

---

MANEJO DE CUENCAS, HIDROLOGÍA Y  
GEOHIDROLOGÍA

---

SRSIG-01

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL  
ACUÍFERO DE GUAYMAS

Silvia Martínez Retama, Genaro Gutiérrez Mancinas y Raúl  
Cruces Manjarrez  
Universidad de Sonora  
E-mail: silviam@marina.geologia.uson.mx

El Acuífero de Guaymas es un acuífero relevante por la importancia económica para la región, sin embargo, a partir de la década de los 50's empezó una sobreexplotación que ha puesto en riesgo la producción económica y la estabilidad mínima del acuífero, provocando serios problemas de intrusión salina, por lo que es importante el estudio de su evolución.

El objetivo de este proyecto es obtener información geográfica estructurada que facilite el análisis y la evaluación de la problemática hidrológica del Acuífero de Guaymas, a partir de los datos almacenados en forma digital en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para llevar a cabo el desarrollo de este sistema se plantearon cuatro etapas, las cuales consistieron en:

- Definición de los objetivos del proyecto.
- Creación de la Base de Datos del SIG.
- Desarrollo del Análisis Geográfico.
- Presentación de los resultados.

El desarrollo e integración de la Base de Datos se realizó en el programa Arc/Info GIS 7.2.1, lográndose un diseño completo, donde se plantearon los modelos conceptual, lógico y físico, que fueron de gran ayuda en el desarrollo de las aplicaciones.

Sobre la base de esta metodología se obtuvieron algunos escenarios, donde se muestra la problemática del acuífero respecto al abatimiento de los niveles estáticos e intrusión salina, para ello se utilizó modelado espacial y vistas tridimensionales con el programa Arcview GIS 3.2, obteniéndose con ello mapas claros y presentaciones visuales que reflejaron el grado de sobreexplotación e intrusión salina a la cual ha sido sometido el acuífero.

SRSIG-02

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
DIGITAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS. EL  
CASO DE LA CUENCA LERMA CHAPALA SANTIAGO

Francisco Javier Jiménez Nava  
Dirección General de Geografía, INEGI  
E-mail: fjimenez@dgg.inegi.gob.mx

La segunda mitad del siglo XX fue testigo de la revolución en el posicionamiento geodésico, el desarrollo de la percepción remota satelital, y sobre todo, la determinante influencia de la informática para la conformación de sistemas de información geográfica.

Hoy, con el dinamismo que proporciona la tecnología, la producción y explotación de información geográfica es cada vez más el resultado de equipos de trabajo multidisciplinarios. Cada vez es más frecuente y necesario correlacionar información del medio físico con información socio-económica; lo que permite no solamente realizar un diagnóstico completo de las condiciones naturales, sino también identificar las causas de su deterioro y elaborar pronósticos más reales sobre su evolución.

La perspectiva del manejo de cuencas también ha cambiado; hoy no sólo se refiere al conocimiento, análisis y protección de los recursos hídricos; sino también involucra la capacidad de los suelos, la vegetación, el relieve, el impacto de la población la infraestructura civil para la producción sustentable de bienes y servicios. De esta forma las cuencas se convierten en unidades lógicas para la planeación y la gestión de los recursos naturales.

La Cuenca Lerma Chapala Santiago es sin duda la de mayor interés en la División Hidrográfica del país por el impacto ambiental que ha sufrido, así como por la cantidad de población que concentra: 17 041 463 habitantes (17.4% del total nacional) habitando 25 259 localidades de diversos tamaños.

En este ejercicio, se ha aprovechado la disponibilidad de información geográfica digital que el INEGI produce y actualiza, para integrar un Sistema de Información conteniendo más de 15 capas vectoriales, raster y alfanuméricas, entre las que se destacan: Altimetría, Hidrografía, Vías de Comunicación, Localidades, Fisiografía, Geología, Edafología, Uso del Suelo y Vegetación, Hidrología, Modelo Digital de Elevación e Imágenes de Satélite, Población y Economía.

De esta forma se presentan aplicaciones que analizan el proceso de deforestación en la cuenca, la pérdida de suelos y el consecuente azolve de los cuerpos de agua continentales, el incremento de la superficie irrigada, entre otros casos.

El conocimiento de las características y distribución de los diferentes elementos del medio físico, así como de la infraestructura disponible tienen un trascendente impacto en el

desarrollo social y económico de la región. La viabilidad de proyectos de desarrollo debe estar fundamentada en el manejo de datos geoespaciales, que permitan una visión integral de las variables que inciden en las actividades económicas de esta cuenca.

SRSIG-03

**CAMBIO EN LOS PATRONES DE CONSUMO DE AGUA Y CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN (1970-2000)**

Alejandra Acosta, Gerardo Bocco y Erna Lopez  
 Instituto de Ecología, UNAM, Campus Morelia, Mich.  
 E-mail: acosta@ate.oikos.unam.mx

En la presente investigación se analizó el cambio de uso de suelo urbano, agrícola y pecuario, así como su consumo de agua en la cuenca del lago de Cuitzeo en un periodo de 25 años. La cuenca de estudio es importante porque en ella se encuentra el segundo cuerpo de agua mas grande del país, el cual sufre fuertes periodos de desecación. Este trabajo se realizó a escala semidetallada, se usaron fotografías aéreas a escala 1:50,000 (1975) y a escala 1:37,000 (2000). Se interpretaron 444 fotografías y posteriormente se digitalizo la interpretación en un Sistema de Información Geográfica (SIG). La estimación del consumo de agua se realizo con regresiones lineales entre la población y el consumo de agua; y entre la superficie urbana y el consumo de agua.

Las 26 localidades urbanas (más de 2,500 habitantes) de la cuenca incrementaron su superficie en 7,798 ha sobre cultivos de temporal (42%), cultivos de riego (24%) y otros asentamientos humanos (10%). Los principales tipos de relieve sobre el que se asientan las localidades de la cuenca son laderas muy suaves a suaves, planicies y piedemonte no diferenciado. Los principales tipos de roca sobre los que se asientan las localidades de la cuenca son depositos lacustres, depositos superficiales e igninbritas. Las localidades se encuentran en suelos de tipo vertizol, feozem y litozol.

Los cultivos de riego crecieron 7,519 hectáreas (ha), sobre cultivos de temporal (60%), pastizal (17%) y matorral (8%). Los bordos crecieron en un número de 1,547 (425 ha). Las regresiones lineales indican que las ciudades presentan tres tendencias de crecimiento; 1) son ocho las ciudades donde el crecimiento de la superficie depende del crecimiento poblacional, éstas son las más grandes y atraen población de otras ciudades y del medio rural, 2) las ciudades donde existe una relación intermedia entre el crecimiento poblacional y el crecimiento de la superficie son 14, estas son las ciudades mas pequeñas 3) las ciudades donde la superficie crece pero la población disminuye por migración a los Estados Unidos son dos. El volumen de agua para la población es de 72 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>), para uso industrial es de 30 Mm<sup>3</sup>, para agricultura es 64,313 Mm<sup>3</sup> y la actividad pecuaria consume 2.8 Mm<sup>3</sup>.

La expansión de la superficie urbana y el crecimiento de la población están originando una mayor demanda de agua para su consumo. El uso del agua para las actividades productivas del hombre son la principal causa de que esta no llegue al Lago de Cuitzeo. La actividad industrial es baja pero consume grandes volúmenes de agua. El agua para la agricultura se incrementó debido al crecimiento de la superficie de riego y al incremento en el volumen de agua por ha. La cuenca se encuentra en un proceso de ganaderización debido al incremento del ganado y al número de los bordos que se usan para abrevadero.

SRSIG-04

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN EL BALANCE HÍDRICO EN GRANDES CUENCAS. EL CASO DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO. MICHOACÁN MÉXICO**

Manuel Mendoza<sup>1</sup>, Gerardo Bocco<sup>2</sup> y Erna López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Geoecología, Depto. de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM, Morelia, Mich., México  
 E-mail: mmendoza@oikos.unam.mx

<sup>2</sup> Dirección General de Investigación en Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT

El presente estudio evalua el cambio en el balance hídrico espacialmente distribuido (BHED) causado por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo (CCVUS) a nivel regional en una cuenca poco aforada para los años de 1975 y 2000. Los resultados de esta investigación son producto de la integración de herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica con un modelo de balance de agua; además, se utilizaron técnicas de análisis de dinámica de cambio. El análisis del cambio de los componentes del BHED a nivel de formas de relieve y por matrices de transición determinó que durante el periodo de estudio las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca no se modificaron sustancialmente. Sin embargo, las planicies y los piedemontes, mostraron un incremento en los valores de escorrentía, como resultado de un incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos. En ambos años, las formas de relieve de las zonas bajas de la cuenca, se apreció que existe fuerte presión sobre el recurso hídrico lo cual repercute en el deterioro del lago de Cuitzeo, principalmente por contaminación y reducción del suministro de agua al vaso. El enfoque integral utilizado puede representar una alternativa viable para entender el cambio en la distribución y cantidad del agua disponible en cuencas poco aforadas como resultado de un CCVUS.

SRSIG-05

**CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL Y USO EL TERRENO. EL CASO DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO**

Erna López Granados<sup>1</sup>, Gerardo Bocco<sup>2</sup> y Manuel Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, UNAM, Morelia, Mich., México

E-mail: erna@oikos.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT

Las actividades humanas han sido reconocidas en años recientes como la mayor fuerza modeladora de la biosfera; estas actividades, más que las fuerzas naturales son responsables de la mayoría de los cambios contemporáneos en los flujos y estados de la biosfera. El lago de Cuitzeo se encuentra en proceso de desecación, por lo que se consideró importante conocer las dinámicas del cambio de la cobertura vegetal y el uso de suelo a escala semidetallada (1:50,000 y 1:37,000) en los últimos años 25 años. La digitalización de la interpretación de las fotografías aéreas, de la cartografía de la zona de estudio; así como el modelamiento de las bases de datos y la salida de los mapas finales, se realizó con ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En este trabajo se presentan 12 categorías diferentes de cobertura vegetal y uso de suelo; sobresalen las categorías de matorrales y bosques por presentar actualmente mayores superficies que en 1975. En especial; los matorrales presentan el mayor aumento en su área (18.6% en el año de 1975 a 23.5% en el año 2000). Los matorrales se han desarrollado principalmente en las zonas de cultivos de temporal, debido a que los dueños de los campos de cultivo han abandonado sus tierras en busca de mejores oportunidades de vida; situación que los ha llevado a migrar a la capital del estado y del país; así como a los Estados Unidos de Norteamérica. El lago de Cuitzeo disminuyó su extensión en los últimos 25 años, este fenómeno obedece a varios factores, entre los que podemos citar el consumo de agua en diferentes actividades productivas (que impiden que el agua llegue al vaso) y al crecimiento de la vegetación acuática.

SRSIG-06

**LOS HUMEDALES DEL DELTA DEL COLORADO**

Alejandro Hinojosa<sup>1</sup>, Leal Mertes<sup>2</sup>, Lourdes Mexicano<sup>1</sup>, Octavio Meillon<sup>1</sup>, Joseph Scepan<sup>2</sup> y Zackary Stanley<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

<sup>2</sup> Geography Dept. UCSB

Los humedales son ecosistemas de gran importancia por los procesos hidrológicos y ecológicos que en ellos ocurren, por la diversidad biológica que sustentan y en muchos casos constituyen hábitats críticos para especies seriamente amenazadas. Son ecosistemas que requieren de un suministro constante de agua y que se ven afectados por eventos que suceden aguas arriba de los cauces que los alimentan, como la construcción de presas, el desvío de los caudales hacia zonas de cultivo y para uso urbano. Desde inicios del siglo XX, las

aguas del río Colorado han sido progresivamente sometidas a un control que por un lado han habilitado el florecimiento de una economía en una zona desértica pero por otro, han abatido el suministro de agua a los humedales del delta del Colorado, con su consecuente deterioro.

Eventos de variabilidad climática que han inducido deshielo anormal en las partes altas de la cuenca, como los ocurridos en 1980 y entre 1983-1985, forzaron la liberación controlada de agua de las presas, aumentando drásticamente el caudal que llega a los humedales del delta del Colorado, provocando inundación extensiva, situación que ocurría anualmente antes de la construcción de la primer gran presa en 1934.

La descarga de agua salobre por drenes agrícolas como el canal Welton-Mohawk, ha dado como resultado la formación de la ciénega de Santa Clara, un humedal que no se observa antes de 1972. Este efecto secundario ha tenido un impacto positivo sobre los ecosistemas en esa área.

Se realizó un análisis de delta del río Colorado, de 1972 a la fecha, de los eventos de inundación y sequía por medio de imágenes satelitales MSS, TM, ETM é Ikonos; estimando la extensión de las áreas inundadas, su variación en el tiempo y los efectos en las áreas riparias contiguas.

En función del flujo EU-México, se puso énfasis en los eventos anómalos como inundación extensiva (1984) y sequía extrema (1990), trabajando con imágenes muestra de baja resolución para una perspectiva general y con imágenes de resolución completa (TM) para estimar extensión de la inundación, grado de sequía e índices de vegetación en las zonas contiguas al cauce del río Colorado. Con imágenes Ikonos de alta resolución espacial, se analizó las comunidades vegetales en la zona riparia. Este es un esfuerzo encaminado a apoyar la conservación y restauración de los humedales del delta del Colorado.

SRSIG-07

**ANÁLISIS NUMÉRICO DEL RELIEVE Y SU PAPEL EN LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN. CASO: CENTRO DE MÉXICO**

Andrea Bolongaro-Crevenna Recaséns<sup>1-2-3</sup>, Vicente Torres Rodríguez<sup>1</sup> y Valentino Sorani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

E-mail: anide@terra.com.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM

<sup>3</sup> Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, CEAMISH, UAEM

La distribución de una especie en espacio y tiempo es el resultado de la conjunción de un número amplio de factores ambientales cuyos efectos simultáneos y a veces acumulativo conducen a reunir las condiciones para que una especie viva y se desarrolle en un punto específico. Entre los factores que definen una distribución de especies en particular se encuentran el clima, la disponibilidad de agua, la disponibilidad

de alimento, de refugio y de condiciones topográficas. En este trabajo se proponen herramientas para la descripción, cuantificación y análisis espacial de estos parámetros ambientales para conocer su relación con la distribución de la vegetación. La zona de aplicación comprendió al Estado de Morelos, localizado en el centro de México.

El método aplicado consistió en la generación de pseudoimágenes de la mayoría de las variables ambientales susceptibles de ser representadas espacialmente, con el auxilio de procedimientos de interpolación espacial. Las variables estudiadas fueron: 1) Climáticas: precipitación, evaporación y temperatura. 2) Hidrológicas: escurrimiento superficial. 3) Relieve: análisis de curvatura, geformas analíticas, insolación potencial, orientación de laderas, pendiente topográfica y humedad topográfica. Para determinar las posibles relaciones entre los atributos ambientales y la disponibilidad de agua con la distribución de la vegetación se realizaron operaciones de aritmética, álgebra y análisis de estas pseudoimágenes, teniendo como variable de respuesta imágenes de sensores remotos de índices de vegetación mensuales. Se emplearon imágenes AVHRR, ASTER, IKONOS y Landsat de varias temporadas.

Se encontró que los factores que favorecen la retención de agua para los procesos biológicos son la presencia de pendientes topográficas suaves, valores altos en atributos puntuales del relieve como presencia de huecos, hondonadas y pasos, y valores altos en atributos de superficies del relieve como son acanalamientos. Las menores disponibilidades de agua se cuantificaron en relieves con altos valores de formas convexas. Por su parte, el análisis de pseudoimágenes climatológicas de un periodo de 40 años mostró que el gradiente de precipitación pluvial acumulativa en zonas boscosas del Estado de Morelos disminuyó en más de 200 mm anuales en tal periodo.

SRSIG-08

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROGRAMAS PARA LA EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA DE REDES HIDROLÓGICAS**

Johanna Morales Whitney<sup>1</sup> y Gabriel Origel Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

E-mail: abc\_map@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

Tradicionalmente en la cartografía digital las capas vectoriales que representan redes hidrológicas se han generado a partir de la digitalización de mapas topográficos. Alternativamente, debido a la mayor accesibilidad y uso de Modelos Digitales de Elevación (DEM), se han implementado en algunos programas de análisis raster y Sistemas de Información Geográfica (SIG) las funciones espaciales que permiten su extracción automatizada. En esta trabajo se presenta un reporte del procesamiento de un DEM para la extracción automática de la red hidrológica comparando los resultados entre las extensiones Hydrologic Modeling y Spatial

Analyst de ArcView 3.2 (de ESRI, <http://www.esri.com>) y RiverTools (de RSI, <http://www.rsinc.com>). El objetivo principal fue detectar las ventajas y desventajas de cada uno, así como proponer algunas técnicas que permiten mejorar su calidad y exactitud. Como datos para realizar el análisis se seleccionó aleatoriamente un archivo del DEM GEMA del INEGI, al mismo se le aplicaron las operaciones espaciales para generar un modelo de flujo, después se creo un archivo vectorial que incluye toda la red hidrológica del área comprendida en el DEM. A partir de estos archivos se realizó la comparación entre los resultados de cada uno. Para tener una aproximación de su exactitud se sobrepusieron y compararon visualmente con imágenes georreferidas de la cartografía topográfica a escalas 1:250,000 y 50,000 del INEGI. Se detectó que las extensiones de ArcView por estar desarrolladas para un SIG modular permiten mayor integración con diversos análisis espaciales, sin embargo la configuración de la red fue mejor en el sistema RiverTools. La principal diferencia se encuentra en el algoritmo utilizado para crear el modelo de flujo, así como las adaptaciones especiales que se pueden aplicar en zonas planas, cuya morfología complica la detección de los cauces y produce la traza de vectores inexistentes. Para reducir este tipo de problemas y mejorar la calidad se recomiendan las siguientes medidas: evaluar el DEM original, detectar y disminuir en lo posible los errores evidentes en el mismo, aplicar las funciones de máscara en zonas donde el cálculo se complicaría y utilizar algoritmos especiales para zonas planas. Finalmente, para el caso de estudios con mayor interés en el análisis hidrológico, se recomienda utilizar las aplicaciones gráficas que permiten trabajar exclusivamente dentro de límites de cuenca definidos por el usuario, creando así archivos vectoriales con bases de datos que incluyen toda una serie de parámetros hidrológicos tales como la pendiente promedio, la distancia vertical, el orden de Strahler, la densidad de drenaje, entre otros.

SRSIG-09

**ADECUACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS (DRASTIC), MEDIANTE EL USO DEL TRAZADO DE PARTÍCULAS EN EL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MEDIANTE EL USO DE SIG VECTOR**

Roberto Franco Plata y Noel Bonfilio Pineda Jaimes

Facultad de Geografía, UAEM

E-mail: rfp@uamex.mx

Para llevar a cabo una administración segura de los recursos hídricos, la mejor forma es protegerlos contra la contaminación para este fin, y uno de los métodos más utilizados es sin lugar a duda la cartografía de vulnerabilidad de acuíferos.

En este sentido, considerando el incremento acelerado de fuentes potencialmente contaminantes en el valle de Toluca, así como la ausencia total de herramientas de protección del acuífero, se definió el objetivo de este trabajo, el cual consistió en evaluar el estado de vulnerabilidad del acuífero de la Cuenca

Alta del Río Lerma, perteneciente al Curso Alto de la Cuenca Alta del Río Lerma en el Estado de México, mediante la aplicación combinada del método de análisis de vulnerabilidad (DRASTIC) y la modelación numérica con VisualMODFLOW.

En primera instancia y tras el análisis de la información disponible (geología, edafología e hidrogeología) se confeccionó un mapa de vulnerabilidad mediante la metodología DRASTIC, con el apoyo de los sistemas de información geográfica. Posteriormente, este mapa de vulnerabilidad original, fue adecuado mediante el uso de la modelación numérica, la cual consistió en delimitar nuevas áreas a proteger, considerando la contaminación que en ellas podrían generarse; ya que de alcanzar el acuífero, podrán en un plazo igual o menor a 50 años deteriorar la calidad de importantes fuentes de abastecimiento de agua subterránea del territorio.

Finalmente, se presentan dos mapas de vulnerabilidad, uno generado por la metodología DRASTIC, que de manera general permitirá el ordenamiento adecuado de las actividades, potencialmente contaminantes del territorio, así como, el análisis de riesgos de dichas actividades que podrían contaminar el acuífero; el siguiente mapa permite además, realizar una protección complementaria a áreas específicas, seleccionadas de acuerdo al interés socioeconómico que tienen en el área de estudio.

---

## INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS URBANOS

---

SRSIG-10

### EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOESTADÍSTICA PARA EL TRANSPORTE (SIGET), PLATAFORMA PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL MULTIFACTORIAL DE LA PLANEACIÓN SECTORIAL DEL TRANSPORTE

Miguel Ángel Backhoff Pohls, Juan Carlos Vázquez Paulino y  
Gilberto Núñez Rodríguez  
Instituto Mexicano del Transporte  
E-mail: backhoff@imt.mx

El SIGET es el resultado de un proyecto que eslabona distintas actividades, conjugadas desde el principio con el objetivo de proporcionar una herramienta que contribuya a la planeación, gestión y operación del sistema de transporte nacional. Entre las actividades realizadas destacan dos, por un lado, la correspondiente a la construcción del cimiento del sistema en sí mismo, es decir, a la generación de la información georreferenciada, mediante el levantamiento del Inventario Nacional de Infraestructura para el Transporte, con el empleo del GPS; la segunda actividad consistió en diseñar, integrar, estructurar y programar, las funciones, operaciones e interfaz gráfica del SIGET.

Se reseñan algunas de las aplicaciones multitemáticas desarrolladas con base en el SIGET; así, se demuestra la importancia y el potencial de utilización para la planeación y gestión territorial, específicamente para los Centros SCT y oficinas centrales de la Secretaría, sustentados en los avances parciales de proyectos realizados con datos de diferentes entidades federativas, escalas y contenidos. Los proyectos presentados son: "Sistema para la evaluación espacial de riesgos en la red nacional de carreteras", del cual se deriva la versión piloto de un subsistema para la atención de emergencias en caso de desastres naturales; el segundo se encuentra en su fase inicial y se titula "Transporte y accesibilidad en la cobertura regional de los servicios básicos de educación y salud en México" y, por último, "Sistema de Información Geográfica para el proceso binacional de planeación y programación del transporte fronterizo", orientado a las 6 entidades federativas del Norte del país, en coordinación con la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT.

SRSIG-11

### SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LOS RIESGOS EN LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

Ma. Gabriela García Ortega, José Ángel Becerril Casas, Miguel Ángel Backhoff Pohls y Juan Carlos Vázquez Paulino  
Instituto Mexicano del Transporte  
E-mail: ggarcia@imt.mx

Dada la intensidad y frecuencia creciente de los desastres originados por fenómenos naturales y humanos, y el hecho de que la infraestructura carretera, no sólo es parte del patrimonio nacional expuesto a los riesgos presentes en el territorio nacional, sino que además constituye el medio de acceso vital para la atención de emergencias en caso de desastre, la necesidad de contar con elementos de conocimiento que permitan apoyar las labores asociadas a las distintas fases de la Gestión de Desastres, reclama acciones impostergables. De ahí la propuesta de diseñar un sistema de análisis espacial, especializado en la identificación multifactorial de elementos relacionados con los riesgos (en principio geológico-geomorfológicos e hidrometeorológicos), que pueden afectar la red carretera.

El propósito es formular una metodología de carácter geográfico con base en la utilización de SIGG y GPS, para el establecimiento de estrategias de intervención orientadas a concentrar la atención y los esfuerzos de la administración pública en los factores de riesgo a los que están expuestas las carreteras nacionales, a fin de coadyuvar en la conservación de niveles de calidad y de seguridad aceptables de la infraestructura para el transporte. Ello, a través del manejo, análisis y actualización periódica de información procedente de diversas fuentes (estadísticas, cartográficas, de campo, etc.), relativas a las condiciones ambientales, sociales y económicas que convergen geográficamente y están asociadas a los riesgos que asechan a la infraestructura carretera nacional.

SRSIG-12

**LA INTEGRACIÓN DEL ANÁLISIS EXPLORATORIO  
MULTIVARIADO Y LA MINERÍA DE DATOS EN UN SIG  
DEDICADO A LA CARACTERIZACIÓN DE LA  
MARGINACIÓN URBANA**

Djamel Toudert<sup>1</sup> y Nora Bringas Rabago<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de investigaciones Sociales, UABC

E-mail: toudert@uabc.mx

<sup>2</sup> Colegio de la Frontera Norte, Tijuana

El estudio de la marginación urbana a demás de su enfoque académico constituye en la actualidad un tema de interés en la investigación de posibles soluciones con la elaboración y la implementación de políticas de integración. A pasar de que se admite que la marginación es también un fenómeno de escala integral, la investigación emperca en este rubro se ha enfocado mas bien a la búsqueda de indicadores de medición, dejando un poco de lado la caracterización de los perfiles de marginación con relación al desglose de los niveles espaciales y territoriales.

En el presente estudio intraurbano aplicado a las cinco cabeceras municipales del estado de Baja California, se desarrollo una metodología con el apoyo del análisis exploratorio multivariado para generar una aproximación estadística eficiente de los perfiles de marginación, y en conjunto con la minería de datos se logro la descripción significativa de los perfiles obtenidos. La integración de la información resultante en un SIG permitió una contextualización espacial del fenómeno estudiado y operar los cruces pertinentes con otros datos, abriendo así la posibilidad para la construcción de modelos y simulaciones.

SRSIG-13

**USO DE SIG EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS  
ESTACIONES DE SERVICIO DE CUERNAVACA Y SU  
ZONA CONURBADA**

Rocío Rueda Hurtado y Juan José Ortega Equihua  
Sistema de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de  
Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
E-mail: rrhsab@intermor.net.mx

La zona de estudio abarca los municipios de Temixco, Xochitepec, Jiutepec, Emiliano Zapata y Cuernavaca, que es la capital del estado, y se ubican al noroeste del mismo. Todos ellos en conjunto conforman desde 1982 "La Zona Conurbada de Cuernavaca". Se incluyen también al municipio de Huitzilac por su posible conurbacion dada la cercanía existente entre este municipio y el de Cuernavaca. Todos estos municipios tienen en conjunto una superficie de 389 km<sup>2</sup>, lo que representa el 13.9% de la superficie total del estado.

El área de estudio se caracteriza por reunir al 42.8% de la población total del estado. De este porcentaje el municipio de Cuernavaca concentra al 54.9%. Además se puede apreciar que la mancha urbana tiene una tendencia de crecimiento hacia el este.

Aunada al crecimiento de la mancha urbana existe una demanda de servicios que ha rebasado la capacidad de las autoridades para dotar de los mismos a la población. No obstante parte del equipamiento urbano depende del capital privado como las estaciones de servicio (gasolineras), que han proliferado en los últimos 5 años. El presente estudio tiene como objetivo el análisis de la distribución de las estaciones de servicio. Para esto se utilizo cartografía censal del INEGI correspondiente a 1995 y al 2000. Con recorridos de campo se ubicaron las gasolineras y se levanto una encuesta con la que se registro la percepción de los habitantes de los alrededores de estas instalaciones. Su ubicación no es totalmente lógica, como se pudo demostrar al hacer uso de cartografía digitalizada de la traza urbana para posteriormente trabajarla con el SIG.

El uso y comparación de la cartografía digital publicada por INEGI en 1995 y en el 2000, permitió comparar la ubicación y distribución de las estaciones de servicio, utilizando un SIG. Con base en esto se consiguieron diferentes datos, por un lado las distancias existentes entre estas ya que existen cuatro que se ubican a una distancia menor a 1km que es la distancia mínima recomendada por la normatividad de Sedesol, además al ser comparada con datos estadísticos se puede observar que de la población que se ve directamente afectada por la ubicación de estas estaciones de servicio solamente el 15.7% cuenta con automóvil, lo que en el aspecto normativo justifica la cantidad de estaciones de servicio que se han instalado pero que a su vez demuestra que la mayor parte de la población no cuenta con vehículo y sin embargo resulta afectada; por otro lado los resultados del análisis espacial demuestran que las estaciones de servicio se ubican en la zona central de la mancha urbana específicamente en el eje que conforman las grandes avenidas. Se observa además la saturación de algunas áreas y el total abandono de otras. El mapa obtenido con el SIG junto con datos estadísticos arrojo como resultado las características de cada una de las estaciones de servicio así como los efectos que tiene dentro de su entorno.

Gracias al SIG se obtuvo una representación objetiva y verídica del medio real donde se realiza el estudio y se puede determinar el comportamiento a futuro del mismo.

SRSIG-14

**VERIFICACION DE LA OCUPACION DE RESERVAS TERRITORIALES ASIGNADAS PARA EL CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MEXICALI, B.C. UTILIZANDO UNA IMAGEN DE SATELITE DE ALTA RESOLUCIÓN**

Judith Ley García  
 Instituto de Investigaciones Sociales, UABC  
 E-mail: jley@uabc.mx

La ciudad de Mexicali, tanto por su situación fronteriza como por factores diversos, ha presentado, en las últimas décadas un crecimiento acelerado comparado con el promedio nacional (INEGI, 2002). Este crecimiento ha significado una ocupación específica del territorio, siguiendo ciertos patrones que pueden responder o no a lo establecido en planes y programas de desarrollo.

Para la ciudad de Mexicali se asignaron reservas para el crecimiento de la ciudad (SAHOPE, 1991), previendo un período de crecimiento de 20 años que va de 1990 al 2010. Actualmente, al alcanzar el mediano plazo, el estudio del comportamiento real con respecto a la ocupación de las reservas asignadas, resulta pertinente y necesario, convirtiéndose en el objetivo principal del presente trabajo.

La verificación de las reservas, en el contraste entre lo real y lo planeado; así como en la caracterización del patrón de crecimiento urbano, se propone mediante la utilización de una imagen de satélite de alta resolución, instrumento que representa hoy en día, una alternativa precisa y eficiente para el monitoreo urbano.

SRSIG-15

**RESULTADO DE AVANCES DE LA APLICACIÓN DE UN SIG (ARC VIEW 3.2) EN AL ANÁLISIS DE LAS ÁREAS VERDES Y RECREATIVAS PÚBLICAS DE LA ZONA CONURBADA DE CUERNAVACA, MORELOS**

Rocío Rueda Hurtado y Juan Enrique García Díaz  
 Sistema de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Arquitectura, UAEM  
 E-mail: rrhsab@intermor.net.mx

El proceso de urbanización de Morelos, producto de una la presión demográfica, ha provocado un gran avance de las actividades productivas y el crecimiento de los asentamientos humanos, que normalmente no coinciden con la vocación del suelo, además de que la falta de planes de ordenamiento en la ZCC ha encontrado a las autoridades impreparadas para dotar estas zonas de urbanización marginal de los servicios públicos necesarios, como las áreas verdes y recreativas públicas. El aumento de necesidades ha sido más rápida que la capacidad para construir la infraestructura urbana indispensable. Por lo que a partir del análisis realizado entre la comparación de la mancha urbana de la Zona Conurbada de Cuernavaca de 1995 con la de 2000 mediante el uso de fotografías aéreas y SIG

(Arc View 3.2) así como de la consulta de censos de población de las mismas fechas las cuales después de hacer un análisis arrojan para el 2010 un incremento en la población de 273,075 hab. en la ZCC, población que demandará aproximadamente una superficie distribuida en toda la zona de 110 Ha., de áreas verdes y recreativas públicas según la normatividad de SEDESOL que indica un área verde de 4.0 m<sup>2</sup>/hab. Esto nos proporciona la veracidad de las carencias y potencialidades de la zona de estudio.

El avance de los resultados de la aplicación del SIG fue, por un lado la detección de datos básicos faltantes para la comparación entre el área general de la zona de estudio, la cual es de 498.83 km<sup>2</sup>, y el área urbanizada de la misma que es de 138.16 km<sup>2</sup>. En valor porcentual esto significa el 28% de área urbanizada, la que representa el 100% de la ZCC. Ahora, analizando las entidades que conforman la ZCC, existe una en particular que tiene una extensión municipal de 49.23 km<sup>2</sup> y una mancha urbana de 30.11 km<sup>2</sup>, esto es el 61.16 % de área urbanizada contando con una población de 142,459 hab., a los cuales les correspondería según SEDESOL 27.3 Ha. de área verde pública, contando con apenas 10 Ha.

Finalmente se elaboró un mapa en el cual se vaciaron en su totalidad los resultados obtenidos, indicando las áreas verdes y recreativas públicas con las que cuenta la ZCC.

SRSIG-16

**EXPANSIÓN METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, MONITOREO POR IMÁGENES DE SATELITE Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Clemencia Santos Cerquera<sup>1</sup> y Lizbeth Guarneros Aviles<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Instituto de Geografía, UNAM  
 E-mail: csc@pumas.iingen.unam.mx  
<sup>2</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM

El avance tecnológico y el disponer de información actualizada de imágenes de satélite permite construir un sistema de monitoreo de la expansión urbana en la Ciudad de México en formato digital, aprovechando las ventajas que este tipo de información tiene como es el poder actualizarla constantemente, y lograr estudiar en forma eficiente las necesidades sentidas de la gran metrópoli en la actualidad y enfrentar los problemas que generará en el futuro, pero bajo un sistema que permitirá plantear políticas de desarrollo sin problemas de rezago en la información.

En este sentido no se puede pensar en estudiar la expansión metropolitana sin monitorear el avance del frente urbano y la redensificación de la zona urbana, así como no se puede dejar de lado toda la información estadística sin una representación espacial de los fenómenos que estas nos indican, pues son el reflejo de lo que está sucediendo en el territorio como respuesta de quienes lo habitan, de esta forma estamos hablando de un sistema de información geográfico que permita comprender y tratar de entender bajo diferentes aspectos la realidad.

Se presenta entonces una serie de análisis realizados hasta el momento (ya que el objeto de estudio es muy dinámico) de los diferentes aspectos que nos ofrecen los datos estadísticos y los procesos empleados sobre las imágenes de satélite para dicho estudio.

SRSIG-17

**EL USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL MUNICIPAL**

Noel B. Pineda Jaimes y Roberto Franco Plata  
 Facultad de Geografía, UAEM  
 E-mail: nbpj@uaemex.mx

En los trabajos de ordenamiento territorial se obtienen por su naturaleza una gran cantidad de datos que pueden provenir de diversas fuentes, es correcto afirmar que la eficiencia de almacenamiento, procesamiento y despliegue de estos datos crece considerablemente cuando se emplean herramientas como la computadora.

El presente trabajo plasma una propuesta de ordenamiento territorial municipal tomando como ejes fundamentales el análisis y la planificación territorial así como el uso en estas fases de geotecnologías como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo anterior permite una mejor distribución de la actividades en el espacio tomando en cuenta sus potencialidades y limitantes, así como a mejor organización funcional de territorio y la posibilidad de diversos usos. De esta manera se diseña y propone posibles escenarios en cuanto a la ocupación, utilización y transformación del territorio municipal, lo anterior mediante un modelo que permita la correcta estructuración de los datos, así como su manejo y administración en un "software SIG".

El alcance de este trabajo es realizar una propuesta que permitan formular una metodología en cuanto al uso de herramientas SIG en la planeación territorial municipal, ya que consideramos que este tipo de trabajos aún son escasos en México.

El ámbito de aplicación este trabajo tiene una delimitación político-administrativa que es el municipio, creemos que el circunscribirlo a un territorio local como el municipal estamos garantizando que efectivamente sirva de referencia obligada a futuros trabajos de aplicación e implementación práctica.

---

**AGRICULTURA Y RECURSOS NATURALES**

---

SRSIG-18

**ESTUDIO CON IMÁGENES DE SATÉLITE DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS DEL DISTRITO DE RIEGO 075 RÍO FUERTE, SINALOA**

Leonardo Pulido Madrigal y Jorge López de Santa Ana  
 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
 E-mail: lpulido@tlaloc.imta.mx  
 Comisión Nacional del Agua

Se realizó una investigación durante el año de 1998 con los objetivos de estudiar la relación entre las características químicas de suelos y el rendimiento de cultivos en áreas afectadas por salinidad, con los valores espectrales de imágenes de satélite, y estimar el efecto de la salinidad en el rendimiento y producción de los cultivos en el Distrito de Riego 075 Río Fuerte. En lotes comerciales de 10 hectáreas cada uno sembrados con maíz del ciclo otoño-invierno y primavera-verano, trigo, algodón y sorgo, se tomaron muestras de suelo para analizar el contenido de cationes, conductividad eléctrica (CE, dS/m), porcentaje de sodio intercambiable, pH y nitrógeno del suelo y foliar; asimismo, se tomaron muestras de cosecha para estimar rendimiento y producción. Los datos de suelo obtenidos se analizaron estadísticamente para determinar el grado de relación con el rendimiento, y se correlacionaron con los valores espectrales que se extrajeron de los sitios de muestreo ubicados en imágenes Landsat TM de las bandas TM2 (verde), TM3 (rojo) y TM4 (infrarrojo cercano). Mediante este análisis se generaron modelos de regresión lineal simple y múltiple que sirvieron para establecer que la correlación (r) entre los parámetros químicos y el rendimiento fue diferente entre los cultivos analizados, considerando que los valores de los coeficientes de correlación encontrados variaron entre 0.07 y 0.824, observándose los valores más altos en el maíz y el sorgo para la conductividad eléctrica, el porcentaje de sodio intercambiable, el calcio, sodio y cloruros. El análisis de los parámetros químicos y el rendimiento con los valores espectrales, mostró una mayor relación para el maíz tanto de otoño-invierno como de primavera-verano y el trigo, con la conductividad eléctrica, el rendimiento, el porcentaje de sodio intercambiable, calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos y suma de cationes, con valores de r superiores a 0.6. Se identificaron en las imágenes las áreas sembradas en todo el distrito de riego con los cultivos señalados, y con los modelos de regresión lineal múltiple elaborados para estimar conductividad eléctrica y rendimiento a través de los valores espectrales, se generaron mapas de clases de rendimiento y mapas de conductividad eléctrica, que fueron la base para estimar la disminución de rendimiento por efecto de la salinidad en el maíz, trigo, algodón y sorgo.

SRSIG-19

**ELABORACION DEL PLAN DE MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES AGUA, SUELO Y PLANTAS DEL COTAS "SILAO-ROMITA", GTO.**

Alfredo Gómez Garzón, Ma. Dolores Olvera Salgado, Raúl Medina Mendoza, Werner Wruck S., Héctor Cortés R., German Palma M., Alfonso Aguayo M., Marcia Yañez, David Viramontes y Pedro Rivera

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

E-mail: agomez@tlaloc.imta.mx

Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje, Subcoordinación de Cuencas, Laboratorio de SIG y PR "SIG CUENCAS"

Entre las acciones para el manejo de los recursos naturales agua, suelo y plantas del Estado de Guanajuato se considera a las unidades hidrológicas como la base para realizar la planeación de estas acciones, y con el empleo de herramientas y metodologías como SIG (ArcView, ArcInfo, Idrisi), PR (PCI), información digital (Imágenes de satélite, Modelos de elevación digital 1:50,000 de INEGI, Orthofotos digitales escala 1:20,000, mapas digitales) y la metodología de los Planes de Manejo para producción y conservación de agua, suelo y plantas desarrollada en el IMTA. El caso que se presenta se ubica en el COTAS Silao-Romita en los municipios de Silao, Romita, Guanajuato, San Francisco del Rincón y otros, en una superficie aproximada de 190,000 ha. Este plan requirió para su inicio la recopilación de información de diversas instituciones del estado de Guanajuato como IEEG, el COTAS Silao-Romita, CEAG, INEGI, SDAYR, y otras; El procesamiento de la información temática disponible en SIG (módulos Análisis espacial, 3D Spatial analysis, Image Analysis, digitalización en tableta electrónica y en pantalla) y PR (análisis multiespectral), así como el análisis espacial de la misma, y en relación a la caracterización cartográfica que se realizó se obtuvo un diagnóstico de la situación actual y su problemática, así como de la participación organizada de los interlocutores del COTAS, formulándose mapas temáticos y compuestos, como pendientes, uso del suelo, suelos, climas, hidrología, geología, mapas base, y otros; Posteriormente con base en los resultados del diagnóstico se formularon propuestas de manejo considerando los aspectos tanto productivo como conservacionistas, y se elaboró el Plan de Manejo donde aparecen las acciones a realizar cuantificadas (superficie) y su ubicación geográfica, así como sus especificaciones y costos, además de definir las instancias participantes en el Plan y la priorización de áreas en donde iniciarlo, para esto se formularon mapas de diagnóstico y mapas de planeación o manejo. Con este plan se cuenta con elementos que sustentan en forma técnica, social y económica para la puesta en marcha del mismo, lo cual permitirá realizar un manejo con elementos de producción y conservación del agua, suelo y plantas.

SRSIG-20

**ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA EN UN DISTRITO DE RIEGO DE MÉXICO, MEDIANTE TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA**

Oscar Lemus Ramírez, Carlos Fuentes Ruíz y Jorge González Meraz

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos

E-mail: olemus@tlaloc.imta.mx

En las condiciones actuales en las que los abatimientos de los mantos fríaticos, la menor disponibilidad de agua en las presas y la contaminación de los cuerpos de agua por diversas vías, obligan a realizar un uso mas eficiente del agua disponible. Con la finalidad de alcanzar a satisfacer la demanda de agua de los agricultores, las áreas autorizadas para siembra deben cumplirse a cabalidad. Conjuntamente la eficiencia de la infraestructura para la conducción del agua de riego debe incrementarse o al menos mantenerse ya que de haber alguna baja en las mismas implican autorizar un mayor volumen que únicamente servirá para ser perdido en los canales de conducción.

En el Distrito de Riego 038 "Río Mayo" de Navojoa, Sonora, se ha notado un decremento en las eficiencias de la red principal de conducción por lo que los representantes legales de los usuarios reclaman mayores volúmenes de agua, sin embargo, para apoyar esta decisión se debe verificar que efectivamente la baja de las eficiencias se debe a un factor físico en los canales y no a un incremento en la superficie sembrada.

Para corroborar este aserto, se planteo el objetivo de estimar la superficie sembrada en el distrito de riego 038 "Río Mayo" Sonora, utilizando imágenes de satélite tipo Landsat 7.

La técnica consistió en tomar la lectura de las coordenadas con un geoposicionador de 216 puntos de cultivo en campo, durante los meses de febrero y marzo de 2002, posteriormente se adquirió una imagen de satélite tipo Landsat 7, esta imagen se corrigió y sobre ella se realizó una clasificación no supervisada con 20 grupos mediante la técnica de lógica confusa (Fuzzy set) posteriormente se realizó una clasificación supervisada, utilizando los puntos como sitios de entrenamiento y mediante inspección visual se redujeron los grupos a 6.

Después se sumó la superficie sembrada, posterior a la fecha de la toma de la imagen, con lo que se obtuvo un total de 83,227 ha, que comparada con la superficie autorizada que es de 82,074 tiene una diferencia de 1,153 ha si le asignamos una dotación volumétrica de 6 millares de m<sup>3</sup> de agua por hectárea se obtiene un total de 6,918 millares de m<sup>3</sup>. Lo que representa el 0.98 % del total del volumen entregado por año, por lo que se considera que no representa un peso significativo en el volumen y operación del distrito.

SRSIG-21

**EFFECTO DE LA TOPOGRAFÍA EN LA ESTIMACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN LA CUENCA DEL RÍO YAQUI**

Adrián Soledad Serna Gil, Jaime Garatuza Payán y Christopher J. Watts  
 Instituto Tecnológico de Sonora  
 E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

La Radiación Solar, generalmente se mide de manera puntual sobre superficies planas y su aplicación se hace sin tomar en cuenta la orientación e inclinación de la superficie. El método tradicional de obtener la Radiación Solar (Rs) sobre la superficie de la tierra es por mediciones de campo y, más recientemente, con la utilización de sensores remotos (Pinker *et al.*, 1995; Garatuza *et al.*, 2001). En áreas planas con superficies homogéneas, estas mediciones podrían ser suficientes para conocer la distribución espacial de la radiación solar. Sin embargo, en superficies escabrosas o quebradas, como las zonas montañosas, esto no es suficiente. Dado que la radiación solar es la variable más importante para determinar la evapotranspiración, ésta tiene consecuencias hidrológicas significativas, afectándose el secado del suelo y así la producción de escurrimiento. En este sentido, el objetivo de este trabajo es el de: precisar la cantidad de radiación solar incidente sobre superficies inclinadas a partir de la medición sobre una superficie plana.

Esta investigación se ubica en la región comprendida en el interior de la cuenca del río Yaqui (en el Noroeste de México). Se utilizaron imágenes de GOES-10 (banda visible) y Modelos Digitales de Elevación con resoluciones de 3, 9 y 30 segundos de arco obtenidos del INEGI y USGS. De acuerdo a las condiciones topográficas de la cuenca, pendiente y aspecto, se analizan diversos casos en los que se presenta la radiación solar incidente. Con el fin de probar la funcionalidad del algoritmo, se digitalizaron seis lugares críticos con diferentes condiciones de pendiente y aspecto, utilizando el paquete de cómputo IDRISI-32, tres de los cuales corresponden a los aspectos con ángulos próximos a 90°, mientras que los restantes tienden a valores de 270, verificándose la congruencia de los resultados obtenidos.

Para determinar el efecto de la topografía a diferentes resoluciones, se dividió la cuenca en subcuencas y se determinó la radiación solar incidente promedio antes y después de corregir por topografía. Los resultados muestran que, en general, la radiación solar incidente diaria, tomando en cuenta el efecto de la topografía, es menor, hasta en un 6%, dependiendo de la pendiente promedio de la subcuenca, que para una superficie plana y se incrementa, al reducir la resolución.

El efecto de la orientación de la pendiente resulta también importante, reduciéndose drásticamente la insolación en las pendientes orientadas hacia el norte e incrementándose en

aquellas orientadas hacia el sur. Las orientaciones hacia el este y el oeste tienen poco efecto al considerar la radiación incidente diaria.

SRSIG-22

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LAS ENERGÍAS RENOVABLES**

Ricardo Saldaña Flores, Ubaldo Miranda Miranda, Jorge M. Huacuz Villamar y Flor Morales Reyes  
 Gerencia de Energías No Convencionales, Instituto de Investigaciones Eléctricas  
 E-mail: rsf@iie.org.mx

En 1997 el IIE inició el desarrollo de un sistema de información geográfica sobre energías renovables como una medida para resolver el problema de la falta de información relacionada con la cuantificación de los recursos renovables en nuestro país.

Para su ejecución el desarrollo del sistema fue dividido en las siguientes cuatro etapas:

Etapa 1. Desarrollo de la plataforma del sistema de información

Etapa 2. Habilitación y aplicación a zonas específicas.

Etapa 3. Expansión y aplicación a nivel nacional y publicación en Internet.

Etapa 4. Operación y mantenimiento.

La etapa 1 concluyó en 1998 y consistió en la identificación, selección y adquisición del software y hardware requerido para el desarrollo de la plataforma del sistema.

La etapa 2 consistió en la incorporación de información al sistema sobre energía solar, eólica, microhidráulica y biomasa en zonas específicas. Las actividades desarrolladas en esta etapa fueron:

- Elaboración de mapas mensuales del recurso eólico en la Región Pacífico Norte, B.C.S., La Ventosa, Oax., Costa Caribe, Q. Roo, Moroncarit, Son., Laguna Verde, Ver., y Cerro La Virgen, Zac.

- Evaluación preliminar del recurso biomásico en el estado de Veracruz.

- Elaboración de mapas mensuales de irradiación solar a nivel nacional.

- Evaluación preliminar del recurso microhidráulico en los ríos San Luis Río Colorado, B.C., Tomatlán, Jal., Tehuantepec y Verde, Oax., y Actópan y Tuxpan, Ver.

La etapa 3 consiste en incorporar información al sistema sobre los recursos ampliando la cobertura a nivel nacional incluyendo información sobre potencial geotérmico y su manejo a través de Internet. Esta etapa está actualmente siendo ejecutada y concluirá en diciembre de 2002.

---

**FUSIÓN DE DATOS Y APLICACIONES EN  
GEOCIENCIAS**

---

SRSIG-23

**EL MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN E IMÁGENES  
LANDSAT TM EN LA IDENTIFICACIÓN DE  
LINEAMIENTOS Y MAPEO LITOLÓGICO EN LA ZONA  
DE PUNTA MITA, MÉXICO**

Fernández de la Vega-Márquez T. y Prol-Ledesma R.M.  
Instituto de Geofísica, UNAM  
E-mail: [thamara\\_geo@hotmail.com](mailto:thamara_geo@hotmail.com)

Imágenes Landsat TM, un Modelo Digital de Elevación (MDE), mapas topográficos y geológicos así como trabajo de campo se combinaron para determinar características geológicas de la zona de Punta Mita; Nayarit. Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación más amplio de esta zona, la cual se ha reportado como de una intensa actividad hidrotermal submarina.

Los Modelos Digitales de Elevación y las imágenes Landsat Thematic Mapper son herramientas que se complementan en la detección de lineamientos y en la clasificación litológica. La metodología utilizada en este trabajo incluye el análisis morfológico y técnicas de realce espacial y espectral. En una primera etapa se realizó el análisis morfológico que consistió en el reconocimiento del patrón de drenaje sobre la carta topográfica 1:50 000, para de este modo identificar tanto la extensión y localización de los materiales que tienen diferencias significativas, como la localización de lineamientos, ya que las corrientes se hallan generalmente controladas por el tipo de material y por zonas de debilidad litológica y estructural. En la segunda etapa se hizo la identificación de los lineamientos sobre el MDE, los cuales fueron representados en diagramas de rosa y fueron comparados con los lineamientos obtenidos del análisis morfológico. Esta identificación fue posible mediante la aplicación de técnicas de realce espacial como filtros direccionales y de frecuencia espacial.

Posteriormente se emplearon técnicas de realce espectral de las que se obtuvieron composiciones en color que mostraron una buena resolución espacial, lo que facilitó la identificación de rasgos geomorfológicos y algunas de las unidades litológicas. Se utilizó un clasificador de máxima verosimilitud para hacer la clasificación litológica sobre las imágenes TM, lo que permitió categorizar y mapear adecuadamente lo identificado en campo. El trabajo de campo confirmó que varios de los lineamientos detectados mediante el análisis

morfológico y el procesamiento del MDE y las imágenes de satélite son fallas cuya orientación preferente queda entre los 60 y 70° NE.

SRSIG-24

**FUSION DE LOS MODELOS DIGITALES DEL TERRENO  
DEL VALLE Y LA BAHIA DE BANDERAS**

Aurelio Amado Bernal Campos<sup>1</sup> y Román Alvarez Bejar<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> ENEP, UNAM, Aragón  
E-mail: [abc@uxdea4.iimas.unam.mx](mailto:abc@uxdea4.iimas.unam.mx)  
<sup>2</sup> IIMAS, UNAM

La Bahía y el Valle de Banderas forman parte de la misma estructura tectónica, recientemente propuesta como la Zona de Desgarramiento de Banderas, y que constituye el límite NW del Bloque de Jalisco. El modelo digital de elevación (MDE) de la parte terrestre se encuentra disponible desde hace tiempo; en cambio, la parte marina debió ser generada a partir de ecosondeos efectuados a bordo del B/O El Puma, conjuntados con otros 92 sondeos dispersos obtenidos a bordo del R/V Argo, más observaciones individuales existentes en las cartas de navegación. Con este conjunto de 530 sondeos distribuidos irregularmente en la Bahía de Banderas y sus zonas aledañas, procedimos a generar una malla regular de 250 x 250 puntos con base en un algoritmo de interpolación de splines bicúbicos, que generó el MDE de la Bahía de Banderas. La interpolación se llevó a cabo en la proyección UTM, de tal forma que el resultado pudiera incorporarse directamente al MDE de tierra adentro. El MDE de la Bahía fue contorneado a cada 100 m, lo que permite discernir varias estructuras internas, en particular tres cuencas interiores que denominamos la Cuenca de Cabo Corrientes, la Cuenca de Yelapa y la Cuenca de Majagua, con profundidades máximas respectivas de 1930, 1710 y 1310 m. Al fusionar los dos MDE se puede hacer una representación conjunta de la Bahía y el Valle de Banderas utilizando un mapa de aspecto que revela las principales características conjuntas de los dos grupos de datos.

SRSIG-25

**DEFINICION DE CORREDORES SISMOTECTONICOS Y  
VULNERABILIDAD SISMICA DEL ESTADO DE OAXACA,  
MEXICO**

Jesus Uribe Luna  
Consejo de Recursos Minerales  
E-mail: [juribe@coremisgm.gob.mx](mailto:juribe@coremisgm.gob.mx)

Con base en la información digital disponible de estructuras tectónicas regionales, provincias geológicas, unidades litológicas y epicentros sísmicos del Estado de Oaxaca, se definen zonas de riesgo geológico en fallamientos laterales principalmente izquierdos, tectónicamente activos, relacionados a los esfuerzos compresivos entre las placas Cocos y Norte América. Las zonas de riesgo se distribuyen principalmente en los límites tectónicos de las provincias geológicas Mixteca, Zapoteca, Cuicateca y Chatina. Se han

utilizado los epicentros sísmicos de la macro sismicidad ocurrida en el periodo 1991-2000 cuya distribución define las zonas de peligro sísmico. Los valores de profundidad de foco y de magnitud en la escala de Richter se relacionan mediante un algoritmo para obtener los valores de intensidad en la escala de Mercalli. Los valores de intensidad son almacenados en la base de datos de los epicentros y se utilizan en un proceso de interpolación para obtener un modelo de intensidad representado como una superficie de la cual se obtuvieron áreas de igual valor de intensidad o isosistas. Estas son relacionadas espacialmente con las provincias geológicas para obtener unidades sismotectónicas y asu vez son relacionadas con la vulnerabilidad de ciudades y poblaciones en nuevos mapas temáticos de vulnerabilidad urbana y de corredores sismo tectónicos. La configuración espacial de estos últimos define nueve grandes áreas de disipación de energía; la más grande e importante va alineada de Pinotepa Nacional a Salina Cruz en dirección NW75°SE a lo largo del sistema de fallas Juchatengo-Colotepec y Chacalapa-Tehuantepec. Finalmente, el resultado preliminar muestra que las zonas más vulnerables se localizan en el borde sur de dicha región, lo cual lleva a considerar un análisis más detallado en etapas posteriores del proyecto.

SRSIG-26

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DE CARTOGRAFÍA DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN LA FAJA VOLCÁNICA MEXICANA**

Gabriel Origel Gutiérrez y Enrique Cabral Cano  
 Instituto de Geofísica, UNAM  
 E-mail: abc\_map@hotmail.com

La compilación de cartografía digital enfrenta una serie de problemas de estandarización, compatibilidad, inexactitud y carencia de metadatos espaciales. Lo anterior se debe a que el uso cada vez más creciente de sistemas de cómputo para la elaboración de cartografía, aunque facilita su creación no necesariamente incrementa su calidad. De esta forma, la representación de la realidad resulta en muchos de los casos incorrecta. En este estudio se realiza una evaluación de la viabilidad para integrar en un repositorio digital único, la cartografía existente en nuestro país. Para esto, se consideró a la Faja Volcánica Mexicana (FVM) como región representativa de la producción cartográfica actual ya que ha sido una zona de gran interés para el desarrollo de investigaciones geológicas y geofísicas.

Se presenta una propuesta para sistematizar la elaboración de cartografía digital utilizando Sistemas de Información Geográfica. Esta propuesta se generó a partir de la evaluación de una muestra de cartografía en anexos de tesis de la FVM, elaboradas de 1980 a 2000, así como de otros materiales cartográficos editados por la UNAM. Este estudio permitió conocer indicadores relacionados con la calidad en el diseño y la composición de cartografía, principalmente geológica, geomorfológica y geofísica. El análisis estadístico de los

elementos evaluados se utilizó para estimar la calidad en el diseño cartográfico. De esta manera se discute la forma para solucionar los problemas potenciales al efectuar la transformación de la cartografía existente a formato digital, así como para realizar su compilación integrando una Base de Datos Espaciales. Como principal resultado se presenta una guía de procesos para la implementación y desarrollo de bases de datos, la cual es de gran utilidad para generar nueva cartografía digital.

Se concluye que la cartografía evaluada presenta deficiencias que repercuten en su integración al sistema propuesto. La calidad en los anexos cartográficos de las tesis es menor que la correspondiente a la cartografía institucional editada en la UNAM. Por lo tanto, los mapas de las tesis serán más difíciles de integrar. En general, los materiales revisados carecen de elementos como: coordenadas extremas, parámetros de la proyección, caneavá, escala nominal y fuentes de información. Varios de estos elementos son indispensables para reportar indicadores de exactitud en metadatos, así como para estimar errores acumulados en transformaciones y funciones de análisis espacial. La mayoría de los elementos omitidos pertenecen a la base matemática, quizás esto se debe a que se minimiza su importancia. Esto evidencia un problema mayor, una concepción errónea del marco teórico de la cartografía que desvincula sus contenidos artísticos, técnicos y científicos. Lo anterior expone la gravedad de continuar generando materiales cartográficos incompletos.

---

**USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN**

---

SRSIG-27

**TRANSFORMACIÓN DE LAS SELVAS Y BOSQUES DEL SUR DE MÉXICO EN LAS ÚLTIMAS TRES DÉCADAS**

J.R. Díaz-Gallegos, J.F. Mas, A. Velázquez, G. Bocco y R. Castro  
 Instituto de Geografía, UNAM  
 E-mail: jreyesdi@hotmail.com

Este estudio se realizó utilizando la cartografía de uso del suelo y tipos de vegetación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática de 1970/80 y digitalizada por el Instituto de Geografía de la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología y el Inventario Nacional Forestal del 2000 de las zonas 15 y 16 UTM (Universe Transverse de Mercator) que cubren el sur de México, la escala de análisis fue 1:250,000. En ambas bases cartográficas se realizaron varios procedimientos en un SIG para corregirlas espacial y digitalmente y hacerlas equivalentes y comparables.

Los resultados muestran una pérdida de cobertura forestal muy acelerada para el sur de México en un periodo de 23 años. La tasa de deforestación es de 1% para las selvas perennifolias y subperennifolias, 1.6% para las selvas caducifolias y subcaducifolias, 0.5% para los bosques de coníferas, 0.4% para

los bosques de coníferas y latifoliadas y 0.8% para el bosque mesófilo de montaña. las selvas perennifolias y subperennifolias perdieron 2,159,839 ha, las selvas caducifolias y subcaducifolias disminuyeron 1,565,716 ha, los bosques de coníferas decrecieron 49,970 ha y los bosques mesofilos se redujeron 139,032 ha. El patrón de transformación indica que los pastizales inducidos y cultivados son los que mayor cobertura obtuvieron, incrementándose 2,531,523 ha y la agricultura de temporal y de riego se elevaron 1,622,504 ha.

SRSIG-28

#### SISTEMA DE INFORMACIÓN FITOSANITARIA FORESTAL DE LA SIERRA DE LOBOS Y SIERRA DE GUANAJUATO

Genaro Montesinos Silva<sup>1</sup> y Jorge Daniel Moncada de la Rosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato  
E-mail: genaros@dulcinea.ugto.mx

<sup>2</sup> Facultad de Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato

La superficie total del Estado de Guanajuato asciende a 3 058 900 has, el área forestal abarca 1 445 617 has (47.5% del total), de las cuales el 22.7% lo representa la superficie cubierta con árboles. La superficie arbolada se compone de 328 521 has, cubiertas principalmente por coníferas y hojosas, en ellas destacan por su importancia los bosques de encino, los cuales poseen una diversidad que incluye entre 15 y 18 especies del género *Quercus*, y han tenido una explotación intensa desde los tiempos coloniales, cuando las necesidades de ademe de las minas y de combustible para los pobladores del área minera, tuvieron como consecuencia la desaparición de los encinares de los alrededores de la ciudad de Guanajuato.

Actualmente los bosques de encino de Guanajuato, aparte de la problemática relacionada con su explotación y manejo, se enfrentan a una nueva dificultad, en forma de manchones de árboles enfermos o muertos en la Sierra de Lobos principalmente, aunque ya existen también reportes de lo mismo en la Sierra de Guanajuato, y en otras áreas del sur del estado. El problema fitosanitario, presumiblemente se debe a la infección de un hongo patógeno del género *Phytophthora*.

En la silvicultura, éste y otros aspectos constituyen desde el punto de vista de la percepción remota, la base para establecer una metodología capaz de proporcionar censos de bosques con regularidad y oportunidad, todo con la finalidad de controlar y explotar racionalmente cada espacio de árbol, de supervisar las zonas dañadas por desastres naturales o por acciones ilegales como la tala inmoderada, además de que permite definir las políticas de conservación y reforestación.

Así pues, para caracterizar el área enferma de los bosques de encino de la Sierra de Lobos y la Sierra de Guanajuato, se están utilizando imágenes LANDSAT TM, de octubre de 1996, 1997, 2000, y 2002, a las que mediante el uso del software TNTmips v 6.4 de MicroImages Inc., se les sustrajo la dispersión (path radiance), y se georeferenciaron. Por medio de vuelos de reconocimiento en helicóptero se georeferenciaron

los sitios con problemas, lo que fue verificado por medio de recorridos de campo, y con el mismo software se ha observado su respuesta espectral, para después por medio de combinaciones y relaciones de proporción entre bandas definir un patrón asociado al estado de sanidad que permita hacer una cuantificación de las superficies respectivas.

Utilizando equipos GARMIN GPS 100 SRVY II con una precisión en XY de 0.5 a 3 m, y mediante recorridos de campo, se están verificando las condiciones de sanidad de sitios seleccionados durante la interpretación de las imágenes.

La decisión de usar imágenes de satélite de tiempos diferentes fue para poder hacer un análisis retrospectivo del avance del problema, así como para tratar de inferir el efecto de las condiciones ambientales, como las de 1997, caracterizadas por medio de una sequía muy fuerte, ya que tienen un papel preponderante en la problemática detectada.

Esta es la primera etapa del desarrollo de un sistema de información fitosanitaria forestal de la entidad, herramienta básica para el adecuado manejo de este recurso natural.

SRSIG-29

#### VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA COBERTURA DEL TERRENO DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

J.R. Díaz-Gallegos, J.F. Mas, A. Velázquez, R. Mayorga-Saucedo, G. Bocco y R. Castro  
Instituto de Geografía, UNAM  
E-mail: jreyesdi@hotmail.com

En México los estudios a nivel de regiones hidrológicas han recibido poca atención. El análisis de la variación espacial y temporal de la cobertura del terreno de una Cuenca proporciona una visión de la dinámica y las tendencias en la pérdida de sus recursos forestales e hídricos. Este estudio se realizó utilizando la cartografía de uso del suelo y tipos de vegetación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática de 1970/80 (Serie I) digitalizada por el Instituto de Geografía de la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología, el Inventario Nacional Forestal de 1993 elaborado por el INEGI (Serie II) y el Inventario Nacional Forestal del 2000, la escala de análisis fue 1:250,000. El límite de la región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago fue tomado de la CNA-SEMARNAT. En las tres bases cartográficas se realizaron varios procesos en un SIG para corregirlas espacial y digitalmente y hacerlas equivalentes y comparables para este estudio.

Los resultados muestran que la vegetación arbórea de esta cuenca disminuyó 957 km<sup>2</sup>, la vegetación herbácea se incrementó 581 km<sup>2</sup>, la zona lacustre se incrementó 9 km<sup>2</sup> y la agricultura de riego aumentó 450 km<sup>2</sup>. La disminución de la cobertura arbórea ha sido principalmente por la agricultura de riego, lo que implica una mayor demanda del recurso hídrico de la cuenca. La disminución de la superficie de los cuerpos de agua se ve reflejado en el incremento de la zona lacustre

principalmente del lago de Chapala. La región hidrológica Lerma-Chapala-Santiago, ha presentado procesos de transformación de sus recursos naturales muy severos. Tomando en cuenta la importancia que representa para el país esta cuenca, es necesario realizar una evaluación integral de sus recursos, lo que ayudará a tomar decisiones para su mejor manejo y conservación.

SRSIG-30

**ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE TERRESTRE UTILIZANDO IMÁGENES NOAA-AVHRR**

Lilia Manzo Delgado<sup>1</sup>, Román Álvarez<sup>2</sup>, Raúl Aguirre Gómez<sup>1</sup> y Gabriela Gómez Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geografía, UNAM

E-mail: llmanzo@igiris.igeograf.unam.mx

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

Las bandas correspondientes al infrarrojo termal del espectro electromagnético han sido utilizadas ampliamente para obtener la temperatura superficial del mar. El cálculo de las temperaturas de la superficie terrestre se complica debido a los diferentes valores de emisividad que presentan las rocas, los suelos y la vegetación, además de la influencia de la topografía. En los últimos años se ha incrementado notablemente el interés por obtener la temperatura de la superficie terrestre a través de percepción remota, pese a las dificultades en la estimación, debido a que se considera un elemento clave en los estudios de cambio climático global. El objetivo de este trabajo es calcular y analizar la evolución temporal de la temperatura de la superficie terrestre, usando las imágenes meteorológicas AVHRR del satélite NOAA 14, en una zona piloto ubicada en la región oriental del estado de México, que cubre aproximadamente 21 000 km<sup>2</sup>, durante un periodo de siete meses (noviembre de 1997-mayo de 1998). Para ello, se cuenta con información climática diaria de 9 estaciones y 45 imágenes NOAA-AVHRR con mínima presencia de nubes. La primera etapa de la metodología consistió en obtener la temperatura del satélite por el método de ventana dividida. Posteriormente se sobrepuso en cada imagen una máscara de nubes y se obtuvieron tres valores de la temperatura para cada estación: 1) en el píxel correspondiente a la estación, 2) el promedio en una ventana de 3 x 3 píxeles alrededor de la estación y 3) el promedio de una ventana de 5 x 5 píxeles, alrededor de la estación. Debido a que el paso del satélite NOAA 14 se efectúa entre las 15:00 y las 16:00 hrs. se tomaron como referencia las temperaturas máximas registradas en las estaciones climáticas. El siguiente paso consistió en ajustar las diferencias de temperatura obtenidas por el satélite, con respecto a la información registrada en las estaciones climáticas. Las gráficas de la evolución temporal de ambas temperaturas máximas presentan un comportamiento muy similar, en donde generalmente los datos del satélite mantiene valores superiores a los registrados en la estación. Una vez ajustados los datos para cada estación se interpolaron

espacialmente y se identificaron las isotermas máximas. Los resultados espaciales se evaluaron tomando como base las cartas climáticas elaborada por E. García en 1996. Esta metodología puede servir para hacer evaluaciones de temperatura en grandes regiones y asociarlas al riesgo de incendio en las mismas.

SRSIG-31

**UNA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LOS ERRORES EN EL MONITOREO DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO POR COMPARACIÓN DE MAPAS**

J.F. Mas y T. Fernández

Instituto de Geografía UNAM

E-mail: tania@igiris.igeograf.unam.mx

En los últimos años, se incrementó el número de estudios para evaluar y cartografiar los cambios de cobertura de suelo por las consecuencias negativas que tienen estos sobre la conservación de la biodiversidad, los suelos, el clima, el ciclo hidrológico, etc. México se ubica dentro de los principales países con una alta tasa de deforestación anual, aproximadamente de 0.25% y 0.76% anual de bosque templado y selva tropical respectivamente (Velásquez *et al.*, 2002), este proceso tan acelerado de deforestación se originó principalmente a partir de la década de los treinta con el acelerado crecimiento demográfico y con las políticas agrarias.

Uno de los medios más utilizados para evaluar procesos tales como la deforestación, la degradación, la pérdida de biodiversidad, las emisiones de CO<sub>2</sub>, entre otros, se derivan de la comparación de mapas temáticos de diferentes fechas, principalmente los de uso de suelo y vegetación, para evaluar los cambios en la cubierta vegetal a lo largo de los años. En teoría la obtención de los cambios a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una operación muy sencilla, al sobreponer dos mapas de fechas diferentes se obtienen los tipos de cambio, su superficie y localización. Sin embargo al comparar mapas temáticos hay que tener en cuenta sus principales características como escala, sistema clasificatorio, fecha de elaboración y los insumos utilizados.

Este trabajo trata de evaluar y cuantificar los errores relacionados con el análisis del cambio de uso de suelo y vegetación. Se evaluaron los errores generados al comparar cartografía digital en dos escalas distintas, mapas obtenidos mediante diversos procesos de digitalización: sistemas clasificatorios diferentes para cartografía de una misma fecha y las fechas en las que fueron elaboradas las cartas de uso de suelo y vegetación del INEGI.

SRSIG-32

**PROPUESTA METODOLÓGICA DE SIG PARA INFERIR EL TIPO DE FACTORES QUE INCIDEN EN LA DEFORESTACIÓN DE BOSQUES Y SELVAS EN MICHOACÁN, 1976-2000**

José Luis Pérez Damián y Josefina Gabriel Morales  
Dirección de Investigación en Ordenamiento Ecológico y  
Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología  
E-mail: jldamian@ine.gob.mx

La posición geográfica así como la configuración del relieve del estado de Michoacán, condicionan la presencia de variados ecosistemas, desde el Matorral Xerófilo hasta el Bosque Mesófilo de Montaña. Actualmente, destacan, por su extensión territorial, los bosques y selvas que en conjunto abarcan más de la mitad de la superficie estatal (26% y 29% respectivamente). Estos ecosistemas están constituidos por una gran diversidad de especies, muchas de ellas poseen un alto valor de uso (maderas duras y blandas; especies comestibles; de uso medicinal; ornamental; etcétera, además de las funciones ecológicas que desempeñan en los procesos físico-bióticos). Es, precisamente, esta propiedad de uso de los bosques y selvas, lo que ha provocado la alteración y la pérdida de los mismos, tan sólo en los últimos 24 años se ha perdido poco más de una décima parte de bosque y el 15% de selva. También resalta el hecho de que de ese 26% de superficie de bosque el 11% corresponde a bosque secundario y, en cuanto a la selva, del 29% de la superficie que ocupan, el 17% es selva secundaria.

Ante la situación descrita, el propósito del presente estudio es determinar la relación existente entre la tasa de deforestación de bosques y selvas y la presencia antrópica en las áreas que ocupan los ecosistemas referidos. El procedimiento para lograr el objetivo es el siguiente: 1. Definición de cuencas hidrológicas en Michoacán (a partir de curvas de nivel y corrientes superficiales); 2. Cálculo de la tasa de deforestación, índice de dispersión de la población (por localidad) y, densidad de la red carretera, para los cálculos se toma como unidad de análisis las cuencas hidrológicas; 3. Análisis de correlación de los indicadores; 4. Para la elaboración del mapa final, la interpretación de los valores de correlación se complementa con una matriz de criterios con el fin de explicar los resultados obtenidos. 5. Elaboración del mapa final acompañado de una leyenda explícita de los posibles factores que inciden en el proceso de deforestación. El manejo de la información se realizó en Arc/Info y para el análisis estadístico se recurrió al S-Plus (programa de análisis estadístico) y Excel.

SRSIG-33

**EVALUACION DEL CAMBIO DE USO SUELO EN LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE MÉXICO CON IMÁGENES MSS**

Moisés Huicochea Campos<sup>1</sup>, Rosa Maria Prol-Ledesma<sup>2</sup> y Marco Antonio Torres-Vera<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, UNAM

E-mail: mhuico@yahoo.com

<sup>2</sup> Instituto de Geofísica, UNAM

<sup>3</sup> Instituto de Geografía, UNAM

En todo el mundo, la deforestación, la contaminación y otras formas destructivas de los ecosistemas avanzan de manera acelerada y la ciudad de México no es la excepción. En la ciudad de México, el cambio de uso de suelo entre las décadas de los setentas y los noventas ha aumentado de una manera realmente alarmante.

La Cuenca de México, cuyas parte central y sudoeste son ocupadas por el área urbana de la Ciudad de México, esta localizada sobre el borde del sur de la Meseta Central, sobre un segmento de la Faja Volcánica Transmexicana que se desarrolló durante el Plioceno-Holoceno. La Cuenca de México es una cuenca cerrada, que fue creado con el cierre del antiguo Valle de México debido a vulcanismo basáltico-andesítico donde se formó la Sierra de Chichinautzin al sur de la ciudad. Esta riqueza de ambientes y geoformas ha dado origen a una diversidad de usos de suelo en el área, que debido al crecimiento de la población en la ciudad se ha visto modificado en las últimas 4 décadas.

Uno de los usos de suelo más afectados es el de uso forestal, que en la ciudad de México como en muchos de los grandes centros urbanos es perturbado para satisfacer las necesidades básicas de vivienda de la población. Sin contar que los bosques ayudan a mantener el equilibrio de los ecosistemas y es en estas áreas boscosas donde se recargan los mantos acuíferos que nutren de agua a la mayor parte de la ciudad.

Mediante el uso de imágenes MSS adquiridas en 1973 y 1989, se evaluó el cambio de uso de suelo entre estas dos décadas. Los usos de suelos se clasificaron en 6 tipos diferentes: bosques de coníferas, bosques de encino-vegetación alterada, pasto, zonas urbano-residenciales, urbano-comercial y suelos denudados. El cambio más notable de uso de suelo se calculó en la zona de bosques de encino-vegetación alterada que cambió en un 33% a zona urbano-residencial en este intervalo de tiempo. Otro cambio importante es en los suelos ocupados por pastizales, que cambiaron en un 70% a zona urbano-residencial, la cual a su vez cambia en un 17% a urbano-comercial.

SRSIG-34

**CAMBIO DE USO DE SUELO DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL**

Mayorga-Saucedo R., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos y J.F. Mas

Instituto de Geografía, UNAM  
E-mail: rafael\_mayorga@hotmail.com

El bosque mesófilo de montaña (sensu Rzedowski) posee una diversidad biológica alta (mas de 3,000 especies de plantas vasculares) y alberga un alto porcentaje de organismos amenazados y endémicos. Ocupa menos del 1% del territorio nacional y es el tipo de vegetación más diverso por unidad de superficie. Estos bosques de distribuyen a manera de islas en las laderas húmedas de la mayoría de las montañas mexicanas, actualmente la distribución de estos bosques está sumamente fragmentada. Esta condición se está volviendo cada vez mas pronunciada por actividades que promueven el cambio de uso de la tierra, acelerando la deforestación.

El análisis de cambio se orienta principalmente a la transformación que han sufrido los bosques mesófilos de montaña de la Sierra Madre Oriental.

En este estudio se utilizó la cartografía de uso de suelo y tipos de vegetación del INEGI serie I (1970/80) y el Inventario Forestal Nacional de 2000. El área de estudio corresponde a la Provincia de la Sierra Madre Oriental y es producto de la fusión de dos sistemas de clasificación, el de "Provincias bióticas" (Ferrusquía-Villafranca, 1990) y el de "Provincias biogeográficas" (CONABIO, 1997).

La Sierra Madre Oriental cubre una superficie de 7,335,837 ha y en ella se distribuye el 18.5% de los bosques mesófilos de montaña de México (BMM). Los BMM ocupan una superficie nacional de 1,735,618 ha, es decir el 0.89% (IFN-2000). En el año 1976 el bosque mesófilo de montaña cubría una superficie de 320,259 ha de las cuales 247,335 ha son vegetación primaria; y para el 2000 cubría 277,264 ha de las cuales 161,883 ha son vegetación primaria. La superficie de pérdida en el periodo de 1976 a 2000 es de 85,452 ha; en éste periodo el 52% (127,718 ha) del bosque mesófilo de montaña en su condición primaria permaneció sin cambio; el 16% (38,495) se degradó, es decir pasó a su condición secundaria; el 15% (36,921) y el 11% (26,741) cambió a pastizal y cobertura antrópica respectivamente. Esta transformación es dada principalmente por la actividad agrícola y ganadera extensiva, por ello se sugiere implementar programas de manejo de recursos que permitan aumentar notablemente la productividad en condiciones naturales.

SRSIG-35

**MONITOREO DE LOS CAMBIOS DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN EN MÉXICO**

J.F. Mas, A. Velázquez, J.R. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández y A. Pérez

Instituto de Geografía UNAM  
E-mail: jfmas@igiris.igeograf.unam.mx

Los cambios de uso del suelo y vegetación juegan un papel importante el ciclo hidrológico, la erosión, la pérdida de biodiversidad y los cambios climáticos a nivel regional y global entre otros. No obstante, en muchos países donde ocurren estos cambios a un ritmo elevado, no existe información confiable y detallada sobre los mismos. Por ejemplo, en México, las estimaciones de la tasa de deforestación varían entre 365,000 y 1,500,000 hectáreas por año. El objetivo del presente trabajo fue de generar una base de datos geográfica, a escala semi-detallada (1:250,000), sobre los cambios de uso del suelo y vegetación.

En una primera etapa, se llevó a cabo la revisión de las bases de datos cartográficas disponibles a nivel nacional para seleccionar aquellas que sean compatibles en cuanto a la escala y el sistema clasificatorio. Se seleccionaron dos bases cartográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y la cartografía del Inventario Forestal Nacional 2000 que describen, respectivamente, el uso del suelo y vegetación para el final de la década de los setenta, 1993 y 2000. En una siguiente fase, se desarrollaron diferentes mecanismos para mejorar la confiabilidad y la compatibilidad de estos datos. Finalmente se generaron mapas y matrices de cambios, se calcularon tasas de cambios y se elaboraron diferentes escenarios futuros. Este trabajo permitió mostrar que entre 1976 y 2000, la superficie de bosques templados y tropicales disminuyó de 377,600 a 314,300 y de 352,000 a 331,200 km<sup>2</sup> respectivamente.

SRSIG-36

**COMPARACIÓN CUANTITATIVA DE DOS MAPAS DE VEGETACIÓN OBTENIDOS A PARTIR DE IMÁGENES AVHRR Y ETM+**Vega Guzmán Álvaro<sup>1</sup> y López García José<sup>2</sup><sup>1</sup> Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

E-mail: alvga\_geo@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Geografía, UNAM

Utilizando fotografías aéreas convencionales y digitales adquiridas el 26 de noviembre del 2001, se interpretaron estereoscópicamente los diferentes tipos de vegetación existentes en el área natural protegida "Corredor Biológico Chichinautzin", ubicada en la parte norte del estado de Morelos, México. Los polígonos obtenidos, con una superficie no menor a 1 km<sup>2</sup>, sirvieron como áreas de muestreo de los tipos de vegetación, que una vez verificados en campo, permitieron seleccionar, de los datos de las imágenes AVHRR y

ETM+ del 21 de marzo del 2000, pixeles cuya respuesta espectral definieran los tipos de vegetación de la zona y con ellos clasificar dichas imágenes para obtener la cartografía de la vegetación a dos diferentes resoluciones espaciales. Los resultados de las dos clasificaciones fueron comparados con los puntos de muestreo de campo para establecer la exactitud de dichas clasificaciones y del mismo modo, los polígonos de los tipos de vegetación obtenidos mediante fotointerpretación fueron utilizados como elementos de comparación para precisar con mayor exactitud la calidad de las clasificaciones realizadas.

La cartografía de los tipos de vegetación obtenida de las imágenes AVHRR y ETM+, así como las áreas de muestreo fueron comparadas con el objetivo de definir cuantitativamente la pérdida o ganancia de información al elaborar mapas de vegetación con imágenes de satélite de baja resolución espacial. Se comparó también, la respuesta espectral de los diferentes tipos de vegetación en ambos datos satelitales para establecer cual es el comportamiento espectral de la vegetación al manipular datos de diferente resolución radiométrica de la misma zona en estudio.

SRSIG-37

**ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES  
ENDÉMICAS PARA ESTABLECER HÁBITATS RELEVANTES  
EN LA SIERRA DE LA LAGUNA, BAJA CALIFORNIA  
SUR, MÉXICO**

José Luis León de la Luz y Aurora Breceda  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste  
E-mail: abreceda@cibnor.mx

La Sierra de La Laguna se localiza en el extremo sur Baja California Sur, México, fue decretada como Reserva de Biosfera en 1994. Esta serranía alberga comunidades vegetales relictas con un alto nivel de endemismo. Con base en la sobreposición del mapa de vegetación (obtenido mediante la clasificación supervisada de una imagen de satélite LANDSAT TM), coberturas de pendientes, exposiciones, altimetría y arroyos, se definieron siete tipos de hábitats, en los cuales se ubicó la distribución de 76 especies endémicas reconocidas para la reserva, considerando: localización geográfica, abundancia y patrones de agregación. De este análisis se obtuvo que los hábitats que presentan mayor superficie (69%), corresponden a laderas de montaña con pendientes menores a 30°, que corresponden a los tipos de vegetación de selva baja caducifolia y bosque de pino-encino. Sin embargo, al relacionar superficie de los hábitats con número de especies endémicas, destaca el ambiente ripario por arriba de los 1000 de altitud, a pesar que este hábitat ocupa sólo el 2.3% del área, concentra a 30 especies endémicas, de las cuales 4 son exclusivas a éste. Del análisis florístico se obtuvo que el 86% de las especies endémicas se restringen a tres o menos hábitats, lo que sugiere una relación muy estrecha entre condiciones ambientales particulares y la presencia de endémicas.

**METEOROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y  
OCEANOGRAFÍA**

SRSIG-38

**CLIMATOLOGÍA DE LA ALTURA SIGNIFICANTE DEL  
OLEAJE FRENTE A LA COSTA PACÍFICO DE BAJA  
CALIFORNIA A PARTIR DE DATOS DEL ALTÍMETRO A  
BORDO DEL SATÉLITE ERS-2**

Diego Raciél De Dios Sánchez y Asdrubal Martínez Díaz de  
León  
Facultad de Ciencias Marinas, Instituto de Investigaciones  
Oceanológicas, UABC  
E-mail: raciel78@yahoo.com.mx

Se realizó el análisis estadístico del campo de altura significativa, a lo largo de la costa Pacífico de la Península de Baja California, localizada de los 20 a 30° de Latitud Norte a los 114 a 121° de Longitud Oeste. Se generó una base de datos con una extensión temporal de 7 años a partir de la información generada por el altímetro a bordo del segundo satélite europeo ERS-2. El análisis incluye: diagramas de contornos del valor promedio de la altura significativa, el cálculo de la desviación estándar a lo largo de un transecto frente a la península, para tener idea de la variabilidad espacial y temporal de la altura del oleaje e histogramas de frecuencia de ocurrencia de alturas para tres zonas predeterminadas por su importancia geográfica: Frontera México-E.E.U.U., Punta Eugenia y Cabo San Lucas. El análisis del campo promedio de altura significativa mostró claramente la ocurrencia del fenómeno El Niño en 1997 y de La Niña en 1998. La desviación estándar calculada en el transecto mostró mucho más variabilidad para los períodos de Invierno en la parte Norte de la península. Esto último fue corroborado con el análisis de los histogramas de frecuencia de ocurrencia de altura, ya que en ellos se observó una distribución más amplia de alturas en las zonas de mayor variabilidad. Los valores máximos de altura significativa fueron de 4.760m en la Frontera México-E.E.U.U., 3.950m en Punta Eugenia y de 4.02m en Cabo San Lucas. Las alturas del oleaje presentan una marcada variabilidad espacial y temporal a lo largo de la península de Baja California, en donde se observa consistentemente que las olas más altas se presentan durante la época de Invierno en el Noroeste de la Península, mientras que las más chicas se presentan en el Verano al sur de la Península. Los resultados muestran que fenómenos como El Niño, tienen un efecto importante en la climatología de la zona, incrementando sus alturas típicas y su área de influencia, además, estos efectos son claramente reflejados por los sistemas de percepción remota.

SRSIG-39

**EFFECTO DEL HURACÁN "JULIETA" EN EL ESTERO DE SAN JOSÉ, B.C.S.**

Aurora Breceda, Hermilo Santoyo, José Pérez-Navarro y Paulino Rojo

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste  
E-mail: abreceda@cibnor.mx  
Universidad Autónoma de Baja California Sur

La Reserva Ecológica Estatal "Estero de San José" en Baja California Sur, se decretó como área natural protegida en 1993. Por sus características físicas está sujeta a un gran dinamismo, propio de los sistemas lagunares costeros; sin embargo, los efectos del huracán Julieta se consideran extraordinarios. Este meteoro, de categoría 4 en la escala Saffir-Simpson, azotó las costas de Baja California Sur del 26 al 30 de septiembre del año 2001, en la reserva ocasionó la pérdida de varias hectáreas de vegetación, de fauna y suelos, además generó cambios geomorfológicos relevantes del vaso lagunar y de la línea de costa.

El efecto del huracán Julieta sobre la cubierta vegetal se evaluó tomando como base la vegetación registrada en 1993 contrastando con el levantamiento de la vegetación efectuado en el 2002. El mapa base de 1993 se georreferenció y se digitó con el auxilio del programa vectorial MapInfo 5.0, y se rasterizó con el programa Idrisi. Con el auxilio de fotografías aéreas, verificaciones de campo y levantamientos topográficos realizados una estación total se evaluó el área afectada por el huracán. La sobreposición de las capas de vegetación de 1993 y del 2002 permitieron determinar las superficies de las zonas afectadas para cada unidad de vegetación.

En 1993 se identificaron en la Reserva Ecológica nueve categorías de uso de suelo y vegetación: palmar, carrizal, tular, bosque de guamúchil, cultivos y huertas, bosque de mezquite, pastizales, matorral halófilo y áreas erosionadas. El área de vegetación afectada fue de 81.5 ha, lo que corresponde a más del 31% del área estudiada. Sobre esta superficie el efecto de la corriente y de los sedimentos ocasionó la remoción total de la cubierta vegetal, dejando a su paso grandes volúmenes de arena. Las unidades de vegetación que presentaron mayor superficie afectada fueron: el tular, el carrizal, el palmar y el bosque de guamúchil; al considerar la proporción de cada unidad afectada destaca que el tular y el bosque de guamúchil tuvieron las pérdidas mayores.

La recuperación y restauración de la vegetación y del cuerpo de agua es de gran importancia para la región ya que una de las características típicas de la península es su extrema aridez y la consecuente escasez de cuerpos de agua con características limnéticas o de ambientes epicontinentales. Este ambiente se considera como una isla biológica en donde se desarrollan especies exclusivas con especies endémicas de flora y fauna representativos de ambientes pasados más benignos. Este sistema lagunar, conocido como Estero de San José, además de constituir uno de los cuerpos de agua de mayor

extensión en el estado, reviste una gran importancia económica dados los servicios ambientales que presta para la agricultura orgánica, el turismo tradicional y alternativo y al mantenimiento del ciclo del agua y clima en la región.

SRSIG-40

**LANDSCAPE ASSESSMENT OF EFFECTS HURRICANE JULIETTE IN SOUTHERN BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO USING ETM+ AND ASTER IMAGES**

Genaro Martínez Gutiérrez

Depto. de Geología Marina, Universidad Autónoma de Baja California Sur

E-mail: martingg@uabcs.mx

On September 28, 2001, Hurricane Juliette approached to the southern Baja California peninsula of Mexico. Hurricane Juliette reached a category 4 (on the Saffir-Simpson hurricane scale) that brought 80-knot winds and heavy rain. It caused flooding on several streams and damage to coastal towns (Cabo San Lucas, San Jose del Cabo, La Ribera, Los Barriles, and La Paz) after 3 days of intense rainfall. Some localities reported a record of more than 1000 mm in 24 hrs. Major damage occurred at southernmost region of the peninsula in the towns of Cabo San Lucas and San Jose del Cabo. These towns have had a rapid tourist development the last 5 years. Some of the facilities of the resorts located in this region had severe damage. A temporal change analysis of the damage was conducted using ETM+ (1999) and ASTER (2001) scenes. Band differencing and band ratio was performed to document the changes produced by the floods. VNIR bands of ASTER and ETM+ scenes were only used for the analysis. The analysis allowed quantifying and documenting the landscape changes between 1999 and 2001. Some of the outstanding features included reactivation and widening of channel beds produced by runoff. Geomorphic and anthropogenic features impacted were identified and measured in the ASTER scene. The channel width increased about 50 % in some streams after Hurricane Juliette and the urban area of San Jose del Cabo was affected in a 20%. The extreme rainfall produced by Hurricane Juliette also flooded other towns and destroyed the main access to the southern region of the peninsula. No casualties were reported as result of flood in the San Jose del Cabo area.

SRSIG-41

**REGIONALIZACION DE LAS AGUAS ALEDAÑAS A LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA EN BASE A IMAGENES DE COLOR (CLOROFILA)**

Hector Manzo Monroy, Antonio Martínez Alcalá y Eduardo Santa María del Angel

Facultad de Ciencias Marinas, UABC  
E-mail: manzo@uabc.mx

Se busca identificar regiones de concentración de clorofila en el Mar de Cortes y las aguas de la costa Pacífico de la Península de Baja California. Se emplearon imágenes mensuales de concentración de clorofila (SeaWiFS) a partir de septiembre

de 1997 hasta marzo del 2002. Se realizó la predicción de valores para los casos de datos faltantes (nubes) por medio de un modelo de regresión local (loes) con ajuste de segundo grado. Por medio de Funciones Empíricas Ortogonales (FEO) en el dominio del tiempo y obtenidas por medio de Descomposición en Valores Singulares se detectó la variabilidad espacio-temporal. En base a los primeros cuatro modos de las FEOs y empleando la técnica de modelos de Árboles de Regresión-Clasificación se realizó la regionalización de estas áreas.

La variabilidad temporal entre el Mar de Cortes y el Pacífico no presenta similitud, con la excepción de un evento (señal) en la primavera-verano del 2000. La señal del Niño 97-98 es detectable en las amplitudes de la región del Pacífico pero no dentro del Mar de Cortes.

Se discuten las implicaciones oceanográficas de diferentes niveles de regionalización, así como las posibles causas dinámicas. La regionalización de concentración de clorofila refleja la influencia de procesos dinámicos en diferentes escalas.

SRSIG-42

#### EVALUACIÓN ESTACIONAL DE SST, USANDO IMÁGENES DE SATÉLITE GOES-10

J. Francisco Flores E, Christopher J. Watts y Jaime Garatuza Payán  
Instituto Tecnológico de Sonora  
E-mail: garatuza@yaqui.itson.mx

Las técnicas de percepción remota brindan una excelente opción para la observación monitoreo y estudio de los mares y regiones costeras, la oceanografía física observa ampliamente la temperatura superficial de mar (SST), por ser un factor primordial en la comprensión de las interacciones entre el océano y la atmósfera.

La estimación de SST a partir de imágenes de satélite en tiempo real, facilita el desarrollo de modelos meteorológicos, donde anomalías de SST pueden utilizarse para el pronóstico de precipitación a escalas estacionales o interanuales (Watts, 2001) Para la estimación de SST se puede utilizar el sensor NOAA-AVHRR, que capta imágenes con alta resolución espacial de 1.1 km, pero debido a su órbita polar se obtienen solo dos imágenes por día, por lo que el seguimiento de SST se limita al no contar con suficiente información.

Alternativamente, se pueden utilizar imágenes GOES, de órbita Geoestacionaria de resolución espacial de 4 km, cada media hora. La baja resolución espacial es compensada por su capacidad de generar información constante, la cual es de gran utilidad en la estimación de SST en tiempo real.

Por lo anterior, el presente estudio pretende primeramente, determinar estadísticamente una correlación entre los sensores NOAA-AVHRR (NOAA12 y 14) y GOES-10 en la estimación

de SST, en el periodo de enero a agosto de 2000, con escenas del pacífico noroccidental, a fin de obtener factores de calibración e incluirlos en los algoritmos de GOES, para obtener datos de SST mas confiables. Así como, evaluar la variación de SST diurno y su comportamiento estacional, tales resultados se utilizarán en modelos atmosféricos para la predicción de condiciones meteorológicas en escalas de tiempo de horas o días.

Resultados preliminares indican que las estimaciones de SST producidas con NOAA-AVHRR tienen una variación de 1°C para los meses de enero a junio en comparativa con las producidas con GOES bandas Ir4 y Ir5, en cambio en julio a agosto esta variación se incrementa a 5°C en la banda Ir4 y de 3°C en la banda Ir5, debido probablemente a elevación de contenido de humedad en la atmósfera.

SRSIG-43

#### USO DE LOS MÉTODOS PASIVOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA PARA EL ESTUDIO DEL OCÉANO

Velasco Herrera Graciela y Velasco Herrera Victor Manuel  
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Instituto de Geofísica, UNAM  
E-mail: victor@nahuiollin.igeofcu.unam.mx

En este trabajo se muestra los resultados relacionados con la posibilidad de medir las propiedades electrofísicas del Océano con espuma.

Se desarrollan los algoritmos óptimos de mediciones y procesamiento de señales de radio ondas para el estudio del Océano, por medio de los sistemas pasivos de la percepción remota y medir con mayor exactitud las mediciones remotas de sus parámetros electrofísicos y características estadísticas.

SRSIG-44

#### OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DE OLEAJE EN REGIONES COSTERAS A PARTIR DE IMÁGENES DE RADAR DE APERTURA SINTÉTICA (SAR/ERS-2)

Jorge Torres y Francisco J. Ocampo-Torres  
CICESE  
E-mail: jtorres@cicese.mx

El Radar de Apertura Sintética (SAR por sus siglas en inglés) es el único instrumento capaz de proveer información espacial sobre el estado del mar en dos dimensiones. Sin embargo la obtención del espectro direccional del oleaje a partir de imágenes SAR no es un procedimiento directo. El proceso de formación de la imagen es altamente no-lineal debido a las distorsiones inducidas por el movimiento orbital de las olas, dando como resultado un espectro asimétrico con pérdida de información en dirección acimutal y con una ambigüedad direccional de 180 grados. Para obtener el espectro de olas es necesario efectuar el modelado directo del espectro SAR de acuerdo a los mecanismos de detección de oleaje y posteriormente invertir el espectro de imagen en un

espectro de olas. Actualmente estos algoritmos están implementados en sistemas operacionales orientados principalmente a la asimilación de datos para aplicaciones en aguas profundas a escalas global y regional. Sin embargo son relativamente escasos los trabajos sobre aplicaciones en regiones costeras, donde existe la necesidad de información sobre el campo de olas para atacar problemáticas relacionadas con el manejo y conservación de la zona costera.

El objetivo de este trabajo es analizar la posibilidad de extraer parámetros de oleaje (altura significativa, dirección y período) en condiciones de aguas someras a partir de imágenes SAR. Para ello se utilizaron imágenes adquiridas por el satélite ERS-2, así como observaciones de viento y olas (velocidad, dirección, Hs y período) tomadas insitu 4 Km fuera de costa frente a Rosarito, Baja California. Se corrió el modelo SWAN en modo tercera generación para una malla de 55 x 55 Km y se colocaron espectros sobre el sitio de observaciones. Adicionalmente se extrajeron subimágenes sobre este mismo sitio y se calcularon sus espectros para invertirlos posteriormente en su espectro de olas. De acuerdo a los resultados obtenidos se observa un grado de correlación aceptable entre los espectros observado y simulado, así como entre los parámetros del oleaje medido insitu y los resultantes del proceso de partición espectral. En general se concluye que es posible la extracción de parámetros del oleaje a partir de la imagen de una región fuertemente influenciada por la batimetría y otros factores locales como el viento, en donde dos o más sistemas de olas con diferentes orígenes pueden generar espectros con estructuras complejas. Lo anterior ofrece buenas expectativas en el estudio de olas en ambientes de aguas someras, así como en la implementación de sistemas operacionales para el monitoreo de zonas costeras.

SRSIG-45

#### GENERACIÓN DE PSEUDOIMÁGENES: CONTRIBUCIÓN DEL ANÁLISIS DE IMÁGENES EN LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL CENTRO DE MÉXICO

Daniel Sagal<sup>1</sup>, Vicente Torres Rodríguez<sup>2</sup> y Andrea Bolongaro-Crevenna Recaséns<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Coordinación Morelos  
E-mail: ddazas@excite.com

<sup>2</sup> Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

El sistema nacional de información climatológica cuenta con una importante fuente de información denominada ERIC II (Extractor Rápido de Información Climatológica versión 2.0), mismo que comprende la información de la base de datos climatológica nacional tal como se encontraba en enero de 2000 en el SMN. Dicha base tiene una referencia temporal de 1940 a 1998, aunque algunas estaciones climáticas contienen información anterior a este periodo. Otra fuente importante es el Registro Mensual de Precipitación, Temperatura y

Evaporación de la CNA. Las características de estas bases de datos permiten realizar consultas por estación por cada variable.

Con la finalidad de contar con herramientas de visualización regional de las variables climáticas se reconfiguraron las bases de datos antes mencionadas y se elaboró un manejador de datos para la extracción de información por grupo de estaciones, por tipo de variable y por temporada (meses y años). Con la nueva base se realizaron interpolaciones para generar una malla regular con formato de imagen. Se aplicaron algoritmos de interpolación como: Distancia inversa, Krigging, Curvatura Mínima, Triangulación, Regresión polinomial, Función básica radial, Shepard y Vecino más cercano.

Con la generación de pseudoimágenes, además de considerar el tiempo y la variable climática, en el análisis, se añade un tercer factor elemental en la implementación de sistemas de información geográfica y clasificación de imágenes, el espacio, lo que nos permite el estudio de la influencia del clima de diferentes temas (relieve, vegetación, permeabilidad del suelo, etc.), en un lapso de tiempo y de referencia geográfica.

Entre las aplicaciones de las pseudoimágenes climáticas se realizaron: elaboración de gradientes, análisis de componentes principales orientados a objetos, clasificación multidimensional, fusión y relación con otras bases raster tales como imágenes de sensores remotos y modelos digitales de elevación.

La ventaja de contar con pseudoimágenes es la posibilidad de efectuar operaciones aritméticas, lógicas y análisis espaciales complejos entre ellas, así como permitir una rápida evaluación visual en la toma de decisiones.

La aplicación de esta metodología en el cuadrante del centro del país que comprende al Estado de Morelos y las zonas vecinas del Distrito Federal, Puebla, Edo. de México y Guerrero, permitió generar pseudoimágenes mensuales y anuales de todas las variables climáticas originalmente contenidas en las bases de datos, para el periodo 1940-1998.

Operaciones sencillas de aritmética de imágenes permitieron generar imágenes de tasas de cambio de variables como la precipitación, la temperatura, etc., ocurridos en los últimos cuarenta años, permitiendo visualizar regionalmente la magnitud, forma, dirección y extensión de los cambios en las variables climáticas.

---

TRATAMIENTO DE IMÁGENES E INTERNET

---

SRSIG-46

**SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE USANDO  
MODELOS OCULTOS DE CAMPOS MARKOVIANOS**

José Luis Marroquín Zaleta, Ely J.R. Gallo Ramírez y Aurora M. Breceda S.C.

Centro de Investigación en Matemáticas

E-mail: judith@cimat.mx

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Hemos implementado y probado un nuevo método de clasificación en imágenes de satélite, es una forma de clasificación no supervisada que permite identificar simultáneamente las regiones (o clases) que particionan la imagen y el modelo de firmas espectrales correspondiente a cada una de ellas.

El método tiene un enfoque Bayesiano; de modo que es posible introducir información a priori al proceso de clasificación definiendo adecuadamente una función de distribución de probabilidad. Así, se modela la similitud entre píxeles vecinos de la imagen con un campo oculto de medidas aleatorio markoviano.

El hecho de modelar la coherencia espacial de la imagen con un campo de medidas de probabilidad, ha permitido encontrar la clasificación óptima de la misma, minimizando una función de energía diferenciable, lo que no ha podido lograrse con métodos clásicos que también consideran la coherencia espacial como información a priori, ya que el problema en esos casos consiste en aproximar la solución de una función no diferenciable. Ahora bien, el método de minimización de la función de energía es descenso Newtoniano; un método de descenso con tamaño de paso fijo en la dirección de la proyección del gradiente sobre la superficie tangente a la función; donde el descenso es acelerado calibrando un coeficiente de fricción.

Para evaluar el funcionamiento del método, realizamos pruebas con imágenes sintéticas e imágenes del satélite LANDSAT TM correspondientes a distintas zonas dentro de la reserva de la biosfera Sierra de La Laguna, al sur de la península de Baja California; estos últimos resultados fueron analizados por un experto en vegetación.

En cada prueba, inicializamos el modelo de firmas espectrales partiendo de clasificaciones monobanda y obtuvimos la clasificación óptima de la imagen y el modelo de firmas espectrales para dicha clasificación.

El método es casi automático, sólo hay que definir la cantidad de clases que se desean identificar en la imagen y ajustar dos parámetros: el primero corresponde al grado de

similitud que se desee entre píxeles y el otro que es inversamente proporcional al nivel de ruido que pudiera tener la imagen.

Cabe mencionar que después de realizar la clasificación con este método no es necesario realizar filtrados, ya que la interacción espacial se ha considerado desde un inicio. Lo que queda al usuario es identificar las leyendas de las clases y hacer una reclasificación de la imagen en caso de que una clase informacional corresponda a varias clases espectrales.

SRSIG-47

**GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION IN  
LANDSAT ETM+ IMAGES USING A TEXTURED-BASED  
SEGMENTATION**

Guillermo Martínez-Flores, Enrique H. Nava-Sánchez y Lucio Godínez Orta

Depto. de Oceanología, Centro Interdisciplinario de Ciencias  
Marinas, IPN, La Paz, B.C.S.

E-mail: gmflores@ipn.mx

The present work describes a textured-based segmentation algorithm used over Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Images of the coastal zone of La Paz Bay, in Baja California Sur, Mexico. This geomorphological classification is intended to capture information about the physical form of land, based in statistical texture information. The implementation of this algorithm (proposed by Deng and Manjunath, 2001), was developed in Interactive Data Language (IDL 5.2), and tested using images with different visual textures, including aerial photographs scale 1:75000, orthophotos scale 1:20000 and band combinations of ETM+ images with 30 meters in spatial resolution. A geomorphological classification is a good indicator for the structural variability of the landscape, allowing similar sites to be grouped together for comparative purposes and providing a reference data to which later surveys could be related. This process could be used as a tool in environmental regionalization, especially when it is combined with other information layers spatially georeferenced in a Geographic Information System.

SRSIG-48

**MEDICIONES OPTIMAS DE LOS PARÁMETROS  
ELECTROFÍSICOS DE SUPERFICIES RUGOSAS EN  
SISTEMAS PASIVOS DE PERCEPCION REMOTA**

Victor Manuel Velasco Herrera, Roman Alvarez Bejar y  
Samantha Beatriz Rios Delgado

Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: victor@nahuiollin.igeofcu.unam.mx

En este trabajo se analiza el modelo electrodinámico de superficies rugosas. Así mismo se dan recomendaciones óptimas para la medición de sus parámetros electrofísicos. Estos datos se obtienen de los elementos inversos de la matriz de Fisher. Se muestran los resultados de las posibles

mediciones de los parámetros electrofísicos de una superficie rugosa por el registro de su radiación térmica propia, se analizaron las condiciones óptimas para medir sus parámetros electrofísicos, en particular con los parámetros siguientes:  $\epsilon'$ ,  $\epsilon''$ ,  $\tan \delta$ ,  $\rho$  y  $\sigma$ . Para medir la parte real de la permitividad eléctrica se recomiendan los ángulos de monitoreo  $\theta$  y  $\phi$ ; para medir el óptimamente el parámetro se recomienda los intervalos de los ángulos  $\theta$  y  $\phi$ , con una altura del radiómetro respecto a la superficie de km en ambos casos. Estos datos son importantes y valiosos para la planificación y realización de experimentos en laboratorio y experimentos aeroespaciales.

SRSIG-49

### APLICACIONES DE INTERNET 2 EN CIENCIAS DE LA TIERRA

Alejandro Hinojosa<sup>1</sup>, Jorge Preciado<sup>2</sup>, Carlos A. Villaseñor<sup>2</sup> y Mario Machuca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Depto. de Geología, CICESE  
E-mail: alhinc@cicese.mx

<sup>2</sup> Dirección de Telemática, CICESE

Cada día existe un mayor número de usuarios que desean intercambiar información utilizando las redes de datos como Internet. Estos usuarios desean transmitir mayores cantidades de información en el menor tiempo posible. Para poder satisfacer esta demanda se necesitan implementar nuevas tecnologías de red que transporten tráfico de voz, video y datos. Como respuesta a los requerimientos de la comunidad científica en México de una red de datos con una mayor capacidad y velocidad, la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) ha implementado la red Internet2 en el país. A Internet2 se encuentran conectados diferentes centros de investigación y universidades como CICESE, UNAM, IPN, UDG, UDLAP e ITESM entre otros. Internet2 México se conecta también con redes homologas en Estados Unidos, Canadá y el resto del mundo.

Utilizando la tecnología de red ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) con velocidades de hasta 155 Mbps, Internet2 brinda un mucho mayor ancho de banda que las ofrecidas por Internet, la cual con tecnologías como ADSL y E1 apenas alcanza valores máximos de 2 Mbps. Internet2 proporciona la capacidad de ofrecer servicios como videoconferencia con la calidad requerida, mayores anchos de banda y menores retardos que Internet. Esto se logra en Internet2 mediante la implementación de mecanismos de Calidad de Servicio (QoS), los cuales permiten reservar recursos como el ancho de banda a las aplicaciones de los usuarios.

En la División de Ciencias de la Tierra del CICESE, se están llevando a cabo experimentos en la utilización de esta tecnología para facilitar el trabajo colaborativo en proyectos de investigación con instituciones nacionales y extranjeras. En particular con las Universidades de California en Santa Barbara y San Diego, con las que se están realizando proyectos de

investigación en la región transfronteriza de las Californias. A través de la videoconferencia, se realizan reuniones de trabajo virtuales sin la necesidad de desplazarse, ahorrando tiempo y dinero. También facilita el rápido intercambio de grandes volúmenes de información, compartir bases de datos distribuidas y licencias de programas de aplicación. Esta tecnología brinda una nueva dimensión en los proyectos de investigación donde se requiere de la participación activa de miembros distantes, y es posible gracias a la armoniosa conjunción de grupos de trabajo interdisciplinarios en ciencia y de soporte tecnológico.

SRSIG-50

### DIAGNÓSTICO DE CAPACIDADES PARA LA PERCEPCIÓN REMOTA Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Julio Cámara Córdova

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

E-mail: jcamaracordova@yahoo.com

**Objetivo.** Se presentan resultados preliminares de un inventario de las capacidades con que se cuenta en diferentes instancias de Tabasco, para la utilización de las tecnologías de Percepción Remota (PR) y la creación y el aprovechamiento de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

**Metodología.** Se distribuyó un cuestionario con 27 preguntas. Los encuestados (18 recibieron la encuesta por correo electrónico y 8 por visita personal) lo fueron a título personal. Se procuró que estuvieran vinculados a instituciones (dependencias federales, estatales y paraestatales, Instituciones de Educación Superior (IES) y/o centros de investigación científica y tecnológica) que utilizan o potencialmente podrían utilizar la PR y los SIG para el cometido de su actividad.

**Resultados.** En Tabasco existen al menos cuatro laboratorios para PR y SIG, con diversa infraestructura (instalaciones), equipamiento (equipo informático), recursos (imágenes aerofotográficas o satelitarias, programas informáticos) y capacidad técnica (destreza de su personal en el manejo de los programas informáticos, dominio de los técnicas de interpretación de las imágenes de PR, habilidad para el procesamiento de datos y la integración y generación de información geográfica). Dos son dependencias de apoyo a la misión y objetivos de su institución (con una docena de técnicos entre los dos) y los otros, son de IES que realizan actividades de investigación científica (poco menos de una decena de investigadores entre estos dos laboratorios). Personal en otras instituciones posee diferente dominio técnico (habilidades, entrenamiento y actualización) de la tecnología para la PR y los SIG y cuentan con diversa infraestructura, equipamiento y recursos.

Conclusiones. El desarrollo de la PR y los SIG no es actualmente suficiente y está siendo sub-utilizado para el apoyo de la planificación y la consolidación del desarrollo de Tabasco.

---

CARTELES

---

SRSIG-51 CARTEL

**APLICACIÓN DE UN "SIG" EN LA EVALUACIÓN  
GEOLÓGICA Y SÍSMICA DE LA REGIÓN DE  
PETACALCO, ESTADO DE GUERRERO**

Sergio Sánchez, Oscar Jiménez, Sixto Fernández y Antonio Uribe

Centro de Estudios Sismológicos, Zona Pacífico Norte, CFE  
E-mail: mdv82925@hotmail.com

Con base en la información geológica disponible y sismológica generada se llevó a cabo una reinterpretación de los aspectos geológico-estructurales y sísmicos de la región de Petacalco, en el Estado de Guerrero. Para el análisis se utilizó el sistema de información geográfica IDRISI, con el cual se trataron características temáticas geológicas y sísmicas. De las características geológicas se consideraron fallas, fracturas, litologías, materiales superficiales y rasgos geomorfológicos, en tanto que de las sísmicas se tomaron en cuenta la magnitud y la distribución hipocentral de los sismos registrados por una red sismológica local. De algunos de los sismos registrados se obtuvieron también sus mecanismos focales. Todas estas características fueron integradas al "sig" para su evaluación, tratamiento y clasificación no supervisada. Así, se dedujo la presencia de una zona hipocentral somera, la cual, proyectada hacia la superficie y medida desde la costa hacia tierra adentro, conforma una franja de alrededor de 30 km de ancho. Los resultados también señalan una distribución de eventos sísmicos dentro de una amplia gama de magnitudes, pero en concentraciones sismogenéticas hacia la costa. Igualmente, la distribución muestra en muchos casos un patrón de alineamiento similar al que presentan las estructuras geológicas cuyas orientaciones principales son NW-SE y N-S, y en menor proporción a las de orientación NE-SW. De particular interés es la presencia de un sistema de fracturamiento N70°W cuya orientación es semiparalela a la trinchera mesoamericana, y de otros sistemas relacionados con las condiciones geológicas locales entre las que predominan estructuras orientadas N-S y E-W. En este sentido, la distribución de las unidades litológicas, las acumulaciones de materiales no consolidados, la concentración de eventos sísmicos y las características de las estructuras geológicas se conjugan en la interpretación y valoración de los efectos de sitio en dicha franja costera.

SRSIG-52 CARTEL

**FIREMAPPER EN BAJA CALIFORNIA**

Alejandro Hinojosa<sup>1</sup>, Ernesto Franco<sup>1</sup>, Philip J. Riggan<sup>2</sup>, James W. Hoffman<sup>3</sup> y Robert Lockwood<sup>3</sup>

<sup>1</sup> CICESE

E-mail: alhinc@cicese.mx

<sup>2</sup> USDA, Forest Service

<sup>3</sup> Space Instruments Inc.

Firemapper es un sistema de percepción remota aerotransportado diseñado para mapear incendios forestales y vegetación, con tres bandas espectrales en el infra rojo termal (IR) y dos en el visible (V) e infra rojo cercano (NIR). Un procesador digital de señales aplica en tiempo real calibraciones por corrimientos y estampa cada imagen con coordenadas GPS y parámetros operativos del sensor. La resolución espacial para las imágenes IR es de 1.85 mrad y de .375 mrad para las V y NIR. La codificación de las imágenes IR es a 16 bits y a 10 bits para las V y NIR. Firemapper fue diseñado y construido por Space Instruments Inc. para el Servidío Forestal de los EU y está actualmente operacional en la aeronave de investigación Navajo de esta agencia.

A través de proyectos de investigación conjuntos, de 2001 a la fecha, se han realizado varios vuelos experimentales en Baja California para el mapeo de vegetación, incendios y cicatrices de éstos. Los sitios sobre volados son Sierra de San Pedro Martir, Isla de Cedros, Isla Guadalupe y Ensenada. Se presentan especificaciones del sensor, índices de vuelo, muestras de las imágenes tomadas y algunos de resultados obtenidos.

SRSIG-53 CARTEL

**ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL ESTADO DE  
COLIMA Y ANALISIS DE USO DEL SUELO**

Juan Jose Ramirez Ruiz, Julio Barreto Caro, Manuel Selis y Armando Tellez

Universidad de Colima

E-mail: ramirez@cgic.ucol.mx

El ordenamiento territorial en el Estado de Colima se realiza en escala 1:250,000 con el fin de determinar las aptitudes naturales del suelo y sus usos. esta determinacion se hace mediante el analisis de las 161 unidades de paisaje y su cobertura vegetal. este analisis muestra que casi un 45 % del suelo en el Estado ha tenido una variacion en un periodo de 20 años, lo cual es muy significativo razon por lo cual se analizan las causas y tipos de cobertura de suelo que ha tenido esa variacion.

SRSIG-54 CARTEL

**PREDICCIÓN DE HABITATS DE MASTOFAUNA SILVESTRE EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO, MEDIANTE FACTORES DE PONDERACIÓN EN UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Yadira Magali Bonilla Sánchez<sup>1</sup>, Andrea Bolongaro-Crevenna R.<sup>1-2-3</sup> y Valentino Sorani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, UAEM  
E-mail: ciana25@hotmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio Interdisciplinario de Sistemas de Información Geográfica, CEAMISH, UAEM

<sup>3</sup> Academia Nacional de Investigación y Desarrollo, A.C.

El objetivo del estudio fue delimitar hábitats potenciales de distribución de mamíferos silvestres del Estado de Morelos. Mediante un Sistema de Información Geográfica se obtuvieron los mapas de distribución potencial de 22 especies de mamíferos silvestres a partir de la integración de las bases de datos de colecciones científicas y los mapas temáticos de uso de suelo y vegetación, edafología y clima. Utilizando los datos asociados a cada sitio de colecta se determinaron para cada especie las clases temáticas con presencia de por lo menos un registro de la especie considerada y se elaboraron mapas de presencia/ausencia para cada variable (vegetación, edafología y clima). Ponderando estos mapas con base en la importancia de la variable en la distribución de cada especie, se obtuvieron mapas de probabilidad de presencia. Se calcularon las áreas con mayor probabilidad de encontrar la mayor riqueza de especies, obteniendo así el mapa final de distribución potencial de las 22 especies estudiadas. Este tipo de mapas representan una herramienta útil en la determinación de zonas de conservación de especies.

SRSIG-55 CARTEL

**GEMA REVISITADO**

Alejandro Hinojosa y Margarita Almeida  
División de Ciencias de la Tierra, CICESE  
E-mail: alhinc@cicese.mx

GEMA, GEModelos de Altimetría del Territorio Nacional, es un producto discontinuado del INEGI que contiene 255 modelos digitales de elevación(MDE) de la República Mexicana elaborados a partir de las cartas 1:250,000. Cada modelo cubre un grado de longitud por uno de latitud con resolución espacial de 3 segundos de arco. Tiene un sistema de cómputo básico que permite entre otras cosas exportar cada modelo completo o en partes a formato ASCII; los modelos están almacenados en un formato comprimido que es descifrado por el programa de cómputo. Éste se desarrolló para correr en arquitecturas de cómputo y versiones de sistema operativo difíciles de encontrar en estos días, su tiempo de vida está próximo a vencerse. El valor de GEMA está en los modelos y no en el programa que los manipula.

En un esfuerzo de rescatar los 255 MDE, se exportaron, reorganizaron y escribieron en formato fácilmente digerible por programas de SIG. Se cambió el orden de las celdas de como las exporta GEMA (Sur-Norte-Este-Oeste) al orden estándar de rejillas (Oeste-Este-Norte-Sur). Se transformaron de formato ASCII a enteros binarios con signo de 16 bits. También se aglomeraron conjuntos de MDE por Zona-Huso en conjuntos de 6 grados de longitud por 4 de latitud.

Se presentan algunos artificios encontrados durante el proceso de conversión, la comparación con modelos equivalentes que no pasaron por el proceso de descompresión, así como la comparación con los nuevos MDE que está produciendo el INEGI.