaf , M. Brown, J. D. Fuentes, M. Göckede, A. Black y V. Engel. 2011. *Radiative forcing of natural forest disturbances*. Global Change Biology 18(2):555-565.
- Pelkowski, J. 2007. *El albedo terrestre*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias 31(121):499-520.
- Ponce, V. M., O. R. García C. y S. Ercan. 2001. *Posible cambio climático debido a la explotación de agua subterránea en el Valle de Ojos Negros, Baja California*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía 44: 6-17.
- Promis, A., J. Caldentey y M. Ibarra. 2010. *Microclima en el interior de un bosque de Nothofagus pumilio y el efecto de una corta de regeneración*. Bosque 31(2): 129-139.
- Reca, J., J. L. Medina, E. Camacho, R. López y J. Roldán. 1999. *Aplicación de las técnicas de teledetección y SIG a la determinación y análisis de mapas de evapotranspiración*. Ingeniería del Agua 6(1): 63-68.
- Reyes C., S. 2002. *Introducción a la meteorología*. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México. 468 p.
- Rodríguez J., R. M., Á. Benito C. y A. Portela L. 2004. *Meteorología y Climatología*. FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). Consultado: 18/03/2014. En: <http://cab.inta-csic>.

es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf

- Rosales M., Sergio. 2013. Informe anual del proyecto “Efecto de la deforestación sobre el cambio climático local en bosques de coníferas”. Financiado con recursos fiscales 2013. México, D. F. Investigador del Campo Experimental Valle de Guadiana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuarias. (Comunicación Personal).
- Said I., G., G. P. Zárate de L. 1988. *Métodos Estadísticos: Un Enfoque Interdisciplinario*. Editorial Trillas. Tercera reimpresión. México, D. F. 643 p.
- Sánchez, M. y E. Chuvieco, 2000. *Estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET₀, a partir de imágenes NOAA-AVHRR*. Revista de Teledetección. 14:11-21.
- Sánchez M., M. 2002. *Modelos y aproximaciones para la estimación de la evapotranspiración con información satelital*. Revista de Geografía Norte Grande 29:107-120.
- Santamaria A., J. 2010. *Forzamiento radiativo y cambio químico en la atmósfera*. Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales 104 (1): 149-173.
- Santos R., C., I. J. Lorite, R. G. Allen, M. Tasumi, P. Gavilan Z. y E. Fereres C. 2008. *Mejora de la gestión de los recursos hídricos por medio de la integración de técnicas de teledetección y modelos de simulación*. Accésit del IX Premio Unicaja de Investigación Agraria. Edición Analistas Económicos de Andalucía. Málaga, España. 75 p.
- Segura G. 1992. *Deforestación y cambio climático*. En: Memorias de la Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente. Vol. 1, Área: Cambio Global, Sección 36. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 21 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2014. *Gaceta Ecológica*. Dirección de Impacto y Riesgo Ambiental. México, D. F. 046/14. 7 p.
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). 2015. SPSS para Windows versión 11.5. Chicago: SPSS Inc. Consultado: 03 de junio de 2015. En: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>
- U. S. Geological Survey. 2014. *LandsatLook Viewer*. Consultado: 26 de noviembre de 2013. En: <http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html>.
- Villers, R., L. y I. Trejo, V. 2000. *El cambio climático y la vegetación en México*. En: Gay García C. (Comp.). México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies

Program. México. pp. 57-72.

Tejeda, M. A. y V. L. Rodríguez. 2007. *Estado de la investigación de los aspectos físicos del cambio climático de México*. Investigaciones Geográficas 62:31-43.

Zhang, Y., W. B. Rossow and P. W. Stackhouse. 2007. *Comparison of different global information sources used in surface radiative flux calculation: Radiative properties of the surface*. Journal of Geophysical Research 112:1-20.

Cita

Pérez Miranda, R., A. González Hernández, F. Moreno Sánchez y V. J. Arriola Padilla. 2015. *Efecto de la deforestación sobre el albedo en bosques de coníferas de México*. Áreas Naturales Protegidas Scripta. Vol. I (2): 33-50. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0002

Sometido: 31 de julio de 2014

Revisado: 27 de agosto de 2014

Aceptado: 4 de octubre de 2014

Editor asociado: Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández

Diversidad y Productividad del Estrato Herbáceo en una Sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes

Joaquín Sosa-Ramírez^{1*}, Vicente Díaz Núñez¹,

Amalio Ponce-Montoya¹

Resumen

Con los objetivos de estimar la riqueza, frecuencia y diversidad de especies, evaluar la productividad primaria y obtener el factor de uso eficiente de la lluvia en una sabana del Área Natural Protegida Sierra Fría, en Aguascalientes, se hicieron 28 inventarios fito-ecológicos distribuidos al azar. La composición florística se estimó en un área de 256 m². La presencia-ausencia y la frecuencia de las especies se determinó utilizando una línea de 4 m, observando 100 puntos separados cada 4 cm. Para encontrar la diversidad se usó el índice de Shannon-Wiener (H'). En cuatro exclusiones de 144 m² cada una, se midió la biomasa aérea en la época de lluvia tomando muestras con un rectángulo de 1000 cm², con cuatro repeticiones por cada exclusión. Se encontraron 219 especies, de ellas el 20% son gramíneas y el 6.8% son leguminosas. Del total, 14% son dominantes y de ellas 17 son gramíneas y 13 tienen algún valor forrajero. La diversidad α más baja fue $H' = 3.09$ y la más alta $H' = 3.87$. La producción promedio fue de 2,330 kg por hectárea por año de materia seca, con una precipitación promedio anual de 537 mm. El factor de utilización eficiente de la lluvia, que es el cociente de la producción primaria anual por la lluvia anual, fue 4.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Comparado con otras regiones, la riqueza y diversidad de plantas es alta y el índice de eficiencia de la lluvia indica un pastizal bien manejado. Son pocas las especies con alto valor forrajero, en la mayoría de las especies dominantes este es bajo.

Palabras clave: Pastizal. Productividad primaria. Composición florística. Índice de eficiencia de la lluvia.

¹Centro de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad No. 940. Cd. Universitaria. C.P. 20131. Aguascalientes, Ags.

* Autor Correspondencia: E-mail: jsosar@correo.uaa.mx

Abstract

To determine species richness, abundance, and alpha diversity indexes to estimate primary productivity and to obtain rain-use efficiency factor in the savannah ecosystem at the Natural Protected Area Sierra Fria, Aguascalientes, we collected 28 phyto-ecological samples randomly. The floristic composition was determined in an area of 256 m² and species abundance in a four-meter line, observing 100 points space out each four cm. We estimate diversity by the Shannon-Wiener index (H'). Four exclusions of 144 m² each one were established to measure aerial biomass in the rainy season. Samples were measured with a rectangle of 1000 cm² area with four replicates per exclusion. Our results showed 219 species of which 20% were gramineae and 6.8% leguminosae. Of the total, 14% were dominant, of which, 17 species were gramineae and 13 have some forage value. With respect to alpha diversity index, the lowest value was $H' = 3.09$ and the highest was $H' = 3.87$. Mean production of biomass was of 2,330 kg of aerial dry matter per hectare in a year, and an annual mean precipitation of 537 mm. Rain use efficiency (RUE) factor, which is the quotient of annual primary production by annual rainfall, was 4.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Comparing our results with other regions, richness, diversity was high and the rain-use efficiency factor obtained corresponded to the correct range managed. Species with high forage value were not many and most dominant species had poor forage value.

Key words: Rangeland. Primary productivity. Floristic composition. Rain-use efficiency factor.

Introducción

Las sabanas son ecosistemas que proporcionan bienes y servicios como leña, postes y forraje, además son zonas de recreación y cacería cinegética, regulan el ciclo hidrológico y mantienen la diversidad biológica (McPherson, 1997; Puerto, 1997). Así, las sabanas son usadas en forma múltiple, porque se combinan actividades forestales, ganaderas, agrícolas y cacería cinegética; se caracterizan por presentar un estrato herbáceo continuo y un estrato arbóreo o arbustivo disperso. Las plantas leñosas en una sabana pueden variar de 1 a 30% (McPherson, 1997).

Las sabanas son extensas y económicamente importantes en regiones templadas y tropicales (Scholes y Archer, 1997). En América del Norte las sabanas se distribuyen principalmente en el

oeste y en la región costera del sureste de los EE.UU., y en el norte de México. Los principales tipos de sabanas identificados son: pinos – juníperos, pinos, encinos y mezquites (McPherson, 1997).

En Aguascalientes, las sabanas se distribuyen principalmente al oriente, en la región de los llanos, al sur en los municipios de Aguascalientes y Jesús María y en el Área Natural Protegida Sierra Fría (ANP-SF).

El conocimiento y conservación de la biodiversidad y de los procesos ecológicos que sustentan la sabana son de gran interés en el manejo de ecosistemas (He y Legendre, 2002; Tilman y Downing, 1996; West, 1993), por lo que se busca entender las relaciones entre la diversidad de especies y el pastoreo (Milchunas *et al.*, 1988). Conocer los efectos del pastoreo en la diversidad de especies es importante, por un lado, se busca entender las bases del manejo para inducir cambios favorables en la composición de las especies (Daget y Poissonet, 1969; Lauenroth y Laycock, 1989; Sosa-Ramírez y Franco-Vizcaíno, 2001) y por otro, generar una alta diversidad de especies que contribuyan a incrementar la resistencia y recuperación de estas comunidades a disturbios de diferentes magnitud e intensidad (Tilman y Downing, 1996; Society for Ecological Restoration, 2013). El conocimiento de la productividad primaria en ecosistemas es importante por ser la principal fuente de alimento para la fauna silvestre y doméstica. En las zonas áridas el principal factor limitante de la productividad es el agua, por lo que es necesario conocer la eficiencia en el uso del agua de lluvia por las comunidades vegetales (Bai *et al.*, 2008; Le Houerou, 1984). Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron identificar la riqueza, frecuencia y diversidad de especies del estrato herbáceo, así como estimar la productividad y eficiencia en el uso del agua de lluvia de las especies vegetales dominantes en la sabana de la Mesa Montoro ubicada en la micro cuenca del arroyo Agua Zarca del Área Natural Protegida Sierra Fría.

Materiales y métodos

Área de estudio

En el ANP-SF, las sabanas se distribuyen en la parte central y noreste, entre 2100 y 2500 msnm, desde la Mesa Montoro al sur, hasta el Rancho la Tinaja y la Mesa del Águila al norte. El estudio se realizó en la Mesa Montoro (superficie 7, 825 hectáreas), ubicada dentro de la micro cuenca del arroyo Agua Zarca (figura 1). En esta región, los sistemas de producción utilizan las sabanas para la explotación principalmente de bovinos productores de carne y toros de lidia. Las modalidades

de manejo en estos ecosistemas determinan su estructura, estado de salud y, por tanto, su aprovechamiento sostenible o su degradación (McCreary y Tecklin, 2005).

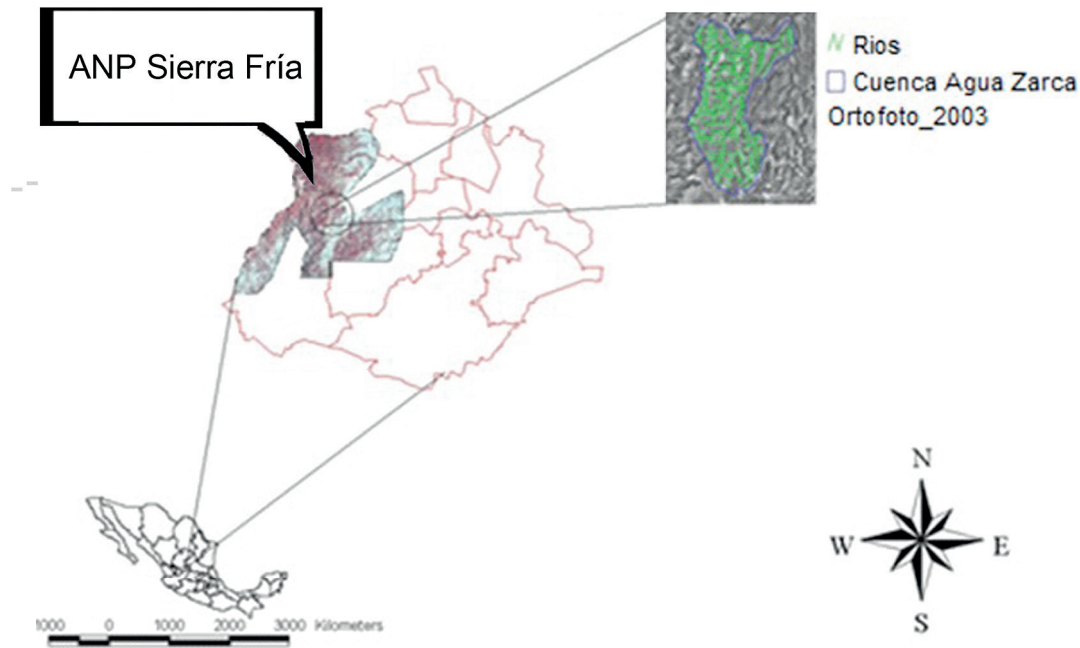


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca de Agua Zarca en el municipio de San José de Gracia.

Riqueza y frecuencia de especies

Se hicieron 28 inventarios fito-ecológicos para conocer la riqueza y frecuencia de las especies vegetales en la región, registrando tanto variables de las comunidades vegetales como del ambiente, usando para ello un muestreo estratificado aleatorizado (Daget y Godron, 1982). Cada inventario se hizo en un sitio ecológico (Duchaufour, 1962; Godron *et al.*, 1968).

En cada sitio se anotaron todas las especies presentes (composición florística), examinando un área-muestra homogénea (el área óptima), estimada en 256 m². El análisis se hizo con un orden creciente (m²): 1/64, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256.

Se registraron las especies existentes en una línea de 4 m en el suelo, 100 puntos separados cada 4 cm, para determinar su presencia y frecuencia (Daget et Poissonet, 1969); cada especie fue contada una vez por punto.

Diversidad

El índice de diversidad fue evaluado para cada sitio de acuerdo a lo señalado por Shannon (1948). Para ello se utilizó el paquete estadístico "Species Diversity and Richness II".

Productividad

Para determinar la productividad primaria se establecieron cuatro parcelas de 12 x 12 m (144 m²) cada una con el propósito de excluir el ganado doméstico. Dos exclusiones se instalaron en potreros ligeramente pastoreados (Santa Rosa de Lima y Medina Ibarra) y las otras dos en potreros con un fuerte pastoreo (Potrero de los López y Potrero Comunal). Cada parcela fue dividida a su vez en subparcelas de 1000 cm², durante el periodo de lluvias, mensualmente se colectó la biomasa aérea a ras del piso en cuatro subparcelas dentro de cada exclusión. La biomasa colectada fue pesada y secada en el laboratorio de suelos del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes a una temperatura constante de 60°C durante 48 hrs. Para la medición de la precipitación, en cada una de las parcelas establecidas se instaló un pluviómetro manual, mismo que fue monitoreado durante los años 2001, 2002 y 2003. Para evitar la evaporación de la precipitación ocurrida entre los lapsos de las observaciones, en cada pluviómetro se vertieron 10 mm de aceite natural.

Resultados y discusión

Riqueza y frecuencia de especies

En los 28 sitios analizados se encontraron 219 especies, pertenecientes a 51 familias (Tabla I). Dado que en las familias de las gramíneas y las leguminosas se encuentran las mejores especie forrajeras, se tiene que el 20 % del total (n= 44) son gramíneas y 6.8 % (n= 15) son leguminosas, el resto, pertenece a diversos géneros.

Hubo 30 especies dominantes, que fueron definidas como aquellas cuya aparición fue al menos una vez, entre las tres primeras especies dominantes en cada sitio. De estas, 17 son gramíneas, y 13 presentan algún índice de valor forrajero. Este índice fue obtenido de Cantu Brito J.E., (1990); Lebgue T. y A. Valerio, (1991) y Stubbendieck, J. et al., (1981). Las especies dominantes más ampliamente distribuidas fueron: *Bouteloa chondrosoides* Kunth, *Muhlenbergia rigida* Kunth., *Microchloa kuntii* Desv., *Lycurus phleoides* Kunth. y *Sporobolus trichodes* Hitchc (Figua 2). Todas estas especies son de tipo fotosintético C4 y perennes con la excepción de *Microchloa kuntii*, que es anual.

Tabla I. Presencia, ausencia y frecuencia de aparición de las especies encontradas en 28 muestreos distribuidos en la sabana meridional de la Sierra Fría, Aguascalientes. V F = Valor Forrajero, B= Bueno, R= Regular, P= Pobre, M= Malo. Cuadros en blanco V.F. desconocido

[illegible]

Continúa...

Especies/Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	V.F.
<i>Chenopodium</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Chenopodium graveolens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	25	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Chloris submutica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	33	7	R
<i>Chloris virgata</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P
<i>Commelina sp</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Commelina coelestis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Commelina scabra</i>	1	0	0	20	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	6	0	0	0	
<i>Commelina tuberosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	P
<i>Conyza filaginoides</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	4	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	42	0	1	1	21	1	0	
<i>Conyza microcephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Conyza sophiifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	
<i>Coryphanta sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cosmos sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cosmos parviflorus</i>	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	8	0	1	1	0	0	40	1	0	20	
<i>Crotalaria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Cuphea wrightii</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cuscuta obtusiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Cyperus flavescens</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyperus mutisii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	24	0	27	0	
<i>Cyperus pallidicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	23	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cyperus seslerioides</i>	1	2	12	1	0	3	5	3	0	8	0	1	0	1	3	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1	3	0	0	
<i>Dalea sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dalea confusa var hexandra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
<i>Dalea leporina</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Delphinium pedatisectum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Desmodium neomexicanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diastatea micrantha</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diastatea tenura</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Dichondra argenta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Dichondra brachiopoda</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	13	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Digitaria ternata</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	0	2	1	
<i>Drymaria glandulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Dyschoriste decumbens</i>	0	1	0	0	4	0	2	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>Echinochloa oplismenoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	R
<i>Eleocharis macrostachya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
<i>Eleocharis montevidensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	
<i>Elyonurus barbiculmis</i>	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	R
<i>Eragrostis itermedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	54	0	10	1	0	0	3	0	46	0	B
<i>Eragrostis mexicana</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B
<i>Eryngium sp.</i>	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0	0	1	3	1	1	4	1	0	
<i>Eryngium heterophyllum</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	29	0	6	1	0	0	0	0	0	0	5	
<i>Euphorbia aff. Anychoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Euphorbia dentata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Euphorbia graminea</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	
<i>Euphorbia indivisa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	
<i>Euphorbia prostrata</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Euphorbia serpyllifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Euphorbia sphaerorhiza</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Euphorbia sp.</i>	0	0	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Continúa...

Especies/Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	V.F.
<i>Evolvulus alsinoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evolvulus prostratus</i>	0	0	0	1	28	1	0	1	1	4	1	0	2	5	1	3	1	1	0	1	0	6	0	1	1	0	0	0	0
<i>Galinsoga parviflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gaura hexandra</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Geranium deltoideum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gnaphalium sp.</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Gnaphalium inornatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gnaphalium sphacelatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphrena decumbens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gonolobus prostratus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Grindelia oxylepis</i>	1	1	0	1	0	1	0	3	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	4	1	11	1	0	0	1	4	0
<i>Helenium mexicanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Helianthemum carolinianum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helianthemum glomeratum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Helianthemum sp.</i>	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterosperma pinatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
<i>Hieracium abscissum</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypericum pauciflorum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypericum silenoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Hypoxis fibrata</i>	1	0	0	19	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	11	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea capillacea</i>	12	0	0	1	0	0	1	0	0	3	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
<i>Ipomoea emetica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea lenis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea madrensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea pubescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
<i>Ipomoea stans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	21	16	1	1	1	1	16	1	1	1	1	1	1	1	4	0	0
<i>Juniperus deppeana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Linum sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidium virginicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	67	0	31	0	0	0	1	0	1	1	0
<i>Lepthochloa dubia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	5	0	0	0	0	0	0	0	B
<i>Lithospermum cobrense</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lobelia fenestralis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lycurus sp.</i>	0	0	1	0	0	20	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycurus phalaroides</i>	0	52	0	0	0	0	0	0	0	16	3	25	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycurus phleoides</i>	1	0	0	1	28	0	17	0	5	26	0	0	0	19	11	4	3	3	2	0	1	22	21	4	0	23	18	2	B
<i>Macroptilium gibbosifolium</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macroptilium sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	0	0
<i>Mammillaria sp.</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microchloa kunthii</i>	45	12	9	1	4	15	45	1	18	46	16	0	41	3	6	19	1	4	0	2	0	22	0	1	0	1	0	0	M
<i>Milla biflora</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
<i>Mimosa sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mimosa minutifolia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Modiola sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Modiola caroliniana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Monnina wrightii</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia curvula</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Muhlenbergia pubescens</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	B

Continúa...

Especies/Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	V.F.
<i>Muhlenbergia repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	B
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0	27	71	28	31	30	39	49	17	2	0	0	13	10	23	3	5	9	1	60	0	12	42	69	0	7	0	0	R
<i>Muhlenbergia virescens</i>	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	R
<i>Nemastylis tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
<i>Nissolia wislizenii</i>	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Odontotrichum sp.</i>	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	12	0	
<i>Odontotrichum sinuatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Oenothera pubescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
<i>Ophioglossum aff. engelmannii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	
<i>Opuntia chaveta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Opuntia robusta</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	
<i>Oxalis sp.</i>	1	0	0	7	1	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	18	1	9	0	1	1	0	
<i>Oxalis corniculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Oxalis decaphylla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Panicum hallii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	B
<i>Panicum obtusum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	B
<i>Paspalum convexum</i>	5	5	2	81	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	11	1	3	10	0	0	1	6	1	3	0	5	0	0	M
<i>Paspalum distichum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Piptochaetium virescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	0	0	0	1	0	0	14	0	0	1	0	0	92	0	40	0	
<i>Piqueria trinervia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	25	1	0	0	
<i>Pithecellobium leptophyllum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
<i>Plantago nivea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Polianthes pringlei</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Polygala sp</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>polygala alba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
<i>Polygala compacta</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	3	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	
<i>Polygonum mexicanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Portulaca pilosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Quercus eduardii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Quercus grisea</i>	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	100	1	1	1	0	0	1	100	1	100	0	1	1	0	1	100	0	
<i>Quercus laeta</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Quercus potosina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	100	1	0	0		
<i>Rhynchelytrum repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	B
<i>Richardia tricocca</i>	0	5	0	0	2	24	1	5	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0	1	0	0	35	1	1	1	1	0	
<i>Rumex crispus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Rumex mexicanus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Salvia tilifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Schizachyrium cirratum</i>	0	13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	R
<i>Schkuhria pinnata</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	8	0	0	0	0	1	1	19	0	13	0	1	0	1	1	1	66	
<i>Selaginella rupicola</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Senecio heracleifolius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Setaria geniculata</i>	1	1	0	0	0	1	1	5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	B
<i>Sida abutifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sida linearis</i>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	
<i>Sida rhombifolia</i>	0	0	0	1	4	2	1	1	1	0	1	0	1	1	2	1	4	1	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0	
<i>Sida sp</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Sisyrinchium pringlei</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
<i>Sisyrinchium tenuifolium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
<i>Solanum nigrescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	

Continúa...

Especies/Sitios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	V.F.
<i>Solanum rostratum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Spiranthes aff. Minutiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
<i>Sporobolus indicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1	R
<i>Sporobolus trichodes</i>	62	0	0	0	26	21	44	0	51	19	14	0	12	23	10	1	3	4	0	36	0	15	1	12	0	24	0	0	
<i>Stenandrium dulce</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	
<i>Stevia lucida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
<i>Stevia micrantha</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
<i>Stevia ovata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Stevia viscida</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	
<i>Tagetes lucida</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	
<i>Tagetes micrantha</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	
<i>Taraxacum officinale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
<i>Tradescantia crassifolia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trifolium amabile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trifolium goniocarpum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Tripogandra amplexicaulis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Trisetum kochianum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
<i>Urochloa mediana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	14	0	0	0	0	0	0	0	31	
<i>Verbena sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Verbena canescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Verbena gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
<i>Viola barroetana</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	21	0	0		
<i>Viola umbraticola</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	
<i>Xanthocephalum conoideum</i>	1	1	0	1	1	2	0	0	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3	0	58	0	4	1	71	1	0	
<i>Yucca australis</i>	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	
<i>Zornia thymifolia</i>	0	11	1	0	0	1	1	4	2	1	0	0	0	1	1	2	24	1	0	0	0	0	38	1	1	0	0	0	
Número de especies	24	35	26	34	22	49	43	35	45	39	36	30	26	45	33	33	42	48	34	42	32	36	61	45	44	40	41	46	

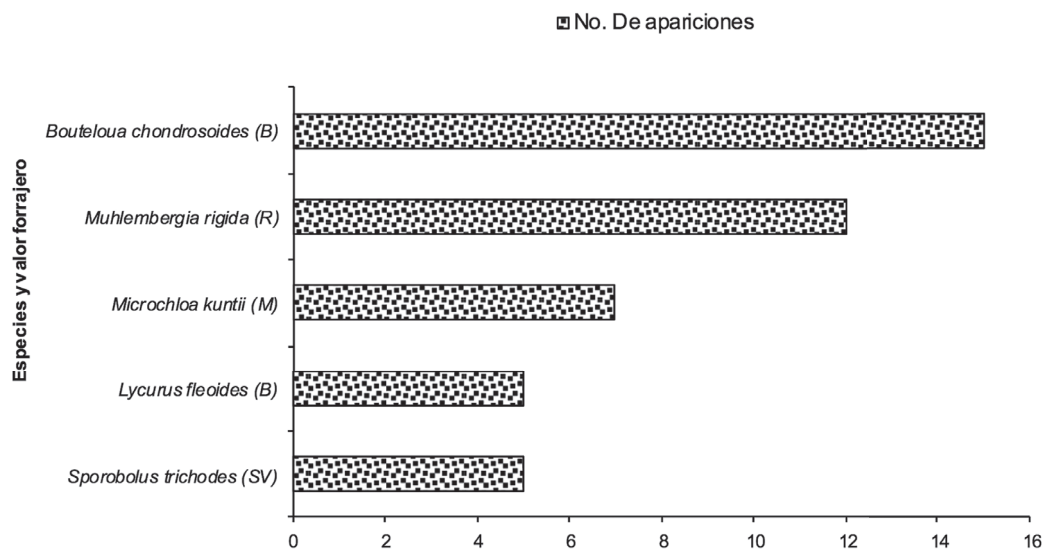


Figura 2. Número de sitios donde aparecen las especies dominantes más ampliamente distribuidas y su valor forrajero (VF). V.F.: B = bueno, R = regular, M = malo, SV = Sin valor forrajero.

Diversidad

Los índices de diversidad de Shannon difieren entre los 28 sitios analizados. El valor más bajo lo encontramos en el sitio 5, mientras que el valor más alto lo encontramos en el sitio 18 (figura 3). En promedio se tiene un índice de diversidad de 3.58.

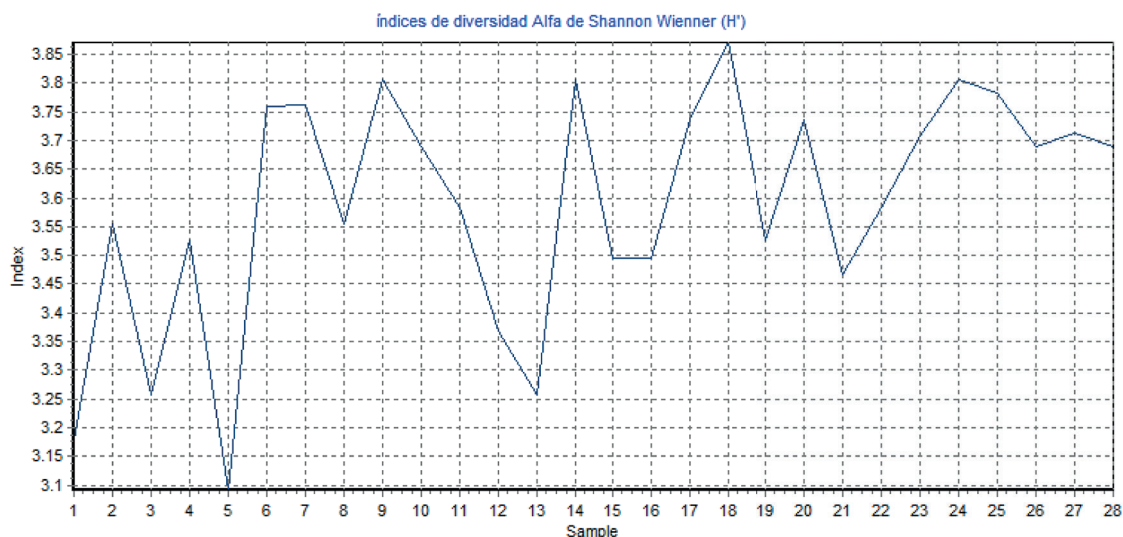


Figura 3. Índices de diversidad de Shannon (H') de los sitios evaluados.

Productividad

En promedio, anualmente en Santa Rosa de Lima ocurrieron 619 mm de precipitación pluvial, 517 en Potrero de los López, 492 en ganadería Medina Ibarra y 517 en Potrero comunal (Tabla II). En las cuatro estaciones, la lluvia se distribuye principalmente en el periodo de mayo-octubre, aunque existen algunas lluvias aisladas, posiblemente derivadas de los monzones, localmente conocido como cabañuelas. La producción global promedio en los tres años y en los cuatro sitios fue $2,330 \text{ kg ha}^{-1}$ y una precipitación promedio de 536 mm. El factor de uso eficiente de la lluvia (RUE, por sus siglas en ingles) promedio para toda la sabana meridional fue $4.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (Tabla II). La variabilidad interanual de la producción aérea de las plantas herbáceas varia en forma muy amplia, desde poco más de 1000 kg ha^{-1} en los años secos y los sitios más degradados, hasta más de $4,600 \text{ kg ha}^{-1}$ en los años más lluviosos y los sitios mejor manejados. Es importante señalar que los pastizales con cargas fuertes de ganado y en consecuencia más degradados, como Potrero de los López y

Potrero comunal, presentaban, al momento de instalar las exclusiones, los índices de eficiencia en el uso de la lluvia más bajos. Tres años después de la exclusión del ganado, estos mismos sitios muestran una productividad moderada, aunque no existen datos anteriores a este estudio.

Tabla II. Biomasa, precipitación y eficiencia en el uso del agua de los pastizales de la Sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes. (RUE=Uso eficiente de la lluvia)

Biomasa (kg ha ⁻¹)					Precipitación (mm)				
Sitios	Año 2000	Año 2001	Año 2002	Promedio±Ee*	Año 2000	Año 2001	Año 2002	Promedio±Ee*	RUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)
Santa Rosa de L	4640	3875	3190	3902±365	635	600	622	619±69	6.3
Potrero de los L.	1965	2718	2974	2552±365	461	397	692	517±69	4.9
Medina Ibarra		1805		1805**		421	564	492±88	3.7
Potrero comunal		1062		1062**		402	632	517±88	2.0
Promedio	3303	2365	3082	2330±606	548	455	627	536±28	4.3

**Ee = Error estándar

** El error estándar no existe en la producción de biomasa, pues solo existen datos de un año. Esto se debe a que los sitios no estuvieron completamente excluidos de la entrada de ganado.

Comparativamente con otras regiones la diversidad de plantas es alta. En zonas de pastoreo del Parque Nacional de los Cévennes, en el macizo central al sur de Francia, en 125 inventarios de la vegetación y usando la misma metodología, fueron encontradas 204 especies de plantas (Poissonet *et al.*, 1988). En zonas de pastoreo de las Sierras de San Pedro Mártir (SPM), en Baja California y San Jacinto Mountains (SJM), en California, fueron registradas 115 especies en 22 sitios ecológicos (Sosa-Ramírez y Franco-Vizcaíno, 2001). Es decir, en esta sabana de la Sierra Fría hay una diversidad de plantas casi 50% mayor que en los pastizales de las Sierras de SPM y SJM y alrededor de 7% más de especies que en el Macizo central francés, aunque en este último se realizaron 97 inventarios más en el mismo número de sitios. La razón del origen de esta elevada biodiversidad ha sido atribuida a la combinación de varios tipos de hábitat: bosques, pastos, matorrales, cultivos (Díaz *et al.*, 1997; Díaz *et al.*, 2003). Esta combinación permitiría la coexistencia de organismos adaptados a diferentes condiciones ambientales. Además, la condición del pastizal es de regular a buena tomando en cuenta que sólo el 20% de las plantas son gramíneas (Tabla I).

El índice de eficiencia en el uso de la lluvia (RUE, por sus siglas en inglés) obtenido en las exclusiones instaladas es de 4.3 kg de materia seca por hectárea por año por milímetro. Este índice expresa un pastizal razonablemente bien manejado (Le Houerou, 1984). El RUE, en las zonas áridas del mundo puede variar de entre 0.0 y 0.5 en ecosistemas áridos degradados, a más de 10 en ecosistemas altamente productivos y bien manejados (Bai *et al.*, 2008; Le Houerou, 1984). En ecosistemas áridos y semiáridos razonablemente bien manejados el índice varía de 3 a 6, mientras que el límite biológico se alcanzaría en parcelas experimentales bien fertilizadas con máximos de 30 (Le Houerou, 1984).

Conclusiones

En la sabana meridional de la Sierra Fría se encontraron 219 especies en 28 sitios ecológicos, lo que muestra una alta riqueza florística. Debido al interés en esta zona para la cría de ganado, las especies dominantes tienen un valor forrajero (VF) de pobre a regular. Así, de las cinco especies más ampliamente distribuidas y abundantes en los sitios ecológicos, dos tienen buen valor forrajero (VF): *Bouteloa chondrosoides* (B) *Microchloa kuntii* (M) y *Lycurus fleoides* (B); las otras dos especies dominantes, *Muhlenbergia rigida* tiene un regular (R) valor forrajero y *Sporobolus trichodes* no tiene VF. Las plantas herbáceas con más alto VF son escasas y con distribución restringida (navajita, *Bouteloua gracilis*; banderita, *B. curtipendula* Michx.; navajita velluda, *B. hirsuta* Lagasca). Finalmente, el índice de eficiencia de la lluvia fue 4.3 kg de MS/ ha⁻¹/mm⁻¹, por lo que este pastizal se considera razonablemente bien manejado.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios de los predios donde se realizó el trabajo de campo, especialmente a Jorge Medina, del rancho Medina Ibarra, a Arturo de la Serna, del rancho Santa Rosa de Lima y al Ejido Potrero de los López por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto. Nuestro reconocimiento a Julio Martínez Ramírez por su valioso apoyo en la identificación de las especies y al herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA). Nuestro agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Fundación Produce de Aguascalientes por el apoyo financiero. Asimismo agradecemos a la M. en C. Diana Dorantes la revisión del idioma Inglés del Abstract y al Lic. Gerardo Hernández el diseño editorial del manuscrito.

Literatura citada

- Bai Y, J. Wu, Q. Xing, Q. Pan, J Huang, D. Yang y X. Han. 2008. *Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau*. Ecology 89(8), pp. 2140-2153.
- Cantu Brito J.E. 1990. *Manejo de pastizales*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreon, Coahuila, México. 290p.
- Daget, Ph. y M. Godron. 1982. *Analyse de l'ecologie des espèces dans les communautés*. Masson, Paris, Francia. 163p.
- Daget Ph. y J. Poissonet, 1969. *Analyse phytologique des prairies*. CNRS, Montpellier, 69p.
- Díaz, M., P. Campos, y F.J. Pulido. 1997. *The spanish dehesa: a diversity of land use and wildlife*. En: Pain, D., M. Pienkowsky (eds). *Farming and Birds in Europe: The Common Agricultural Policy and its Implications for Bird Conservation*. Academic Press, London, UK. pp. 178-209.
- Díaz, M., F.J. Pulido y T. Marañón. 2003. *Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adehesados*. Ecosistemas año XII, N°3 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion4.htm>). Consultada en agosto de 2008.
- Duchafour, Ph. 1962. *Ecologie et pedologie. L'utilisation de la vegetation pour la cartographie des stations en forêt*. B.T.I. 172: 727-734.
- Godron, M., Ph., Daget, L. Emberger, Long, G., E. Le Floc'h, J. Poissonet, Ch. Sauvage y J.P. Wacquant. 1968. *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, Francia. 292p.
- He, F. y P. Legendre. 2002. *Species diversity patterns derived from species-area models*. Ecology 83(5): 1185-1198.
- Lauenroth, W. K. y W. A. Laycock 1989. *Secondary Succession and the Evaluation of Rangeland Condition and Trends*. Westview Press, Boulder, Colorado. 456p.
- Lebgue T. y A. Valerio. 1991. *Gramineas de Chihuahua*. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih., México. 301p.
- Le Houerou, H. 1984. *Rain use efficiency: a unifying concept in arid-land ecology*. Journal of Arid Environments. 7: 213-247.
- McPherson, G.R. 1997. *Ecology and Management of North American Savannas*. The University of Arizona Press. Tucson, USA. 208p.

- McCreary, D.D. y J. Tecklin. 2004. Restoring California oaks on grazed rangelands. In: Dumroese, R.K., L.E. Riley, T.D. Landis. Tech Coords. 2004. National Proceedings: Forests and Conservation Nursery Associations Charlestone. July, 2004. Pp. 109-112.
- Milchunas, D.G., O.E. Sala y W.K. Lauenroth. 1998. *A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grasslands community structure*. American Naturalist 132:87-106.
- Poissonet, J., J. Sosa-Ramírez, T.X. Li y M. Godron. 1988. *Mise en evidence des consequences phytocoenologiques de la "deprise" pastorale sur le Mont Lozere*. Colloques Phytosociologiques XVI Phytosociologie et pastoralisme, Paris, Francia. Pp. 769-790.
- Puerto, A. 1997. *La dehesa*. Investigación y ciencia 253: 66-73.
- Scholes, R.J., y S.R. Archer. 1997. *Tree-grass interactions in savannas*. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 28: 517-544
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27:379-423.
- Society for Ecological Restoration (SER). 2013. Disponible en: <http://www.ser.org/>
- Sosa-Ramírez, J. y E. Franco-Vizcaíno. 2001. *Grazing impacts on mountain meadows of the peninsular ranges in la Frontera*. pp. 156 – 165. En: Webster L. G. y C.J. Bahre (eds). Changing Plant Life of La Frontera. The University of New Mexico Press. Albuquerque, USA. 260p.
- Stubbendieck, J., S. L. Hatch and K. J. Kjar. 1981. *North American Range Plants*. University of Nebraska. 464p. ISBN 0-8032-4140-2
- Tilman, D., Downing, J.A. 1996. *biodiversity and stability in grasslands*. Pp. 3-7. En: F.B. Samson and F.L. Kopf (eds.), Ecosystems management, selected readings. Springer Verlag, New York. USA. 462p.
- West, N.E. 1993. *Biodiversity of rangelands*. Journal of Range Management. 46:2-13

Cita

Sosa-Ramírez, J, V. Díaz Núñez y A. Ponce-Montoya. 2015. *Diversidad y productividad del estrato herbáceo en una sabana de la Sierra Fría, Aguascalientes.*
Áreas naturales Protegidas Scripta. Vol. I (2): 51-66. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.01.01.02.0003

Sometido: 8 de abril de 2015

Revisado: 16 de julio de 2015

Aceptado: 7 de agosto de 2015

Editor asociado: Dra. Cecilia Jiménez Sierra

Diseño gráfico editorial: Gerardo Hernández García

Edición Abstract en Idioma Inglés: M. en C. Diana Dorantes Fisher