

ANÁLISIS DE LA COBERTURA VISUAL DE LAS TORRES DE DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, EN CHIHUAHUA MÉXICO

M. Pompa-García¹; E. Treviño-Garza²

Fideicomiso Chihuahua Forestal, actualmente realiza estudios de doctorado en Manejo de Recursos Naturales, Correo-e: mpompa@fcf.uanl.mx.

Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, MÉXICO. Correo-e: ejtrevin@fcf.uanl.mx.

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de la cobertura de visibilidad de las torres de detección de incendios forestales en el estado de Chihuahua. Para este proceso se recolectó información geográfica en campo de 32 torres usando el sistema mapa móvil. Después de digitalizar esta información, fue integrada sobre el modelo digital de elevación y la cartografía del inventario forestal nacional del año 2000, generándose las coberturas correspondientes. El resultado de este proceso es la distribución de nuevos puntos estratégicos que incrementen la cobertura de visualización.

PALABRAS CLAVE: protección forestal, detección del fuego.

VIEWSHED ANALYSIS OF LOOKOUT TOWERS TO DETECT FOREST FIRES IN CHIHUAHUA, MÉXICO

SUMMARY

In Mexico, fire is the major cause of loss of forest lands. This is particularly true in the State of Chihuahua where fire is the first cause of deforestation. The time to detection plays a major roll in mitigating these disasters. As a support tool, a rational visibility analysis makes possible the distribution of lookout sites that maximizes the area over which the forest lands can be viewed. In this work, a view shed analysis of the area of sight of lookout tower for detection forest fires in the State of Chihuahua is presented. For this procedure, field data was collected from 32 towers using a mobile map system. After digitizing this data, it was overlaid on a digital elevation model and a map of the national forest inventory of the 2000 year, generating the corresponding coverages. The result of this procedure is the distribution of new strategic sites that will increase the visualization cover.

KEY WORDS: forest protection, fire detection.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua cuenta con una superficie total de casi 25 millones de hectáreas, que representan el 12.6 % del total nacional, de éstas 17.5 millones de hectáreas corresponden a superficie forestal, que incluye bosques, selvas, vegetación de zonas áridas, y áreas perturbadas, de acuerdo al análisis del inventario nacional forestal (SEMARNAT, 2000).

Los bosques se localizan en la Sierra Madre Occidental, y tienen gran importancia económica, social y ecológica. La actividad forestal en Chihuahua proporciona más de 65 mil empleos productivos directos, existiendo cerca de 400 industrias que representan el 15 % a nivel

nacional; en la sierra viven aproximadamente 275,000 personas, de las cuales 61,000 son indígenas. Así mismo, existe una gran diversidad de flora y fauna, con casi 2,000 especies de plantas vasculares, entre las que se distinguen 33 especies de encino y 27 de coníferas, y destaca la presencia de más de 100 especies de mamíferos (INIFAP, 1998). Los bosques de Chihuahua captan la mayor parte del agua que se utiliza en las principales presas de Sonora y Sinaloa; cabe mencionar el considerable potencial turístico en la zona forestal del estado (INIFAP, 1998).

A pesar de su importancia, el bosque chihuahuense no escapa de algunas amenazas que ponen en riesgo su permanencia, como es la presencia de incendios forestales,

los cuales en los últimos años han colocado al estado de Chihuahua en los primeros lugares de incidencia. En la temporada de estiaje 2003 se presentaron 548 incendios, afectando una superficie de 7,342 hectáreas, para su control se requirió la intervención de 10,188 días - hombre, siendo la actividad agropecuaria la causa principal de estos siniestros (CONAFOR, 2004).

Por lo anterior, es imprescindible contar con estrategias efectivas de protección contra estos siniestros. En este sentido, la detección oportuna de incendios, constituye una actividad clave en el manejo del fuego, pues repercute directamente en el grado de dificultad que se tendrá en el combate y en el monto de los daños y efectos del fuego (Julio, 2000).

Aunado a los métodos modernos de detección temprana de incendios utilizando la percepción remota, es necesario contar con observaciones locales para la detección y combate oportuno del fuego. El estado de Chihuahua cuenta con una importante red de torres de observación; sin embargo, actualmente se desconoce la pertinencia y eficiencia de su distribución, entendida ésta como la relación del área cubierta visualmente sobre la superficie boscosa a proteger.

El objetivo de este trabajo es evaluar la cobertura visual de la red estatal de torres de detección de incendios forestales en el estado de Chihuahua, aplicando modelos geoespaciales. Se asume que la distribución geográfica de las torres es suficiente para cubrir la superficie forestal bajo protección.

Detección de los incendios forestales en Chihuahua

La detección basada en esquemas programados y con el empleo de recursos dispuestos de manera particular para la vigilancia, descubrimiento y reportes de focos, se realiza en el estado de Chihuahua principalmente sobre la base de observadores terrestres fijos, desde las torres de detección.

A la fecha no se dispone de información sistematizada sobre las coberturas de visibilidad, tanto conjunta como por cada una de las torres, de manera que no había sido posible determinar la suficiencia actual de este sistema de detección. No obstante, la Región VI de la Comisión Nacional Forestal en el 2004 reporta que los incendios forestales son reportados de forma oportuna. Lo anterior también puede estar influenciado por diversas fuentes de detección, como son las patrullas terrestres, entre otras.

Sensores remotos en el análisis de incendios

Los nuevos avances científicos y tecnológicos apuntan directamente a catalizar el desarrollo de la ecología y manejo de los recursos naturales (Johnston, 1988). Los

sistemas de información geográfica (SIG) constituyen este tipo de avances científicos y tecnológicos.

Diversos países del mundo disponen de procedimientos modernos y han aplicado la tecnología geoespacial para el monitoreo y análisis de incendios. En Nicaragua se estudió el potencial de uso y las limitaciones de la imagen satelital NOAA/AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometry) para el monitoreo del fuego, distribuyendo los puntos calientes por región geográfica, uso del suelo y tipo de bosque (Dixmude *et al.* 1999). En México Palacio *et al.* (1999) utilizaron 120 imágenes AVHRR e hicieron una evaluación de áreas incendiadas entre enero y junio de 1998. Treviño *et al.* 2000, utilizaron imágenes LANDSAT TM para cuantificar los daños causados a las áreas boscosas de Nuevo León por los incendios de 1998.

Los modelos de elevación digital que representan los datos de altitud del terreno dentro de un SIG y se generan a partir de un arreglo regular de los valores de elevación derivados de mapas topográficos, fotografías aéreas o de imágenes de satélite (Johnston, 1998). A partir de estos modelos, es posible construir mapas digitales de exposición y pendiente como variables biofísicas derivadas directamente de la topografía (Muñoz, 2001).

Lozano (1996) reporta que los MDE utilizados a través de modelos múltiples, demostraron un alto nivel de confiabilidad para la interpretación espacial cuando está estrechamente ligada a las características fisiográficas del terreno, especialmente al factor altitudinal.

Utilizando modelos digitales de elevación, González (2001) realizó una caracterización ecológica en las áreas de protección de flora y fauna en el cañón de Santa Elena y Big Bend National Park, encontrando la utilidad de éstos al permitir detectar los cambios en composición botánica y cobertura aérea que sufre la vegetación al variar la altitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudios

Este trabajo consideró como área de estudio el macizo forestal del estado de Chihuahua, el cual se localiza en la parte oeste, entre los 24° 42' 03" y 31° 16' 43" de latitud norte y los 105° 22' 48" y 109° 33' 25" de longitud oeste, con una superficie de 8,168,888 hectáreas en la Sierra Madre Occidental del estado.

En su mayoría el clima corresponde a templado con lluvias en verano (Cf) (García, 1973), está influenciada por la cuenca del río Yaqui, río Mayo, río Fuerte, río Sinaloa y río de San Luis.

La vegetación predominante son masas de pino –

encino en sus diversas composiciones, selva baja, y en menor proporción vegetación halófila.

METODOLOGÍA

Se utilizó el modelo digital de elevación en escala 1:250,000 adquirido en el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), ubicado entre los 105° 22' 48" y 109° 33' 25" de longitud oeste y los 24° 42' 03" y 31° 16' 43" de latitud norte. Se recolectaron en campo las referencias geográficas, así como las características físicas de cada una de las 32 torres de detección de incendios forestales distribuidas en el macizo forestal. Para este fin, se utilizó el Sistema Mapa Móvil que se compone de un GPS integrado a una Pc-pocket. Adicionalmente, la SEMARNAT proporcionó la información del inventario forestal nacional, con la actualización del año 2000. (Figura 1).

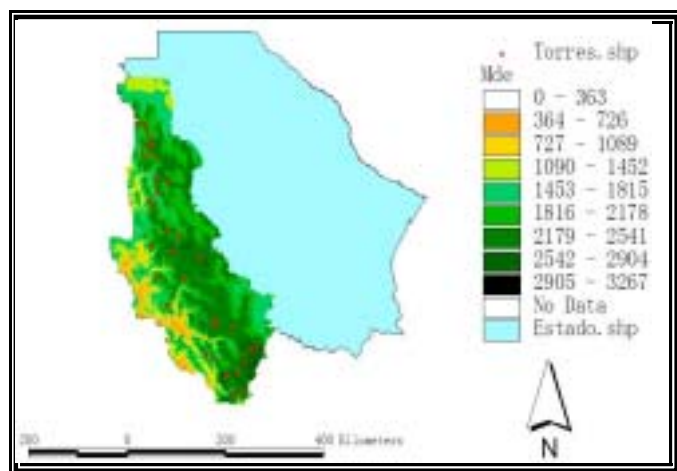


FIGURA 1. Localización del área de estudio, incluyendo el MDE y la ubicación de las torres de detección de incendios forestales.

Para el procesamiento de la información se utilizaron los programas de ARC VIEW v. 3.3 y Erdas Imagine v. 8.4, mediante el Módulo de ViewShed.

Una vez reunida la información espacial de las torres de observación, ésta fue asentada sobre el modelo digital de elevación, al cual se le aplicó la técnica de "función de observadores simultáneos", que consideró como criterios a la altitud sobre el nivel del mar y sobre el nivel del suelo (altura de la torre), la cobertura visual de 360 ° y el máximo rango de visualización permitido por la fisiografía, calculado mediante análisis topográficos y definido éste como la máxima distancia de observación desde el vigía en la torre, hasta el punto visible más lejano, y que lógicamente varía en cada torre. Con ello, se generaron las coberturas de visibilidad tanto de forma individual como en conjunto. El sistema de

coordenadas correspondió a las geográficas, con Datum NAD27 (México), bajo el esferoide de Clarke, 1886.

Una vez que se contaba con la cobertura de visibilidad, ésta fue intersectada con la información del inventario nacional forestal, a efectos de determinar los tipos de vegetación que son visibles desde las torres.

RESULTADOS

En el estado de Chihuahua se encontraron operando 32 torres de detección. El listado de estas instalaciones sus respectivas características y pertenencia se indican en el Cuadro 1.

La clasificación de la superficie forestal bajo protección, los resultados del análisis de visibilidad y su eficiencia, entendida como la relación de la superficie cubierta por el análisis de visibilidad sobre la superficie forestal bajo protección, se presentan en el Cuadro 2 y en la Figura 2.

Los resultados encontrados permiten observar que la red de torres de detección de incendios forestales en el estado de Chihuahua tienen una eficiencia de 42.94 %, es decir, el 57.06 % de la superficie no es directamente visible por los observadores. Cabe señalar que la literatura reporta que se debe contar con 80 % de cobertura (Julio, 2000). A pesar de ello, este resultado no se considera muy deficitario en el territorio chihuahuense, tomando en consideración su vasta extensión así como el indicador de eficiencia representado por la oportunidad con que se detectan los incendios forestales (CONAFOR, 2004).

Por otra parte, cuando un incendio se presenta en un sitio en el que se carece de una cobertura visual directa, podrá detectarse su presencia mediante la columna de humo. Sin embargo, se podría dificultar su localización precisa, lo que a su vez retardaría el oportuno control y combate del mismo. Julio (2000) menciona que los primeros 30 minutos son fundamentales para extinguir a la brevedad el incendio.

Se observa que las áreas agrícolas son las que representan la mayor eficiencia de visibilidad, esto se explica porque normalmente este uso de suelo se presenta en relieves suaves; no sucede lo mismo en el caso de las selvas, donde por el contrario se encontró la ineficiencia más alta, toda vez que este tipo de vegetación se encuentra en las barrancas que oscilan desde los 500 a los 1,800 metros y donde escasamente se han ubicado torres de observación. Lo anterior se hace evidente con la información de la gerencia regional de CONAFOR en el estado de Chihuahua, que durante el 2004 reportó afectadas 4,148 hectáreas de las cuales 48 % correspondieron a pastos, 47 % a arbustos, y el resto a renuevo y arbolado adulto.

CUADRO 1. Listado de las torres de detección de incendios forestales en el estado de Chihuahua.

Predio	Paraje de localización	Promovida por	Estructura	Altura (m)	Referencias geográficas		
					X (grados)	Y (grados)	Z (m)
Ej. La Trinidad	Co. Del Águila	Fideicomiso Chih. Ftal.	metálica	18	-106.69	25.76	2768
Ej. Chinatú	Co. Pelón	Fideicomiso Chih. Ftal	metálica	16	-106.76	26.07	2745
Ej Llano Grande	Co. Milpillas	Fideicomiso Chih. Ftal	metálica	18	-107.17	26.31	2866
Pp Cerro Gde.	Co. Grande	Semarnat	metálica	18	-107.18	26.89	2717
Ej. Caborachi	Metatitos	Semarnat	metálica	18	-106.82	26.84	2709
Ej. Rocoroybo	Lagunitas	Semarnat	metálica	18	-108.18	27.68	2815
Ej. El Refugio	Yepárago	Semarnat	metálica	18	-108.02	27.22	2646
Pp Lote A Sur	Capellina	Telmex	metálica	25	-108.32	28.19	2737
Ej. Huevachi	Cebadilla	Telmex	metálica	25	-107.92	28.12	2913
Ej. Altamirano	Los Azules	Fideicomiso Chih. Ftal	metálica	18	-108.54	30.26	2379
Ej. Vicente Gro.	Los Lobos	Semarnat	metálica	18	-108.42	30.19	2333
Ej. La Pinta	El Ranchito	Telmex	metálica	40	-106.40	26.52	2870
Ej. El Caldillo	Las Garrochas	Semarnat	metálica	18	-106.50	26.46	2980
Ej. Catedral	Co. Las Iglesias	Semarnat	metálica	18	-106.62	26.26	3115
Ej Baborigame	Co. Momora	Semarnat	metálica	18	-107.31	26.39	2406
Ej. Redondeados	Atascaderos	Semarnat	metálica	18	-106.82	25.72	2528
Tule Y Portugal	Co. Villarroel	Semarnat	metálica	18	-106.95	26.04	2833
Ej. Rocheachi	Co. De Cantiles	Silv. U. de Guachochi	metálica	18	-107.14	26.95	2521
Ej. Arr. Cabeza	C. De Romúrachi	Semarnat	metálica	14	-107.42	27.99	2710
Ej. Sn Elías	Co. El Ojito	Semarnat	metálica	14	-107.71	27.67	2615
Ej. Laposta	Alto De La Posta	Semarnat	metálica	18	-108.03	28.46	2605
Ej. Tomochi	Mesa Redonda	Semarnat	metálica	18	-107.80	28.37	2313
Ej. El Largo	Co. Tres Ojitos	Ej. El Largo	cemento	17	-108.29	28.85	2740
Ej. El Largo	La Chinaca	Ej. El Largo	cemento	14	-108.20	29.08	2660
Ej. El Largo	El Cinco	Ej. El Largo	cemento	20	-108.22	29.30	2768
Col García	Co. de García	El Largo	piedra	3	-108.35	30.00	2343
Ej. El Largo	Margaritas	El Largo	cemento	18	-108.32	29.89	2565
Ej. El Largo	Picacho Azul	Ej. El Largo	cemento	12	-108.45	29.84	2530
Ej. El Largo	Co. Ojito	Ej. El Largo	metálica	14	-108.46	29.71	2465
Ej. El Largo	M. del Huracán	Ej. El Largo	metálica	30	-108.25	29.68	2167
Ej. Madera	Los Tres Ojitos	Semarnat	metálica	18	-108.03	29.27	2674
Ej. Huizopa	Alto De Jacales	Semarnat	metálica	18	-108.37	28.95	2437

CUADRO 2. Clasificación de superficie bajo protección comparada con los resultados del análisis de visibilidad.

Tipo de vegetación	Superficie bajo protección (ha)	Superficie cubierta por el análisis de visibilidad (ha)	Diferencia (ha)	Eficiencia (%)	
				%	(%)
Bosques	5,487,622	2,172,262	3,315,360	60.42	39.58
Selvas	496,555	16,194	480,360	96.74	3.26
Veg. transición	1,476,896	812,470	664,425	44.99	55.01
Veg. halófila	28,051	13,921	14,130	49.63	50.37
Áreas agrícolas	679,764	492,982	186,781	27.48	72.52
Total	8,168,888	3,507,829	4,661,056	57.06	42.94

Inventario Nacional Forestal (2000).

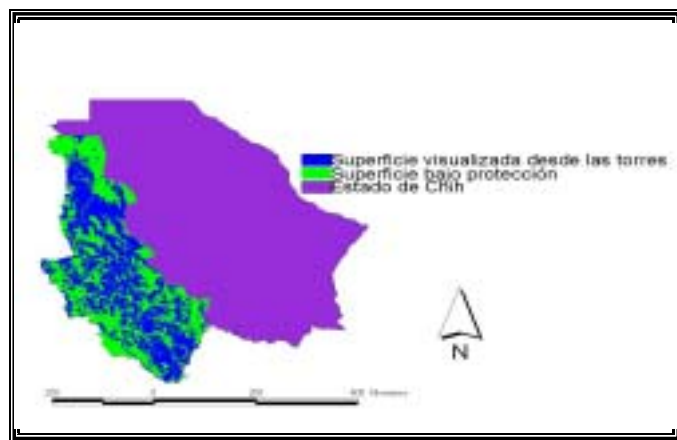


FIGURA 2. Clasificación de la superficie forestal bajo protección respecto a los resultados del análisis de visibilidad.

Es importante señalar que la visibilidad para las especies del bosque de pino – encino y sus asociaciones, corresponde a 39.58 %, porcentaje que es imperioso superar a la brevedad mediante estrategias que busquen maximizar su nivel de cobertura visual, ya que 3.315,360 ha quedan sin apreciación directa por algún vigía, y representan 40.5 % de la superficie total y que en su mayoría corresponden a masas con alto potencial económico, y ambientalmente indispensables. Cabe señalar que existen puntos de observación (sin torres) que cubren un porcentaje adicional de cobertura; sin embargo, éstos no fueron considerados en el presente estudio.

Se debe resaltar que un sistema de detección debe componerse de torres de observación, apoyado por patrullajes terrestres y aéreos. Está comprobado según Julio (2000), que ningún sistema, a un nivel de costo razonable, puede alcanzar un grado máximo de eficiencia en la detección de incendios, por lo que es recomendable complementar las torres de detección de incendios forestales, buscando reforzarlas y cubrir los sectores donde su cobertura de visibilidad sea incompleta. Debe tenerse en cuenta que este proceso de implementación está fuertemente afectado por los recursos disponibles.

Se propone reubicar aquellas torres que tienen gran vecindad (3 % del total), debido a que están duplicando su capacidad de cobertura y minimizando su nivel de eficiencia, como es el caso de las ubicadas en Cerro de Cantiles y Cerro Grande; de llevarse esto a cabo, indudablemente se tendría una ganancia en la cobertura visual, cuyo porcentaje depende del sitio donde se establezca. Así mismo, es deseable ubicar instalaciones adicionales en Guadalupe y Calvo, Balleza, Ocampo, Morelos, Urique, Chinipas y Uruachi.

CONCLUSIONES

Se concluye que las torres actualmente instaladas en el estado de Chihuahua son insuficientes.

A pesar de la alta capacidad que poseen los sistemas especializados para generar un análisis de visibilidad, es necesario también analizar la calidad del funcionamiento de las actuales torres de detección. En esto se incluye al personal operador, programas y equipos de trabajo y sistemas de información, entre otros aspectos.

Se sugiere diseñar una nueva red de puntos de observación, que tenga como meta que la vegetación forestal quede visualmente cubierta al menos en 80 % del total de la región a proteger. Para estos efectos, deben aplicarse los instrumentos de modelación matemática y de análisis marginal necesarios para asegurar la eficiencia estructural esperada del nuevo sistema de observación.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia se agradece al Fideicomiso Chihuahua Forestal por la información proporcionada mediante el proyecto "Sistema de Información Geográfica del Ecosistema Forestal Chihuahuense". Se aprovecha también para agradecer al programa de doctorado de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, por el sustento científico brindado por conducto del Dr. Eduardo Treviño Garza.

LITERATURA CITADA

- CONAFOR, 2004. Programa operativo 2004 de incendios forestales para el estado de Chihuahua. Departamento de conservación y protección forestal de la Región VI "Río-Bravo". Chihuahua, México. 75 p.
- DIXMUDE, A. J. NAVARRO, P. FLASSE, S. DOWNEY, I. VALERIO, L.; URIARTE, F. RAMOS, A. 1999. Monitoreo de fuegos en Nicaragua: el uso de la teledetección. *Revista-Forestal-Centroamericana*. No. 27, 26-31; 11 ref. Nicaragua.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. 243 p.
- GONZÁLEZ, P. A. 2001. Caracterización ecológica de la vegetación en las áreas de protección de flora y fauna del cañón de Santa Elena y Big Bend National Park. Tesis de disertación doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. 150 p.
- INIFAP. 1998. Diagnóstico de la actividad forestal en el estado de Chihuahua. Documento interno. Campo Experimental Madera. Chihuahua, México. 30 p.
- JOHNSTON, A. C. 1998. *Geographic Information System in Ecology*. Blackwell Science. USA.
- JULIO, A. G. 2000. Diagnóstico y propuesta de lineamientos estratégicos en manejo del fuego para el estado de Jalisco. Programa de desarrollo forestal de Jalisco. Proyecto manejo del fuego, Universidad de Chile. Jalisco, México. 139 p.

- LOZANO, T. S. 1996. Simulación de uso potencial bajo modelos de interpolación espacial y temporal de variables de clima en sistemas de información geográfica. Disertación doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. 191 p.
- MUÑOZ, C. A. R. 2001. Desarrollo de un modelo espacial para la evaluación de peligro de incendios forestales en la Sierra Madre Oriental de México. UANL. 119 p.
- PALACIO PRIETO, JOSÉ LUIS; LUNA GONZÁLEZ, LAURA Y LYSSANIA MACÍAS MORALES. 1999 : Detección de incendios en México utilizando imágenes AVHRR (temporada 1998) Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, México D. F. Boletín 38, p. 7-14
- TREVIÑO G., E. J.; JIMÉNEZ P., J.; AGUIRRE, C. O. (2000) : Evaluación de las superficies incendiadas en el sur de Nuevo León susceptibles a restauración. VIII Simposium Internacional de la Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota, Iguazú, Argentina Noviembre 6 – 10 de 2000. P353 –362 Publicado en CD.
- SEMARNAT. 2000. Análisis cartográfico del inventario nacional forestal, mediante imágenes satelitales LANDSAT. México.