

# ANÁLISIS DE LA COBERTURA VISUAL DE LAS TORRES DE DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, EN CHIHUAHUA MEXICO.

M.C. Marin Pompa García. <sup>[1]</sup>

Dr. Eduardo Treviño Garza <sup>[2]</sup>

## RESUMEN

En México los incendios forestales son una de las principales causas de la pérdida de la cubierta forestal. Particularmente en el Estado de Chihuahua, los incendios forestales son la primer causa de deforestación. La detección oportuna de estos siniestros juega un papel fundamental para su combate. Como herramienta de apoyo, el análisis de visibilidad posibilita distribuir estratégicamente puntos de observación sobre el macizo forestal que maximicen la cobertura de visión de la superficie forestal. 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 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, Chihuahua, México.*

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

### SUMMARY

M.C. Marin Pompa García <sup>1</sup>

Dr. Eduardo Treviño Garza <sup>2</sup>

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 viewshed 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, Chihuahua, Mexico.

# **ANÁLISIS DE VISIBILIDAD DE LAS TORRES DE DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN CHIHUAHUA, MÉXICO.**

## **1. INTRODUCCION.**

El Estado de Chihuahua cuenta con una superficie total de 24,708,700 hectáreas, que representan el 12.6% del total nacional, de ésta 17,527,831 hectáreas corresponden a superficie forestal que se encuentra distribuida en bosques, selvas, zonas áridas, vegetación halófila y áreas perturbadas, de acuerdo a los resultados del inventario nacional forestal.

La superficie del bosque se encuentra situada en la Sierra Madre Occidental, y tiene gran importancia desde el punto de vista económico, social y ecológico. La actividad forestal en Chihuahua proporciona mas de 65,000 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; existe por otro lado una gran diversidad de flora y fauna con 2,000 especies de plantas vasculares, entre las que destacan 33 especies de encino y 27 de coníferas, así como 100 especies de mamíferos los bosques de Chihuahua captan la mayor parte del agua que se utiliza en las principales presas de Sonora y Sinaloa; igualmente el potencial turístico en la zona forestal del estado es por demás considerable (INIFAP, 1998).

Sin embargo, el área forestal del bosque templado frío ha sido la más afectada por la presencia de incendios forestales, situándose en los últimos años 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 constituye una actividad clave en el manejo del fuego, por cuanto a la oportunidad en el descubrimiento de los incendios forestales que se inician, 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 el 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.

En éste trabajo se evaluó la cobertura de visualización de la red estatal de torres de detección de incendios forestales en el estado de Chihuahua, aplicando modelos geoespaciales. Teniendo como presupuesto que la distribución geográfica de las mismas es suficiente para cubrir la superficie forestal bajo protección. La técnica utilizada es un análisis de visibilidad apoyado en información geográfica de cada una de las torres, así como en modelos digitales de elevación, complementados con información del inventario nacional del año 2000. Sobre la base de estos resultados, se identifican nuevos puntos de observación que se determinaron adecuados, en el entendido de asegurar continuamente los mejores resultados a un mínimo de costos.

## ***DETECCIÓN DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN CHIHUAHUA.***

La detección explícita, es decir la 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 mayormente sobre la base de observadores terrestres fijos, conocidos comúnmente como “torres de detección”.

Salvo esta iniciativa, a la fecha no se disponía 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 reporta que los tiempos de detección en el estado de Chihuahua alcanzaron en el 2003 un promedio de 10 minutos, valor que según los estándares internacionales es aceptable. 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-AJ-*et al.* 1999). En México PALACIO *et al.* (1999) utilizaron 120 imágenes AVHRR se hace una evaluación de áreas incendiadas entre enero y junio de 1998. TREVIÑO *et al.* 2000, utilizó imágenes LANDSAT TM para cuantificar los daños causados a las áreas boscosas de Nuevo León por los incendios de 1998.

Los modelos digitales de elevación (MDE), también conocidos como modelos digitales del terreno, son utilizados para representar los datos de altitud 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 modelos 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, GONZÁLES (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 estos al permitir detectar los cambios en composición botánica y cobertura aérea que sufre la vegetación al variar el factor altitudinal.

### **MÉTODOS Y MATERIALES**

#### ***DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.***

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 108°22'48'' y 109°33'25'' de longitud oeste, correspondiendo a la sierra madre occidental en el Estado.

En su mayoría el clima corresponde a templado con lluvias en verano (Cf), 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 105.38° y 109.557° de

longitud oeste y los 24.701° y 31.278° de latitud norte. Se recolectaron en campo las referencias geográficas, así como las características 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 del año 2002. (Figura 1).

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 un 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 visualización de 360° y el máximo rango de visualización permitido. 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 Y DISCUSION**

En el Estado de Chihuahua se encontraron operando 32 torres de detección, el listado de éstas instalaciones con 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 presenta en la tabla 2 y 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 en del 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 un 80% de cobertura, a pesar de ello, éste resultado no es catastrófico en el territorio Chihuahuense, tomando en consideración su basta extensión así como el indicador de eficiencia representado por el tiempo de detección (10 minutos durante el 2003).

Cuando un incendio se presente en un sitio en el que se carezca de una cobertura visual directa, podrá detectarse su presencia mediante su columna de humo, sin embargo se dificultaría ubicar con precisión exacta su localización, lo que a su vez retardaría el oportuno control y combate del mismo. Se dice 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 éste 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 mas alta, dado que este tipo de vegetación se encuentra en las caídas y barrancas que oscilan desde los 500 a los 1800 metros sobre el nivel del mar, y donde escasamente se han ubicado torres observación.

Es importante señalar que la visibilidad para las especies del bosque de pino – encino y sus asociaciones, corresponde a un 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 hectáreas quedan sin apreciación directa por algún vigía, y representan el 40.5% de la superficie total y que en su mayoría representan masas con alto potencial económico, y ambientalmente indispensables.

Se debe resaltar que un sistema de detección debe componerse de torres de observación, complementados o apoyados por patrullajes terrestres y aéreos. Está comprobado 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, 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”.

## **CONCLUSIONES**

El desarrollo de procedimientos y análisis de visibilidad por medio de modelos digitales de elevación, permite obtener información confiable respecto a las coberturas de observación sobre los recursos forestales del estado de Chihuahua.

Los sistemas de información geográfica disponibles en los momentos actuales cuentan con programas especializados que permiten efectuar análisis de visibilidad con un alto grado de precisión y eficiencia. Es limitante, sin embargo contar con un modelo de elevación digital.

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, sistemas de información, entre otros aspectos.

Se concluye que las torres actualmente instaladas en el estado de Chihuahua son insuficientes, particularmente en la zona boscosa por la importancia ambiental, económica y social que esta reviste.

Derivado de lo anterior, se sugiere diseñar una nueva red de puntos de observación, que tenga como meta que la vegetación forestal quede visualmente cubierta al menos por un 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.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BUITEN, H. J. 1993. General view of remote sensing as a source of information. In: H.J. Buiten and Jan G.P.W. Clevers (ed). Land observation by remote sensing. Vol. 3. Gordon and Breach Science Publishers. pp. 9-27.
- BURROUGH, P. A. 1990. Principles of geographic information systems for resources assessment. Butler & Tanner Ed. Somerset, Great Britain.
- CONAFOR. 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-AJ-DE; 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.
- GONZALEZ, 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. 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. Elaboración de un modelo espacial de peligro de incendios forestales. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias forestales. UANL. 119 p.

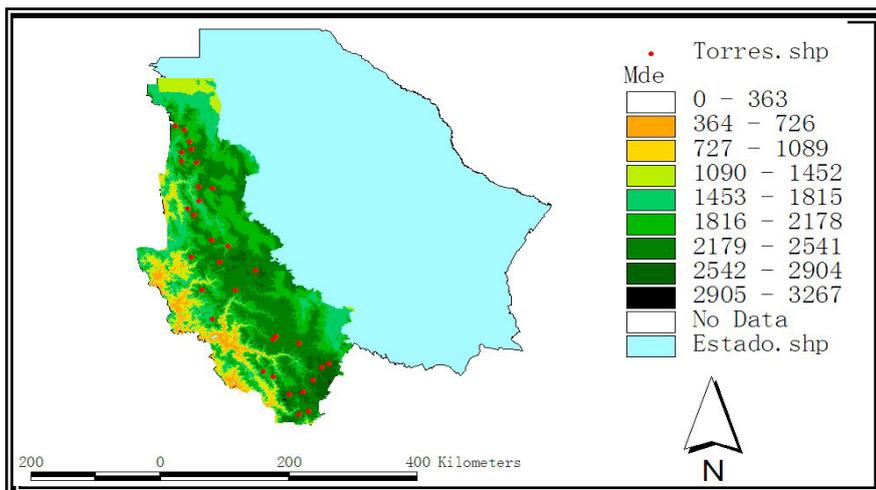
PALACIO PRIETO, JOSÉ LUIS; LUNA GONZÁLEZ, LAURA Y LYSSANIA MACÍAS MORALES, 1999 : Detección de incendios en México utilizando imágenes AVHRR (temporada 1998) Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, México D. F. Boletín 38, p 7-14

TREVIÑO G., E. J.; JIMÉNEZ P., J. Y O. AGUIRRE C. (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.

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)
Ej La Trinidad	Cerro Del Águila	Fideicomiso Chihuahua Forestal	metálica	18
Ej Chinatú	Cerro Pelón	Fideicomiso Chihuahua Forestal	metálica	16
Ej Llano Grande	Cerro Milpillas	Fideicomiso Chihuahua Forestal	metálica	18
Pp Cerro Grande	Cerro Grande	Semarnat	metálica	18
Ej Caborachi	Metatitos	Semarnat	metálica	18
Ej Rocoroybo	Lagunitas	Semarnat	metálica	18
Ej El Refugio	Yepárago	Semarnat	metálica	18
Pp Lote A Sur	Capellina	Telmex	metálica	25
Ej Huevachi	Cebadilla	Telmex	metálica	25
Ej Altamirano	Los Azules	Fideicomiso Chihuahua Forestal	metálica	18
Ej Vicente Gro.	Los Lobos	Semarnat	metálica	18
Ej La Pinta	El Ranchito	Telmex	metálica	40
Ej El Caldillo	Cerro Las Garrochas	Semarnat	metálica	18
Ej Catedral	Cerro Las Iglesias	Semarnat	metálica	18
Ej Baborigame	Cerro Momora	Semarnat	metálica	18
Ej Redondeados	Alto De Atascaderos	Semarnat	metálica	18
El Tule Y Portugal	Cerro Villarroel	Semarnat	metálica	18
Ej Rocheachi	Cerro De Cantiles	Silvicultores Unidos de Guachochi	metálica	18
Ej Arr. Cabeza	Cerro De Romúrachi	Semarnat	metálica	14
Ej San Elias	Cerro El Ojito	Semarnat	metálica	14
Ej Laposta	Alto De La Posta	Semarnat	metálica	18
Ej Tomochi	Mesa Redonda	Semarnat	metálica	18
Ej El Largo	Cerro Tres Ojitos	Ej El Largo	cemento	17
Ej El Largo	La Chinaca	Ej El Largo	cemento	14
Ej El Largo	El Cinco	Ej El Largo	cemento	20
Col García	Cerro de García	El Largo	piedra	3
Ej El Largo	Margaritas	El Largo	cemento	18
Ej El Largo	Picacho Azul	Ej El Largo	cemento	12
Ej El Largo	Cerro Ojito	Ej El Largo	metálica	14
Ej El Largo	Mesa Del Huracán	Ej El Largo	metálica	30
Ej Madera	Los Tres Ojitos	Semarnat	metálica	18
Ej Huizopa	Alto De Jacales	Semarnat	metálica	18

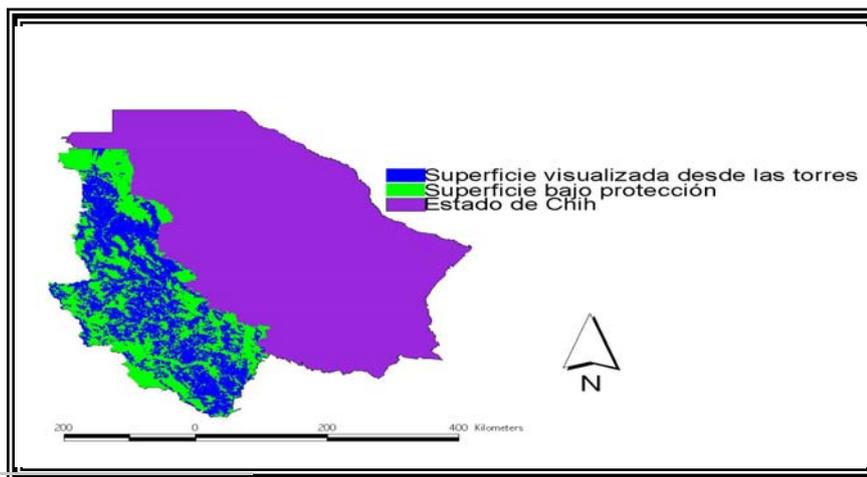
Figura 1. Localización del área de estudio, incluyendo el MDE y la ubicación de las torres de detección de incendios forestales.



Cuadro 2. Clasificación de superficie bajo protección comparada con los resultados del análisis de visibilidad (Fuente: Inventario Nacional Forestal del año 2000).

TIPO DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE BAJO PROTECCIÓN (has)	SUPERFICIE CUBIERTA POR EL ANÁLISIS DE VISIBILIDAD (has)	DIFERENCIA		EFICIENCIA (%)
			(has)	%	
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
Areas 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

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



[1] Marín Pompa-García es Ingeniero Forestal en el Fideicomiso Chihuahua Forestal y realiza estudios de doctorado en Manejo de Recursos Naturales, Email: [fcfasist@ch.cablemas.com](mailto:fcfasist@ch.cablemas.com).

[2] Eduardo Treviño-Garza es Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, México, Email: [ejtrevin@fcf.uanl.mx](mailto:ejtrevin@fcf.uanl.mx).