

MAPPING

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO



Nº 152
ESTE EJEMPLAR DE REVISTA
MAPPING CORRESPONDE Nº 152.
MARZO-ABRIL QUE POR ERROR
ESTA DUPLICADO EL Nº 151

Nº 15

ISSN: 1.131-9.100

Geotronics y Trimble: Precisión, Tecnología y Fiabilidad.

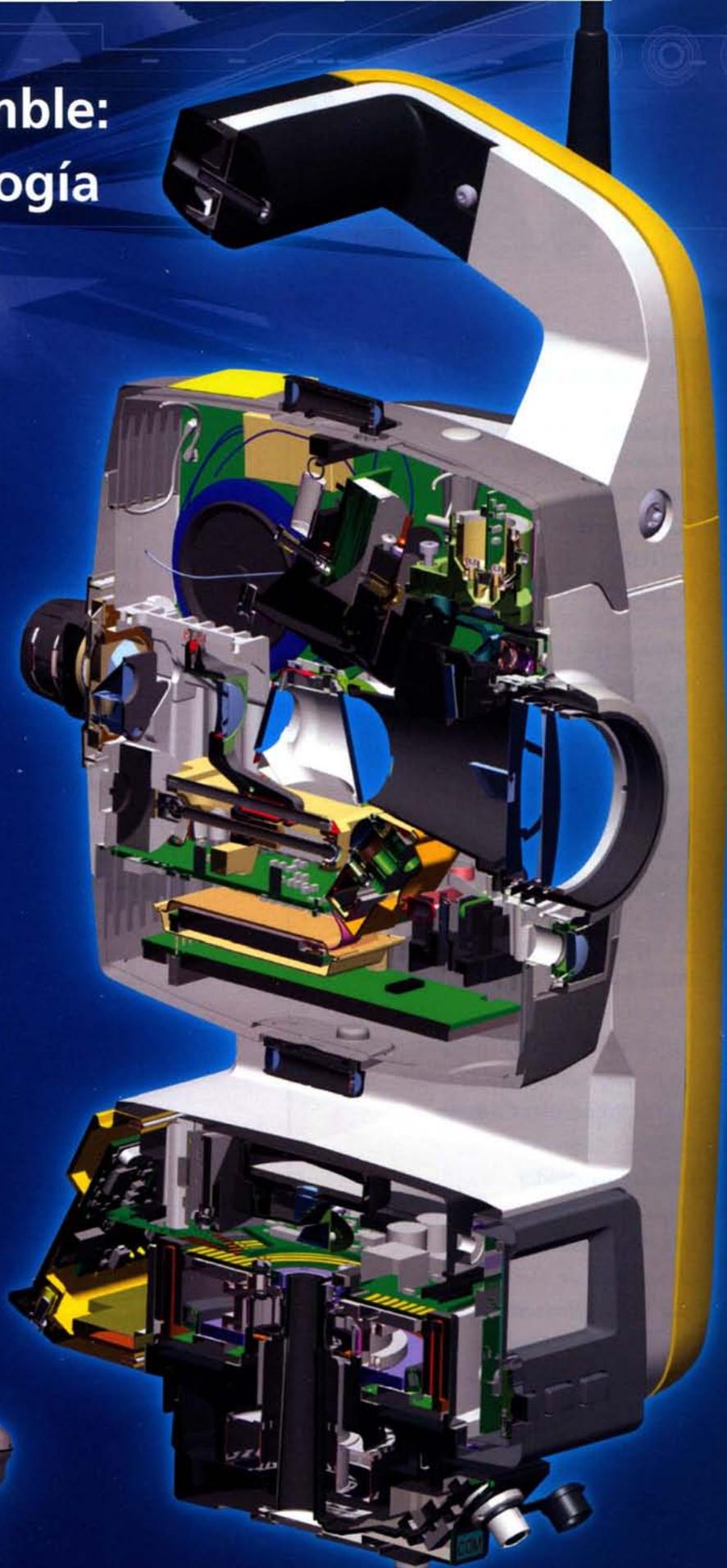
Geotronics es Distribuidor Oficial de Trimble *Survey* para la zona centro de España. Trimble está **a la vanguardia de la Tecnología desde hace más de 60 años.** **Geotronics** le acerca las soluciones Trimble para obtener los mejores resultados en sus proyectos.

Venta de instrumentos topográficos y accesorios

Servicio de equipos y configuraciones en alquiler

Servicio técnico oficial autorizado Trimble

Servicio de soporte postventa y formación



Geotronics, S.L. Calle Dublín, 1, planta 1ª
Polígono Európolis 28230 Las Rozas (Madrid) Tel. + 34 902 30 40 75
Fax. + 34 916 370 074 - www.geotronics.es - geotronics@geotronics.es



Trimble
Distribuidor Autorizado

MAPPING

COMITE CIENTIFICO

PRESIDENTE DE HONOR:

D. Rodolfo Nuñez de la Cuevas

EDITOR JEFE.

D. José Ignacio Nadal Cabrero

EDITOR:

D. Andres Seco Meneses

Universidad Pública de Navarra, España

MIEMBROS.

D. Javier González Matesanz

Instituto Geográfico Nacional, España

D. Benjamín Piña Paton

Universidad de Cantabria, España

D. Andrés Díez Galilea

Universidad Politécnica de Madrid, España

D. Stéphane Durand

École Supérieure de Géomètres

Et Topographes, Le Mans, Francia

Dña. Emma Flores

Instituto Geográfico, El Salvador

Dña. Tatiana Delgado Fernández

Grupo Empresarial Geocuba, Cuba

D. Luis Rafael Díaz Cisneros

Cesigma, Cuba

Dña. Sayuri Mendes

Instituto de Geografía Tropical, Cuba

Dña. Rocío Rueda Hurtado

Universidad de Morelos, México

Dña. María Iniesto Alba

Universidad de Santiago, España

Dña. Cleópatra Magalhaes Pereira

Universidad de Oporto, Portugal

D. Javier García García

Instituto Geográfico Nacional, España

D. Jorge Delgado García

Universidad de Jaen

SUMARIO

6 Análisis retrospectivo del riesgo a deslizamiento en los jagüeyes, suroriente de Cuba

12 La construcción de las nuevas urbanidades: de los antiguos centros históricos a las modernas plazas comerciales en la ciudad de San Luis Potosí, México

24 Historia social y construcción de un ecosistema: la toponimia el ordenamiento territorial campesino indígena en el municipio de Cuetzalan, Pue

42 Propuesta de algoritmos para análisis hidrológico y álgebra de mapa en sistemas webmapping

50 Estimación de la evapotranspiración en el humedal paraíso mediante imágenes de satélite Landsat y el modelo Sebal

58 Detección y localización de árboles en áreas forestales empleando datos LIDAR e imágenes de alta resolución

68 Uso de gvSIG como principal Sistema de Información Geográfica para el análisis de los datos espaciales y la producción de mapas en una pequeña empresa de consultoría ecológica

77 Integración de sensores de teléfonos en servicios de sensores OGC

82 Los modelos de Elevación Digital (DEM) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como Herramientas en el Estudio Geomorfológico de Humedales Andinos

89 Evolución temporal en altura de estaciones permanentes GNSS y su relación con el cambio climático

Foto Portada: El oceano Pacífico según Ortelius (1589)

Edita: Revista Mapping, S.L. **Redacción, administración y publicación:** C/ Hileras, 4 Madrid 28013 -Tel. 91 547 11 16 - 91 547 74 69 www.mappinginteractivo.com. E.mail: mapping@revistamapping.com **Diseño Portada:** R&A MARKETING

Impresión: GRÁFICAS MONTERREINA **ISSN:** 1.131-9.100 **Dep. Legal:** B-4.987-92

Los trabajos publicados expresan sólo la opinión de los autores y la Revista no se hace responsable de su contenido.

Análisis retrospectivo del riesgo a deslizamiento en los jagüeyes, suroriente de cuba

Resumen

En el presente trabajo se realiza la evaluación de riesgo ante deslizamiento mediante un análisis retrospectivo del deslizamiento de los Jagüeyes en el sur oriente de Cuba. El análisis del patrón de lluvias permitió determinar un escenario de amenaza de deslizamiento con una probabilidad de ocurrencia de una vez cada 100 años. La interpretación de fotografías aéreas a escala 1:62000 del área de estudio en momentos anteriores a la ocurrencia del deslizamiento fue empleado para cartografiar parte de los elementos en riesgo, i.e. casas, viales y campos agrícolas. A través del diseño de un perfil del comportamiento del deslizamiento en sus diferentes zonas se asignaron valores de vulnerabilidad indicando el posible daño a esperar. Finalmente, se obtuvieron valores cuantitativos del riesgo para cada uno de los elementos analizados.

Palabras claves

Deslizamiento, elementos en riesgo, vulnerabilidad y riesgo.

Abstract

A retrospective landslide risk assessment was conducted for Los Jagüeyes in southeastern Cuba. The analysis of the rain pattern of the triggering event was used to derive a 100 years hazard scenario. Houses, roads and agricultural fields were mapped through the interpretation of 1:62 000 aerial photographs, whereas the population was estimated for the risk assessment. Vulnerability values and expected damage were assigned based on a profile of the landslide behaviour in the different zones to proceed with the final risk assessment for each of the elements.

Key words

Landslide, elements at risk, vulnerability and risk.

Determinación del escenario de amenaza de deslizamiento a partir del análisis del evento catalizador, el ciclón flora de 1963

El deslizamiento de los Jagüeyes, el más grande ocurrido en la Sierra de Caujerí, en el municipio San Antonio del Sur, provincia de Guantánamo fue catalizado por las intensas lluvias producidas por el paso del ciclón Flora en octubre de 1963 (Fig. 1).

Debido a las limitaciones en la obtención de un mapa de amenaza del deslizamiento de los Jagüeyes desde el punto de vista probabilístico fue necesario asumir un escenario de amenaza teniendo en cuenta la frecuencia de ocurrencia del evento que catalizó dicho deslizamiento. Este razonamiento parte de la lógica de que si un fenómeno extremo induce la ocurrencia de otro fenómeno de gran magnitud es muy probable que si el primero se vuelve a repetir con similar extremidad induzca nuevamente un fenómeno similar.



Figura 1. Vista del deslizamiento los Jagüeyes en el escarpe de la Sierra de Caujerí. (Castellanos, 2000)

El ciclón Flora afectó completamente la región oriental de Cuba del 4 al 7 de octubre de 1963, fundamentalmente debido a su trayectoria en forma de lazo que lo hizo retornar a los mismos lugares. Además de su inusual trayectoria este fue también un sistema de muy lento movimiento. De acuerdo con Pielke, (2003) este ciclón produjo acumulados de lluvia entre 1600 – 2000 mm. Se plantea que ese acumulado se pudo haber producido en varios días. Por otro lado, existen registros de lluvia específicos de la estación meteorológica de Chalons, en la provincia de Santiago de Cuba, que indican la caída de 466.4 mm en 24 horas (Bermúdez., et al, 2000). Otros autores reportan 700 mm en 24 horas (Planos, 1997).

La mayoría de los reportes consultados en la literatura están relacionados con la cantidad de lluvia caída, la descripción del impacto social de este ciclón y los daños en la economía del país. Desafortunadamente, no se encontró ningún reporte relacionado con la determinación del período de recurrencia de este tipo de lluvias en la región oriental de Cuba. Por ello, para realizar una estimación del período de recurrencia de estas lluvias se tomó como punto de partida el gráfico mostrado en la figura 2.

Este gráfico muestra la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia de los eventos meteorológicos para la región occidental de Cuba (Planos, 1997). El eje Y muestra intensidades desde 0.2 mm/min, equivalente a una intensidad de lluvia de 288 mm en 24 h (1440 min), hasta 2.2 mm/min que equivalen a una lluvia de 132 mm en 1 h. Tomando los acumulados de lluvias señalados por Pielke, (2003), (Bermúdez., et al, 2000) y (Planos, 1997) de 1600 mm en tres días (~ 533 mm en 24 horas), 700 mm en 24 horas ó 466.4 mm en 24 horas, transformados a mm/min y extrapolándolos al gráfico indican una intensidad entre 0.37 – 0.5 mm/min en 24 horas. A su vez esta intensidad se corresponde con un evento meteorológico con una frecuencia de 100 años.

De acuerdo con el análisis anterior, el período de recurrencia de 100 años se asume como válido para el ciclón Flora. A pesar de las diferencias que puedan existir entre el patrón de lluvias de las dos regiones, dadas las distintas características físico-geográficas, el procedimiento aquí empleado puede ser aplicable cuando se conozca la frecuencia de los eventos meteorológicos de la región oriental del país.

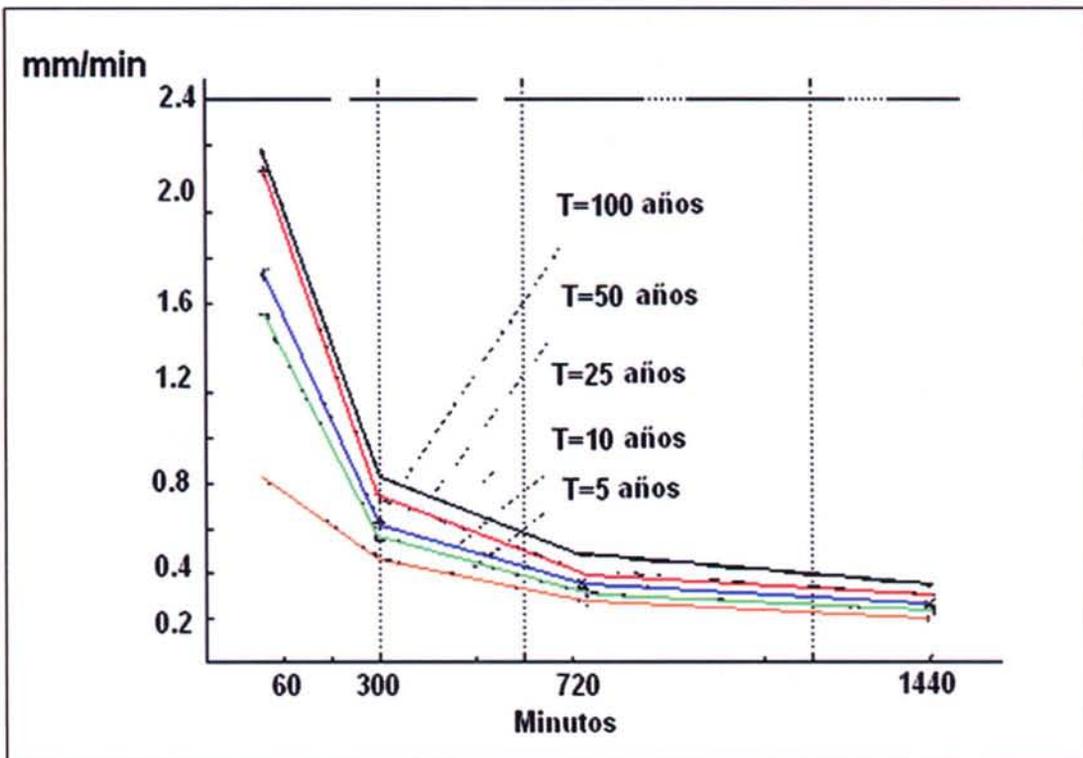


Figura 2. Curvas regionales de intensidad, duración y período de retorno de las lluvias en la región occidental de Cuba. (Planos, 1997)

Finalmente, siendo el ciclón Flora el evento catalizador del deslizamiento de los Jagüeyes, nuestro escenario de amenaza está basado en la suposición de que un deslizamiento similar en magnitud a éste ocurriría en el escarpe de la Sierra de Caujerí una vez cada 100 años. Luego, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P = 1 - (1-1/T)^n$$

Donde P es la probabilidad, T es el período de recurrencia del evento y n el lapso de tiempo considerado (i.e. duración esperada de una edificación, etc.)

De ahí, para este período de recurrencia se tiene una probabilidad anual de ocurrencia de 0.01, para 30 años 0.26, para 50 años 0.39 y para 100 años 0.63.

Evaluación de la vulnerabilidad de los principales elementos expuestos

La evaluación de la vulnerabilidad implica entender la interacción entre un deslizamiento dado y los elementos afectados (Dai, F. C. et al, 2002). Por varias razones esta evaluación involucra un gran nivel de complejidad. Primero, depende de la naturaleza de la amenaza, es decir, del tipo de deslizamiento, del volumen y velocidad del movimiento y de la distancia recorrida por el material. En segundo lugar, depende de las características de los elementos en riesgo, de su proximidad al deslizamiento y del tipo de elemento. Adicionalmente, los elementos en riesgo, en si mismos, son diversos y requieren una adecuada caracterización para discriminar cuáles de sus aspectos son más relevantes en el control de su grado de vulnerabilidad.

En nuestro caso para el análisis de la vulnerabilidad ante el deslizamiento de los Jagüeyes nos remontamos unos años antes de su ocurrencia en las inmediaciones del poblado los Jagüeyes. Para

ello se realizó la cartografía de los elementos en riesgo mediante la interpretación de fotos aéreas de 1956. La interpretación de dichas fotografías a escala 1:62000 permitió la identificación de una parte importante de estos elementos en riesgo ubicados en el área antes de que el deslizamiento ocurriera, i.e., casas, caminos y campos agrícolas. En ese entonces, la localidad de Los Jagüeyes era un poblado rural con casas aisladas.

Para identificar cuáles de los elementos en riesgo podrían ser dañados por el deslizamiento los contornos de sus partes fueron superpuestos a la fotografía de 1956 (Fig. 3). En el área que luego sería afectada por el deslizamiento se cartografiaron 7 casas con una población estimada de 19 personas, 160 ha de campos agrícolas, 1.21 km de caminos rurales (no pavimentados) y 1.42 km de senderos.

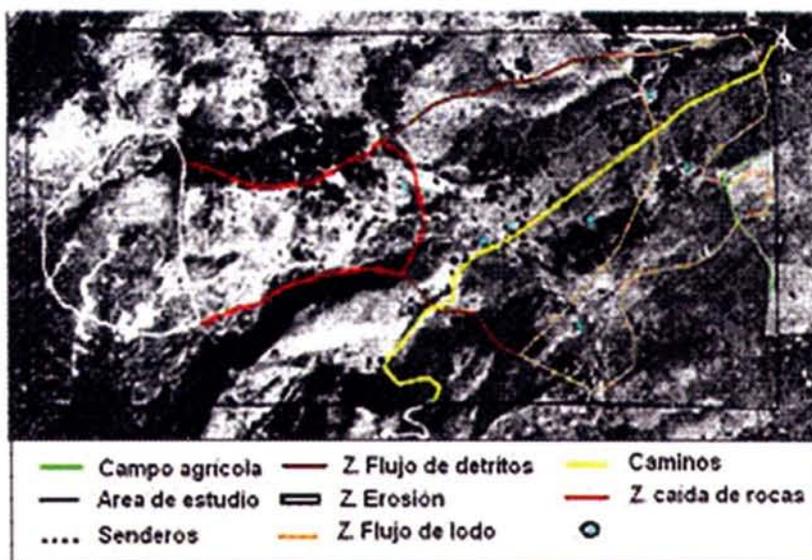


Figura 3. Fotointerpretación para 1956. Superposición de los contornos de las zonas del deslizamiento y elementos en riesgo.

Para determinar el posible daño esperado sobre los elementos en riesgo cartografiados se diseñó un perfil donde se refleja el efecto del deslizamiento de acuerdo con el comportamiento de éste en sus diferentes zonas (Fig. 4). Este comportamiento está determinado por la principal característica de este deslizamiento, y es que comienza como un deslizamiento de rocas, luego se convierte en un flujo de detritos y finalmente hacia el borde se convierte en un flujo de lodo.

Este hecho está relacionado con la litología del área, donde las calizas (Fm Yateras) yacen sobre

material terrígeno (Fm Maquey) y cuando se combinan con las intensas lluvias las rocas más gruesas quedan cerca del escarpe, mientras que el material más fino es arrastrado a mayor distancia en forma de lodo.

material continúa disminuyendo a medida que se aleja del escarpe hacia el este, por lo que en el borde más externo de la zona de flujo de lodo el posible daño a las edificaciones es menor. Debido a esto se asume que este flujo podría afectar un 1% de las edi-

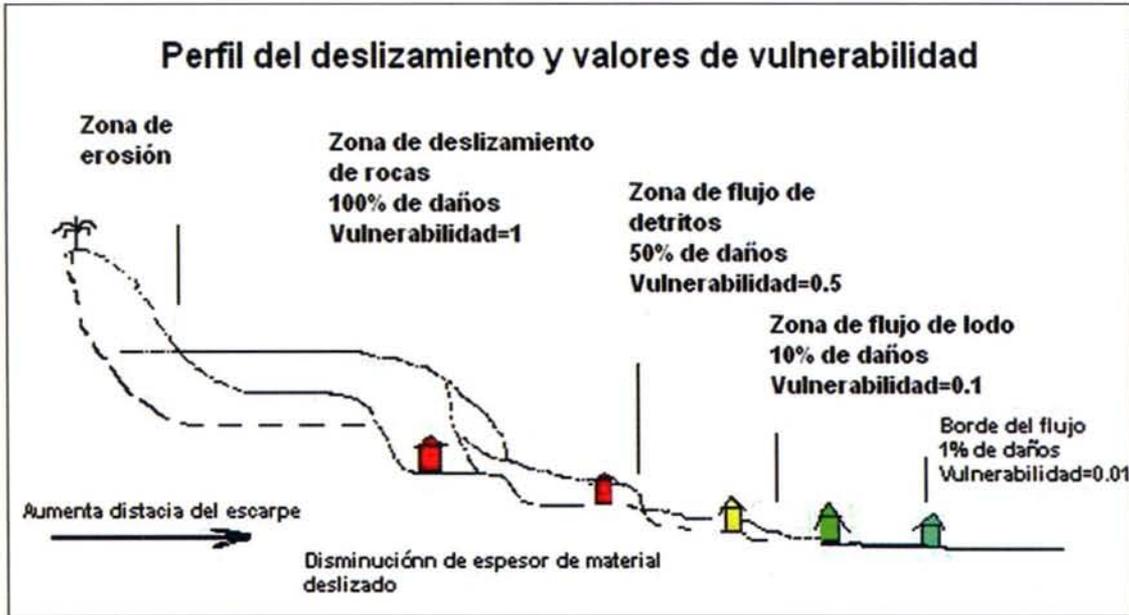


Figura 4. Perfil de zonas del deslizamiento y tipo de daño esperado

Como puede verse en el perfil, la zona de deslizamiento de rocas produciría un gran volumen de rocas que destruirían todas las edificaciones a su paso. No solamente las edificaciones sino también otros elementos localizados en esta zona, ya sean personas, cultivos, ganado, infraestructura, caminos, etc. Esto quiere decir que la probabilidad de daños en cualquier punto dentro de esta zona es 100%, por lo tanto la vulnerabilidad de cualquier elemento ubicado en esta zona es igual a 1.

Al disminuir con la distancia el espesor de la masa deslizada existe un volumen de material menor en la zona de flujo de detritos, aún así es suficiente para causar daños considerables a las edificaciones. En esta zona la probabilidad de daños sobre las edificaciones se considera de 50% y la vulnerabilidad de 0.5. Sin embargo, la probabilidad de que las personas sufran daños sigue siendo muy alta, por tanto la vulnerabilidad también aquí es igual a 1.

En cuanto a la zona de flujo de lodo, por las características litológicas antes explicadas, el material deslizado estaría muy licuado y con poco volumen. Por ello, la probabilidad de daños sobre las edificaciones disminuye, por lo que se le asignó un 10% y a su vulnerabilidad un valor de 0.1. El volumen del

edificaciones. En esta zona el daño a las personas es variable en dependencia de si éstas están más hacia adentro o más hacia el borde exterior de la zona. Por ello se le asignó un valor promedio a la vulnerabilidad de las personas igual a 0.3. La vulnerabilidad de los viales y las tierras cultivadas fue asumida como 1 en todas las zonas del deslizamiento.

Cálculo del riesgo

Con la ayuda de un Sistema de Información Geográfico y mediante la aplicación de operaciones de superposición entre el mapa de zonas de deslizamiento y el mapa de elementos en riesgo fue posible determinar el número de casas, el número de personas, el porcentaje de caminos y áreas cultivadas en cada zona de deslizamiento. La distribución de elementos en riesgo por zonas de deslizamiento se presenta en la tabla 1.

Los valores de vulnerabilidad esperados para las edificaciones en las diferentes zonas del deslizamiento, así como los valores de vulnerabilidad asumidos para el resto de los elementos en riesgo fueron utilizados para construir mapas de vulnerabilidad para cada tipo de elemento.

Zona de deslizamiento	No. Casas	No. Personas	Caminos (%)	Senderos (%)	Áreas cultivadas (ha)
Deslizamiento de rocas	1	2	0	22.3	0
Flujo de detritos	3	10	48.4	31.0	0
Lodo	3	7	21.5	13.7	160
Total	7	19	69.9	67.0	160

Tabla 1. Cantidad de elementos en riesgo por zonas de deslizamiento

Como se expresó en el epígrafe 1, la probabilidad de ocurrencia de este deslizamiento para lapsos de tiempo entre 1 y 100 años está entre 0.01 y 0.63. Sin embargo, como nos interesa calcular las pérdidas producidas por su ocurrencia en 1956 se asume un valor de probabilidad igual a 1.

Las pérdidas fueron cuantificadas aplicando la fórmula $R=H*V*A$, donde el riesgo R es el producto de la amenaza H por la vulnerabilidad V por la cantidad de elementos en riesgo A. En la tabla 2 se presenta un resumen de las pérdidas de los diferentes elementos en riesgo en cada zona del deslizamiento.

Zona de deslizamiento	No. Casas	No. Personas	Caminos (km)	Senderos (km)	Áreas cultivadas (ha)
Deslizamiento de rocas	1	2	0	0.282	0
Flujo de detritos	1.5	10	0.557	0.407	0
Lodo	0.3	2.1	0.237	0.169	160
Riesgo Total	2.8	14.1	0.794	0.858	160

Tabla 2. Pérdidas por elemento en cada una de las zonas del deslizamiento

Conclusiones

Los resultados obtenidos a través de este análisis dieron indicios acerca del nivel de riesgo que puede esperarse con la ocurrencia de un deslizamiento similar al aquí analizado. En el caso de la población, aunque el número de habitantes por casas fue estimado, las pérdidas calculadas indican que el riesgo para las personas en este tipo de deslizamiento es muy alto, en este caso igual a 0.74. Este dato es muy interesante, pues si tomamos en cuenta las condiciones actuales del escenario donde el número de habitantes en la Sierra de Caujerí y sus inmediaciones ha aumentado se pudiera esperar un riesgo más elevado.

En cuanto al resto de los elementos en riesgo evaluados puede decirse que para las casas, el riesgo total es de 0.4 ya que la mayoría de éstas

se localizaban en zonas de vulnerabilidad media a baja. Mientras que para los viales y las tierras cultivadas que se encontraban en las zonas del deslizamiento el riesgo es máximo dado su nivel de exposición y las características de este deslizamiento.

Asumir el periodo de recurrencia para el deslizamiento de los Jagüeyes de 1963, el mayor ocurrido en el municipio San Antonio del Sur, basado en el análisis del patrón de lluvia del evento catalizador permitió estructurar el escenario de amenaza desde el punto de vista de la probabilidad de ocurrencia espacio-temporal del deslizamiento.

El procedimiento seguido para el análisis del riesgo para este tipo de deslizamiento puede aplicarse como metodología ya que queda demostrada su validez al arrojar valores de riesgo desde el punto de vista cuantitativo. La misma puede

adaptarse a las condiciones concretas de otras áreas con similares condiciones.

Referencias

1. Dai, F.C., Lee, C.F. and Ngai, Y.Y., (2002): Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology*, Volume 64, Issue 1, Pages 65-87.
2. Castellanos, E., (2000): Design of a GIS-Based System for Landslide Hazard Management, San Antonio del Sur, Cuba, case study. M.Sc. Thesis, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, 108 pp.
3. Pielke et al., (2003): Hurricane Vulnerability in Latin America and the Caribbean: Normalized Damage and Loss Potentials. *Natural Hazards Review*, Vol. 4, No. 3/2003.
4. Planos, E., (1997): La hidrología operativa: base para el desarrollo de la hidrología aplicada y de los aprovechamientos hidráulicos: experiencia cubana. ISBN: 92-9089-053-3. Edición Internet: Abril de 1997.

Sensores Lidar

¿Quiere ver el mundo con otra perspectiva?

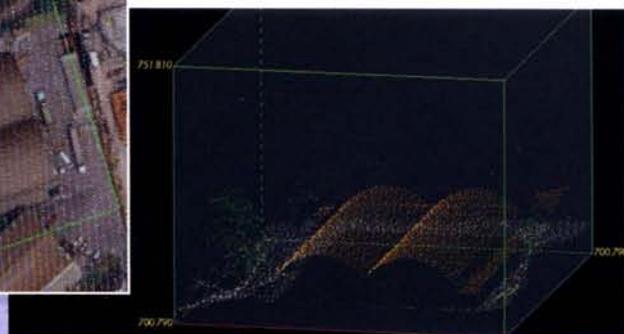
El sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema láser de medición a distancia, que permite la modelización rápida y precisa del terreno, compuesto por un receptor GPS y un sistema inercial (proporcionan la posición, trayectoria y orientación del láser), un emisor y un barredor (scanner) que permite obtener una nube muy densa y precisa de puntos con coordenadas XYZ.

Aplicaciones:

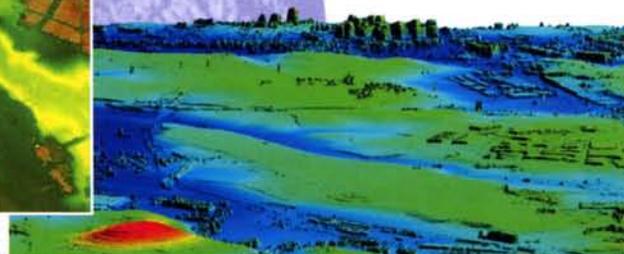
- Aplicaciones cartográficas
- Modelos hidráulicos
- Estudios forestales
- Modelos tridimensionales urbanos
- Seguimientos de costas
- Líneas eléctricas, inventario, puntos críticos

Productos derivados:

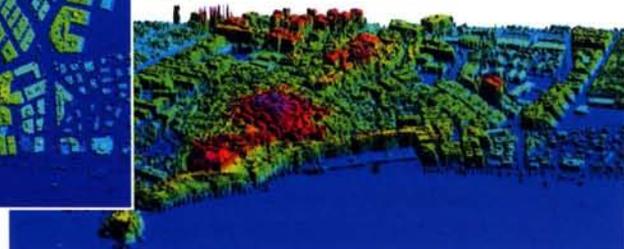
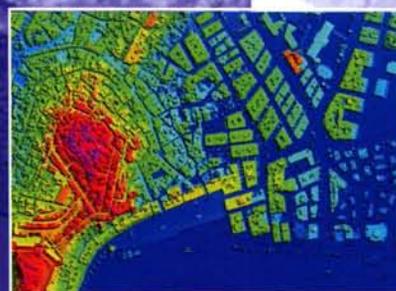
- Curvas de nivel
- Modelos hidráulicos
- TINs
- Cubicaciones
- Perfiles transversales o longitudinales
- Mapas de pendientes
- Mapas de exposiciones
- Visualización 3D



Vuelo digital + LIDAR. 18 cm, Comunidad de Madrid



Aeropuerto de Pamplona. Modelo Digital de Superficie generado por LIDAR - Malla de 2x2m



LIDAR en Almuñécar (Granada) para estudios de inundabilidad

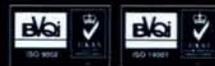
Ventajas frente a otras técnicas:

- 1 **Precisión altimétrica:** 10-15 cm
- 2 **Densidad de puntos:** 0,5 a 8 puntos/m²
- 3 **Homogeneidad** en todas las áreas de un proyecto
- 4 **Obtención de MDT y MSD**
- 5 **Continuidad del MDT:** debajo de arbolado, debajo de edificación, eliminación de estructuras
- 6 **Precio:** Excelente relación precisión/precio
- 7 **Rapidez:** cortos plazos de entrega para grandes superficies



Paseo de la Habana, 200 • 28036 Madrid (Spain)
Tel: +34 91 343 19 40 • Fax: +34 91 343 19 41 • info@stereocarto.com

www.stereocarto.com



La construcción de las nuevas urbanidades: de los antiguos centros históricos a las modernas plazas comerciales en la ciudad de San Luis Potosí, México

Dr. José Guadalupe Rivera González
Profesor-Investigador de la CCSyH/UASLP

Resumen:

Para las ciudades mexicanas que se remontan sus orígenes a las épocas coloniales, una parte fundamental de su crecimiento y desarrollo se experimentó a partir de diversos espacios y plazas públicas. Algunas de estas plazas públicas desempeñaron un papel clave al conformarse como los centros de dichas ciudades, ahí se concentraba la actividad política, religiosa y económica.

Los centros históricos jugaron un papel central en el proceso de construir el entorno urbano de esas ciudades al conformarse como espacios clave para la interacción, el entretenimiento, el ocio y el consumo de los habitantes. Con el paso de los siglos, estos espacios experimentarían una serie de cambios como resultado de las transformaciones históricas, políticas y económicas. En el contexto de los tiempos globalizados, en algunas ciudades del país se ha observado un incremento significativo de los centros comerciales.

Estos centros aparecen como una manifestación de los tiempos modernos, como espacios en donde se materializan las prácticas de un consumo transnacional, lo cual es algo distintivo de los tiempos actuales. Sin embargo, los centros comerciales, no sólo son espacios para el consumo. Las plazas comerciales han venido a posicionarse como un lugar clave en las dinámicas de la población urbana y no sólo en lo que a las actividades de consumo de la población, también son espacios clave en el paisaje de muchas de las grandes y medianas ciudades.

Palabras clave: Territorio, Urbanidad, San Luis Potosí, Centro Histórico, Plazas Comerciales

Las mutaciones de los espacios/territorios

En esta ponencia los autores partimos de una premisa clave para el desarrollo del mismo: Es fun-

damental reconocer que los espacios/territorios, los actores y grupos sociales que en ellos se desenvuelven, se modifican en relación a las influencias que ejercen sobre ellos los sistemas productivos.

Es decir, las condiciones en las que las sociedades se relacionan con el ambiente, la propia creación de cultura será algo que mostrará importantes variaciones según las diferentes formaciones económicas de la sociedad (Fábregas, 2006).

Así como se ha establecido la premisa de que los territorios cambian y se transforman, también reconocemos que tradicionalmente los territorios han sido analizados a partir de cuatro líneas de reflexión:

- Se analizan desde la perspectiva de sus transformaciones, es decir se busca privilegiar el contexto histórico de sus cambios.
- Se analizan desde el punto de vistas de los actores que en ellos realizan prácticas específicas, observando cómo las prácticas sociales inciden en su estructuración.
- Se analizan a partir de las formas locales de apropiación y de la significación que de ellos hacen cada uno de los actores y grupos sociales que los habitan y que los utilizan.
- Se analizan desde las tensiones y conflictos que su uso y apropiación generan (Portal, 2007).

La crisis de los espacios/territorios públicos y el posicionamiento de los espacios/territorios privados

Durante el siglo XX y los años transcurridos del siglo XXI algunos investigadores han hecho evidente la redefinición de los espacios públicos. Es un hecho que en los tiempos recientes, tiempos

de la llamada globalización, se han generado nuevas expresiones de lo político-económico en el territorio, con una tendencia a privilegiar lo privado sobre lo público.

En este tenor, es un hecho que esta nueva tendencia ha venido a generar nuevas interrelaciones en las prácticas sociales urbanas contemporáneas, en donde es una realidad que los espacios públicos han adquirido y adquieren distintos sentidos; esto los hace cada vez más complejos para su caracterización y definición, incluso se hace más difícil su propia existencia. En este tenor de ideas, algunos autores han debatido en torno al deterioro de los espacios públicos urbanos, desde el tercer cuarto del siglo XX.

Este es un debate se originó con los trabajos de Jane Jacobs (1961) y Richard Sennet (1977). Ya en ambos autores se mostraban la idea de la pérdida, la desnaturalización y decadencia de lo público. Incluso no faltó quien afirmara el fin del "espacio público" (Sorikin, 1992), ya que las característica que originalmente lo definieron – la inclusión y el libre acceso, la coexistencia de funciones diversas, la aceptación de lo extraño y lo nuevo en un marco de reglas conocidas por todos- tiende a desaparecer o se vuelven menos claras.

Así, los territorios públicos aparecen como cada vez más desdibujados de la experiencia urbana, en la medida en que la relación entre público/privado se superpone y se vuelve más compleja, haciendo difícil su distinción y generando nuevas formas de organizar el espacio social. Junto a espacios considerados "tradicionalmente" como públicos- la plaza, los centros históricos y las calles- se han venido a instalar nueva infraestructura, como: cines, baños públicos o centros comerciales, los cuales aparecen constituidos como espacios privados pero con un uso público.

De la misma forma, hemos visto aparecer una diversidad de espacios públicos, pero que en la práctica se han privatizado, ejemplo de lo anterior son las calles cerradas, los parques enrejados, espacios patrimoniales utilizados como salones de fiesta. (Portal, 2007).

Los centros comerciales: diferentes acercamientos en torno a su desarrollo y significado en la vida cotidiana en la ciudad

De algunas pocas décadas a la fecha en diferentes países del mundo y también en América Latina, los centros o plazas comerciales han sido analizados desde diferentes puntos de vista, generando con ello diversas interpretaciones sobre su

presencia. Por ejemplo, Fiske señala que los centros comerciales aceptan dos metáforas: la religión o la guerra.

Por un lado el consumismo es la religión contemporánea, en donde el intercambio de dinero por bienes se torna en la nueva comunión y el centro comercial se sustenta como la nueva catedral del consumo. Para un conjunto de individuos en las sociedades contemporáneas comprar es visto como una práctica de oposición, fuente de autoestima y empoderamiento. (Fiske, 1989).

Por otro lado Brummett sostiene que los centros comerciales son instrumentos retóricos de la cultura capitalista, textos retóricos gigantes que hacen que la gente se convierta en el tipo de consumidores que fortalecen al capitalismo (Brummett, 1994).

Mientras tanto, Bauer destaca que desde el comienzo de la llegada de los españoles, pasando por las influencias de los diferentes regímenes francés, inglés y el estadounidense, los cambios en la cultura material de América Latina fueron impulsados, hasta cierto grado, por la imposición, y a menudo entusiasta aceptación, de los bienes civilizadores, introducidos por varios regímenes coloniales y neocoloniales a lo largo de los últimos 500 años. En las décadas recientes es un hecho que en muchos lugares de América Latina, el comercio y las personas han se han desplazado de las antiguas plazas centrales en las principales ciudades al centro comercial. En los malls, los latinoamericanos van de Shopping, una de las palabras anglosajonas más comúnmente utilizadas en el hemisferio de habla hispana (Bauer, 2002).

En el contexto latinoamericano, Hiernaux menciona que los centros comerciales no sólo se remiten a espacios en donde se da la compra de objetos y servicios. La presencia de salas de cines, cafés, salas de juegos electrónicos, espacios o zonas de comida rápida, entre otros, han provocado un reforzamiento de la función de socialización de las personas, también a la vez estos son espacios de consumo suntuario no disponible para toda la población (Hiernaux, 2000).

Por otro lado, López Levi destaca que un centro comercial es un conjunto arquitectónico que rebasa las fronteras de la realidad e incorpora elementos provenientes de la imaginación y los deseos. Los centros comerciales se presentan de forma ambigua como espacios que navegan entre la realidad y la ficción. El centro comercial es la construcción de un mundo alternativo y totalmente controlado por la lógica del consumo y los inversionistas. Los centros comerciales como espacios

de manipulación o creación de necesidades superfluas no facilitan, ni apoyan el desarrollo creativo de una persona o de la sociedad (López Levi, 1999).

Patricia Ramírez Kuri, destaca en diferentes momentos de su obra, que los centros comerciales son espacios privados de uso colectivo, de carácter semipúblico que, en la ciudad de México, además de trazar a través de tiempo las fronteras de la modernización, han impulsado el desarrollo de las relaciones socioculturales asociadas al consumo. Los procesos que dan sentido a estos lugares de consumo se explican por la manera como ésta se incorporan a la organización del espacio social y por el significado que han adquirido a lo largo del tiempo como escenarios de interacción para las poblaciones que los legitiman socialmente (Ramírez Kuri, 1993; 1995).

Medina, analiza a los centros comerciales como territorios aislados y segregados de la estructura participativa de la ciudad, es un espacio encerrado sobre sí mismo, que no corresponde a la idea de calle urbana, ni a su fluir, ni a la concentración vital y social de la plaza por su alejamiento de la trama y del centro de la ciudad. Aunque despiertan en el visitante la nostalgia por la calle tradicional, las personas encuentran en su interior la unidad perdida entre ellas y la ciudad entre la ciudad y la naturaleza, entre la ciudad y la comunidad. El centro comercial no reproduce en pequeña escala los grandes esquemas participativos urbanos, ni la vida en comunidad que le da sentido a la ciudad (Medina, 1997).

Un aspecto que se destaca en las reflexiones recientes de Napadensky Pastene, es que los centros comerciales han proliferado de manera significativa en aquellas ciudades de economías que se han enfrentado a una rápida experiencia de apertura. Además en estas ciudades su presencia ha venido a desbordar los centros urbanos y áreas de de altos ingresos ya que su presencia a llegado incluso a zonas o áreas de menores recursos, las cuales se identifican con falta de espacios y equipamientos masivos (Napadensky Pastene, 2009).

Como podemos observar a partir de los argumentos de los autores arriba citados se reiteran las descripciones, estereotipos y analogías en torno al centro comercial como un nuevo espacio de socialización, como una micro ciudad, nave espacial, vientre femenino, objeto-monumento, cápsula-confort, localidad fortificada, templo del consumo, universo del engaño, signo de la modernidad o posmodernidad, centro de ciudad o lugares emblemáticos de la globalización.

Es un hecho que para la mayoría de investigadores que han abordado el estudio de estos espacios comerciales, éstos son espacios que trascienden la dimensión puramente mercantil para situarse también en una dimensión simbólica. Además destacan que la rápida proliferación de Centros Comerciales involucra, para bien o para mal, una importante transformación de la ciudad y de la estructura urbana, a la vez que también significa una reestructuración de los estilos de vida urbanos. Es decir la emergencia de los nuevos centros comerciales se conciben como una serie de nuevos espacios masivos en torno a los cuales se va vertebrando y construyendo la cotidianidad de los habitantes de la ciudad (Cornejo, 2007).

Una vez que se han revisado algunos de los aspectos teóricos en torno a la transformación de los espacios, así como de la manera en que se han analizado los centros comerciales desde la perspectiva de diferentes investigadores, se pasará a continuación a realizar una revisión de entorno a los orígenes y transformaciones que ha experimentado la ciudad de San Luis Potosí desde sus momentos de fundación hasta la actualidad.

Los orígenes y las transformaciones de la ciudad de San Luis Potosí

Los orígenes del asentamiento de San Luis Potosí en la época virreinal

Actualmente la ciudad de San Luis Potosí se ubica en la región centro norte de México. En el periodo de su fundación (S.XVI), su situación geográfica fue de gran importancia ya que sirvió como frontera religiosa en todo el territorio norte del país. La cercanía de importantes centros mineros jugaron un rol sumamente relevante en el proceso de fundación del primer asentamiento que años más tarde darían origen a la ciudad de San Luis Potosí.

Los primeros pobladores europeos que se instalaron se refirieron a ésta como la región chichimeca. La fundación de la población estuvo directamente relacionada con el descubrimiento de las minas de oro y plata en la cercana población de Cerro de San Pedro. Pero la historia marca que antes de su fundación por el año de 1580 el territorio recibió el nombre de San Luis, tres años después el Capitán Miguel Caldera se estableció en el antiguo pueblo de San Miguel Mexquitic, que en esos momentos era una zona de difícil acceso y que en esos momentos era controlada por un puñado de grupos chichimecas. En ese mismo año, 1583, Fray Diego de la Magdalena congregó unos nativos guachichiles en el puesto de San Luis, quedando junto a la ermita de la Santa Vera Cruz, sería en este sitio en donde años más adelante se

estaría construyendo la morada los religiosos de la Compañía de Jesús. Se vendría más adelante una guerra con los indios, hasta que se logró una pacificación por parte del Capitán Miguel Caldera en estrecha colaboración con el propio Fray Diego de la Magdalena. Para el año de 1589 se lograría la pacificación de la población indígena que habitaba en la región.

a comparar con las del Potosí Boliviano, de ahí se desprende su primer nombre: San Luis Minas del Potosí de la Nueva España. Aunque hay que señalar que en lo que respecta al nombre del asentamiento hubo también importantes inconsistencias, ya que hay investigadores que han encontrado el uso de diferentes nombres para el territorio (Montoya, 2010).

Mapa 1 Ubicación de San Luis Potosí



Con el descubrimiento de las minas llegaron indígenas de otras regiones del país. Se destacan los indígenas otomíes, tarascos, mexicas los cuales se unieron con los tlaxcaltecas que habían arribado en el año de 1591, traídos por los europeos y quienes traían el privilegio de que con ellos no habían de estar los españoles, Fundaron cuatro de los pueblos indígenas (ahora barrios, del centro de la ciudad). Fue esta la razón por la cual los españoles no se establecieron en el mismo lugar que los indígenas.

Durante el periodo del Virrey Don Luis de Velasco, quien con la autoridad real giro las instrucciones al capitán Caldera y a Juan de Oñate para que se iniciaran los señalamientos de los espacios en donde la población europea empezaría a establecerse y poder de esta manera contribuir a la explotación de los recursos mineros que se habían localizado en la región.

Los españoles viendo la riqueza que se estaba generando en las minas, procedió a establecer el gobierno del pueblo, para ello nombraron como primer alcalde mayor de las minas a Don Juan de Oñate el 27 de agosto de 1592, y para el 3 de noviembre de ese mismo año se estableció de manera oficial el poblado de San Luis Potosí, procediéndose a levantar el acta respectiva. En este sentido las riquezas obtenidas de las entrañas de la mina fueron tan importantes que se les llegó

La fundación de la ciudad se daría años más adelante, en particular en el año de 1656. Esto se debió principalmente a razones de estrategia, una de ellas, y al parecer la principal, fue la abundancia de agua, recurso del que se carecía en la vecina población minera de Cerro de San Pedro y que era fundamental para la actividad minera.

De igual forma, se consideró la necesidad de establecer a la ciudad como la cabecera administrativa de los territorios conquistados y como un centro de control de la diversa y heterogénea población indígena que ahí se encontraba. Además, se buscaba que con la fundación de la ciudad se establecieran nuevas rutas de comercio y de explotación de mayores recursos mineros en la región (Villar Rubio, 1996; Kaiser Schlittler, 1992; Villa de Mebius –Coordinadora- 1988).

En este momento se vuelve central en el trabajo destacar que las nuevas poblaciones y en particular las nuevas ciudades que se formaron en el norte del país se rigieron bajo el patrón de la sociedad novohispana. Por cierto es importante señalar que en vastos territorios el norte del país no había centros urbanos previos a la llegada de los europeos. Por lo tanto, el desarrollo de pueblos y ciudades obedeció a criterios estratégicos derivados de la explotación minera. Siendo el caso de la Ciudad de San Luis Potosí un ejemplo de lo anterior. Una manera de entender el proceso de la fundación de los poblados en diferentes partes del país queda clarificada con la siguiente nota:

La fundación de ciudades, villas y pueblos españoles o de indios obedeció a una disposición básica: el damero o el tablero de ajedrez. Una plaza central ordenaba a la ciudad regulando el trazo de sus calles en cuadrícula, las que a su vez delimitaban los lotes donde se asentaban las edificaciones. Alrededor de la plaza central se alzaban los edificios principales sede de las autoridades civiles y eclesiásticas, así como las casas de los notables (Aguirre, Carlos y Martine Chomel 1988, p.19).

Motivado por el descubrimiento de las minas, que empezaron a llegar nuevos pobladores, entre estos es importante destacar la llegada de diversas órdenes religiosas, los primeros fueron los franciscanos, luego los agustinos, los juaninos, los jesuitas y finalmente los mercedarios. Cabe destacar que cada una de estas órdenes religiosas se dieron a la tarea de construir su capilla y su convento, lo anterior, sin lugar a dudas, fue un elemento que contribuyó al desarrollo y transformación del territorio/espacio.

Reiteramos, fue el 30 de mayo de 1656 cuando el rey español autorizó al duque de Alburquerque, virrey en aquel entonces, conceder el título de Ciudad de San Luis Potosí. Es relevante destacar que durante la primera etapa de construcción de la ciudad, es un hecho que nada escapó a la influencia de la iglesia, esta institución prácticamente impregna la conciencia y las normas de convivencia en la naciente ciudad. Es decir, la ética y la moral religiosa se hicieron presente en la educación, la salud y por supuesto en la arquitectura de la ciudad.

Cuando las autoridades virreinales otorgaron título de ciudad, se contribuyó a darle un nuevo rostro y un nuevo rumbo al territorio urbano, y ello serviría como aliciente para que se diera el arribo y establecimiento de adinerados comerciantes y, claro está, de mineros así como nuevas autoridades superiores. Aunado a lo anterior se inició la construcción de nuevos edificios y plazas públicas, muchos de ellos fueron templos y conventos de las congregaciones religiosas anteriormente señaladas (Villar, 1996).

En torno a la cotidianidad y a los diversos usos que se hizo en estos nuevos espacios se destaca que la forma que adquirieron los nuevos centros de población sería un resultado o una extrapolación de la organización jerárquica del poder socioeconómico y del poder de las propias organizaciones religiosas.

En este sentido, las plazas de los antiguos pueblos, los atrios de las iglesias fueron o sirvieron como un elemento que integró a la población urbana en su conjunto. Estos espacios fueron los núcleos de la ciudad hacia donde convergían los habitantes y sus bienes. Además, estas plazas se caracterizaron por ser espacios en donde se realizaba el comercio y eran el espacio en donde la población se reunía, lo mismo para pasear y festejar, que para constatar la presencia amenazadora de la horca (Aguirre y Chomel, 1998).

La forma del centro histórico de la ciudad de San Luis Potosí se conformó a partir de una traza re-

gular realizada a regla y cordel, con manzanas en forma cuadrangular y rectangular, la plaza central ocupaba la manzana o el espacio del centro. En este sentido, fue por lo tanto una ciudad planeada y fundada siguiendo el modelo de las ciudades españolas para el continente americano, es decir, el centro urbano fue diseñado y ocupado por la población española; mientras tanto la población indígena se estableció en las periferias de la ciudad, en villas suburbanas, que más tarde se estarían conformando en los barrios de Tlaxcala y Santiago y que junto con otros cinco más serían un elemento central del rostro urbano de la ciudad.

Los caseríos de la población indígena estaban separados de la población europea por medio de una ciénaga, lo cual impedía el libre contacto o tránsito entre ambas poblaciones. En este sentido, se vuelve fundamental destacar que el proyecto de desarrollo urbano desde su fundación estuvo presente el componente español, el mestizo y por supuesto el componente de la población indígena.

Los cambios de la ciudad de San Luis Potosí durante la etapa del México independiente

El trazo original de la ciudad se modificaría de manera significativa durante los 300 años de presencia de los gobiernos peninsulares. En este sentido fue durante el siglo XVIII y XIX que en la ciudad se observan importantes cambios, ya que la traza original sufrió importantes transformaciones a partir de la apertura de nuevas calles y la segmentación de las grandes manzanas que originalmente estuvieron ocupadas por grandes conventos. Un aspecto relevante en la arquitectura de los sitios religiosos fue el hecho de que la gran mayoría fueron demolidos durante el Gobierno Liberal de Juárez y de sus sucesores.

Ejemplifican lo anterior construcciones como el magnífico convento de San Agustín, el convento del Carmen, la Alameda y el llamado Paseo de la Constitución; los cuales se vieron drásticamente modificados por esta etapa de la historia del país, y en general por la historia del tortuoso y convulso siglo XIX mexicano, siglo de guerras internas entre liberales y conservadores, dictaduras, intervenciones europeas y por los vecinos del norte.

En general, la antigua traza urbana que permitía un recorrido en el que se relacionaban todos los conventos y sus templos, se vio transformada con las demoliciones y el fraccionamiento de los terrenos que perdió la iglesia. Es decir, la implantación de los gobiernos liberales en el gobierno federal y estatal consiguió desintegrar la tradición espacial religiosa con la que contaba la ciudad en ese entonces. En lo que se refiere a la arquitectura civil

es importante señalar que una parte significativa de los edificios cambiaron de aspecto, reconstruyéndose o en su caso modernizándose al cambiar las fachadas (Villa de Mebius 1988).

Ya para la década de 1860, en la ciudad la mayoría de las calles eran rectas, angostas, empedradas y embanquetadas. Por ejemplo, la Plaza de Armas y la Plaza de la Compañía se transformaron en jardines. En esa misma época había en la ciudad dos paseos importantes, el que se hacía en la calzada de Guadalupe y el de la Alameda. Estos dos paseos formaron parte del recreo de la población de aquella época. Por su lado, la calzada de Guadalupe sirvió de base para que de ahí se conectaran las demás calles hacia los barrios de San Miguel y de San Sebastian. Es importante destacar que para el año de 1867, la ciudad se reducía a lo que actualmente es el centro histórico, poco a poco las villas suburbanas se conurbaron hasta la llegada del siglo XX, en este sentido la ciudad se extendió y estas villas conformaron los diferentes barrios de la ciudad.

San Luis Potosí durante la dictadura del General Porfirio Díaz

Durante el periodo del porfiriato en la ciudad se abrieron una gran cantidad de calles, paseos, avenidas y nuevas colonias; a su vez se diseñaron espacios para el paseo y el recreo de la población, algunos de estos espacios fueron la alameda y las principales plazas que se transformaron en jardines. En este contexto, hay que señalar que este proceso no fue exclusivo de la ciudad de San Luis Potosí, ya que procesos muy parecidos se experimentaron en otras ciudades del país. Es decir, muchos espacios cambiaron y se transformaron de manera radical, siendo esto un resultado del auge económico, político y social que se experimentó la burguesía nacional y en especial de la burguesía local.

Un hecho clave durante el Porfiriato, fue la llegada del ferrocarril a distintas ciudades del país. Para San Luis este fue un hecho clave, ya que permitió la comunicación con la ciudad de México y con los Estados Unidos, además permitió la comunicación con otras ciudades regionales como Aguascalientes, Tampico y la ciudad minera de Zacatecas. Con la llegada del tren, también arribaron a la ciudad empresas extranjeras y con ellas llegaron también nuevas edificaciones, mismas que vinieron a modificar el entorno de la ciudad.

En este mismo contexto se dio la apertura de nuevos edificios públicos (Hospitales, escuelas, plaza de toros, mercados, teatros, cines, penitenciarías, aduanas y otros más). Estos nuevos espa-

cios constituyeron, sin dudas, la señal de una nueva etapa en la vida política y económica del país y de la ciudad. Es decir entre el periodo de 1876 y 1910, la ciudad experimentó un cambio en su trazo, como un reflejo en el crecimiento de las nuevas edificaciones, comercios y fábricas. Lo cual contribuyó a darle un nuevo rostro a la ciudad y a los habitantes de la misma (Rivera 2010).

Un aspecto clave también en la ciudad es conocer que se hacía en los espacios públicos en esa época. En relación con esto se ha encontrado que las calles en la ciudad en la etapa colonial no sólo sirvió como vía para el tránsito cotidiano de la población, la calle sirvió también para llevar a cabo actividades como la realización de artesanías, su venta y la venta de alimentos, o simplemente como lugar de trabajo, aunque lo anterior no coincidía con las concepciones de lo que debería de ser una ciudad moderna.

La reciente concepción sobre cómo debía de organizarse la ciudad suponía la diferenciación espacial de las funciones que en ella se realizaban. Por lo tanto, las ciudades se reorganizaron en cuarteles, áreas dentro de ellas que las dividían con el fin de mejorar la distribución de los servicios, su vigilancia y la cuantificación y control de la población. Asimismo, se propuso la modernización de los sistemas de limpieza, drenaje y agua. Se regularon los abastos, y se puso mayor atención y cuidado en el empedrado y alumbrado de las calles.

Una de las aportaciones del Porfiriato en la urbanística de la ciudad fue la transformación de la Plaza Hidalgo, la cual se transfiguró en un pasaje comercial peatonal, que funciona todavía en la actualidad como un lugar de paseo y de encuentro de la sociedad potosina y los visitantes. Es un hecho que en la época del porfiriato esta era una de las plazas predilectas de las familias ricas de la ciudad, ya que acudían a ella para pasear y encontrarse con sus respectivas amistades. También, con motivo de la celebración del primer centenario de la Independencia, algunas colonias de extranjeros asentados en la ciudad, donaron monumentos para ser colocados en diferentes puntos de la ciudad.

Las transformaciones de la ciudad de San Luis Potosí después de la revolución

Para las primeras décadas del siglo XX, la ciudad siguió con el proceso de transformación, de nueva cuenta se abrieron calles y se modificaron las más antiguas. También, se construyeron monumentos y edificios, se modernizó el alumbrado público, los pavimentos de las calles se cambiaron. Muchos pueblos y villas de la periferia rural fueron absorbi-

dos por la ciudad y quedaron integrados a la misma. Resultado de lo anterior fue una notable alteración de la traza de la ciudad y también se reformó el estilo de vida de la población. Lo que antiguamente fueron huertas y casas o terrenos de verano, se transformaron en nuevas colonias.

Durante esta etapa se daría inicio al proceso del establecimiento de los primeros parques industriales en la ciudad, lo cual marcaría el inicio de un importante proceso de industrialización que se estaría realizando a partir del apoyo y la promoción por parte del Estado Mexicano. Esta es la etapa es llamada Modelo de Sustitución de Importaciones y que dejaría sus efectos en la ciudad a partir de este aspecto: establecimiento de una zona industrial y el desbordamiento del crecimiento urbano en todas direcciones. Este se debió a los migrantes que llegaron a vivir a la ciudad como parte de los empleos indirectos que se generaron. Asimismo, se empezaron a construir fraccionamientos de interés social para los obreros y fraccionamientos para los dueños de las empresas que se instalaron. (Coronado, 2010)

El centro de la ciudad empieza a convertirse en un espacio y territorio de comercio porque es cuando los empiezan a renovar las plantas bajas de los edificios como comercios, entre ellos torterías, papelerías, bancos, entre los más importantes. Se construyeron los primeros centros comerciales locales llamados "Del Sol". Es cuando el atrio del Templo del Carmen se vuelve un parque que cita a generaciones, porque hay payasos callejeros, venta de globos y dulces; hay niños, jóvenes, familias, novios, tribus juveniles, y turistas. En la Plaza de Armas uno puede observar manifestaciones contra las personas que ocupan las oficinas de gobierno, también músicos y teatro callejero. En la Plaza Fundadores pasa lo mismo, aunque es en ella donde se realizan los conciertos masivos, actividades culturales.

La ciudad de SLP en proceso de globalización: la presencia de las plazas comerciales en el escenario urbano

La economía mexicana se caracterizó durante las últimas dos décadas de siglo XX por un predominio de las inversiones extranjeras, en especial las que provienen de los Estados Unidos. En este sentido, la inversión de capitales extranjeros se ha traducido también en un importante generador de cambios significativos en la fisonomía de muchos de sus espacios y en muchas de las dinámicas y actividades cotidianas de la población. Esta situación no ha resultado ser ajena para la ciudad de San Luis Potosí. A partir de la segunda mitad de los años 1990, motivado seguramente por la ins-

trumentación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y de otros acuerdos comerciales con otros países del mundo, el aire multinacional o global se percibe en todos lados y de muy diversas formas.

Un ejemplo de lo anterior ha sido el rápido crecimiento que han registrado los diferentes parques industriales que se encuentran localizados a las orillas de la supercarretera 57 (conocida como la carretera del Libre Comercio, ya que es la vía de entrada terrestre al sur de los Estados Unidos) y que han marcado con ello el crecimiento de la zona industrial. Algo característico en estos parques es la presencia de trabajadores que provienen de diferentes lugares, no sólo de la entidad, sino de diversas regiones del mundo, normalmente estos últimos son trabajadores especializados que vienen a capacitar a la mano de obra local.

Otro elemento importante que 100 años después de su arribo se vuelve importante, nuevamente; es el ir y venir del ferrocarril, privatizado. Lo que ahora se observa es el tren cargado de contenedores con materias primas para las empresas o cargados de las mercancías ya manufacturadas, mismas que son trasladadas fundamentalmente a la frontera norte y también a los principales puertos marítimos del país y a otras ciudades de importancia regional. Las propias empresas distinguen los orígenes de sus capitales y es posible ver las banderas de los países de donde provienen los capitales invertidos en la entidad. Bajo esta lógica, vemos que el territorio urbano que conforma en la actualidad a la ciudad de SLP es alterado y experimenta diversos cambios en sus paisajes y en su infraestructura.

En relación con la alteración de los territorios, vemos como enormes extensiones del agreste paisaje potosino, territorio que antiguamente fueron los dominios de chichimecas y posteriormente de grandes y productivas haciendas, han dado paso en los últimos años a la construcción de modernos y eficientes parques industriales; espacios que albergan a un número importante de empresas de diversos rubros (aunque en los últimos años ha habido un incremento notable de empresas del ramo automotriz) y de variados orígenes (destacándose las empresas de origen norteamericano).

Todo ello ha sido acompañado por la apertura y remodelación de las vías de comunicación, con lo cual se busca que la entidad y, en particular, la región centro del estado se coloque a la vanguardia y sea un territorio con ventajas competitivas, en donde las grandes empresas puedan estar conectadas con el mercado nacional, regional y mundial. Aunado a todos estos cambios, también es posible observar en la ciudad capital un incremento de

centros o plazas comerciales privadas, los llamados Malls.

En estos grandes centros de actividad los habitantes de la ciudad y municipios vecinos pueden encontrar en un mismo lugar prácticamente de todo, desde salas de cine, tiendas departamentales, bancos, locales de comida rápida para todos los gustos y variedades, restaurantes, tiendas de ropa, autos, calzado, teléfonos.

Es decir, todo esto concentrado en un mismo lugar y haciendo de estos lugares algo más que un espacio de consumo, podemos decir que se han convertido, también, en espacios en donde se desarrollan nuevas prácticas de interacción social. De esta forma, dichos centros comerciales son las arenas en donde se reconstruyen y exploran de manera cotidiana formas de otorgarle nuevos sentidos y significados a la práctica del consumo bajo las nuevas condiciones sociales, económicas, tecnológicas y culturales del siglo XXI.

Un aspecto significativo en este proceso de aparición de plazas comerciales en la ciudad en las últimas dos décadas, es que su presencia no ha sido exclusivo de las áreas en donde reside la población de altos ingresos económicos, en los últimos años se ha dado la apertura de plazas en áreas en donde reside población de bajos y medianos ingresos. Una característica de estos territorios es que se identifican con falta de espacios de ocio, diversión y entretenimiento para la población que ahí reside.

Visitar y consumir en estos lugares son referentes ineludibles de la nueva experiencia de la vida urbana en la ciudad. Estos espacios se presentan al usuario cotidiano como las nuevas formas de consumo que impone la modernidad y en cierta medida son espacios en donde se contribuye a generar una identidad a partir de la asistencia y consumo que se hace en estos lugares.

Incluso algunos investigadores identifican, metafóricamente, a las plazas comerciales como las nuevas catedrales del capitalismo y por lo tanto del consumo. Se acude a ellos no sólo para consumir, si no que la visita a estos lugares adquiere la connotación de un paseo, convivencia y sobretodo de interacción social. Ir a un centro comercial ofrece la posibilidad de rozarse con gente con la que normalmente no tendría contacto.

Es importante destacar que la rápida proliferación de Centros Comerciales en la ciudad ha venido a representar, para bien o para mal, una importante transformación de la ciudad y de la estructura urbana; también ha venido a significar, como en el

pasado que aquí hemos reseñado, una reestructuración de los estilos de vida urbanos.

Es decir, la emergencia de los nuevos centros comerciales se conciben como una serie de nuevos espacios masivos en torno a los cuales se va vertebrando y construyendo la cotidianidad de los habitantes de la ciudad. En esta misma lógica es importante señalar la manera en que son concebidos estas las nuevas plazas comerciales desde la mirada de recientes investigaciones.

En variados estudios se reiteran las descripciones, estereotipos y analogías en torno al centro comercial como un nuevo espacio de socialización, micro ciudad, nave espacial, vientre femenino, objeto-monumento, cápsula-confort, localidad fortificada, templo del consumo, universo del engaño, signo de la modernidad o posmodernidad, centro de ciudad o lugares emblemáticos de la globalización. Es un hecho que para la mayoría de investigadores que han abordado el estudio de estos espacios comerciales, éstos son espacios que trascienden la dimensión puramente mercantil para situarse también en una dimensión simbólica (Cornejo, 2005; 2007).

Plaza Sendero: un ejemplo de las plazas comerciales en San Luis Potosí en la actualidad

Plaza Sendero SLP esta ubicado al oriente de la ciudad de San Luis Potosí en la Av. Benito Juárez #2005, fue inaugurada en marzo 2006, el complejo comercial tiene una superficie de 137.979m² y una construcción de 54.164m². Territorialmente, la plaza comercial se encuentra en un área cercana a la zona industrial de la ciudad y es considerada un área de clase baja y clase media baja, a diferencia de otras plazas que se localizan en colonias en donde reside residen familias de clase media y clase alta. La plaza cuenta con tres principales comercios anclas a nivel nacional, Soriana, Cinépolis y Woolworth. El hecho de que está plaza, la de más reciente apertura, se ubique en esta parte de la ciudad, es un hecho que corrobora lo que anteriormente se destacó, estas plazas ya no son creadas buscando satisfacer las necesidades de consumo de las familias más privilegiadas, sino que son espacios privados, pero que en su seno reciben a una gama muy heterogénea de la población urbana.

La plaza comercial tiene un horario establecido para la mayoría de los locales, donde el horario de apertura para los comercios puede ser a partir de las 9:30am y la mayoría cierran sus puertas hasta las 10 pm. Los locales tienen pasillo de acceso, la plaza cuenta con seguridad privada, servicio de limpieza privado, mantenimiento de la plaza y ad-

ministrativos. La seguridad de la plaza y el equipo de limpieza sólo realizan funciones en las áreas de la plaza sin entrar a los comercios, puesto cada local tiene que hacerse cargo de sus propios mantenimientos; tienen horario para la recolección de basura en los locales frente a los aparadores pasan tres veces al día o si se deja el material de desecho en los pasillos de acceso se recogen varias veces al día.

La plaza sendero en la ciudad de San Luis Potosí tiene una gran afluencia por habitantes que viven en colonias aledañas a la plaza, inclusive acuden familias que provienen de los pueblos y ranchos cercanos al lado oriente y sur de la mancha urbana. Sin embargo, también, acuden familias que pertenecen a las clases medias altas, ya que una de las principales atracciones de la plaza son las lujosas y amplias salas de cine del complejo Cinépolis, cadena privada que ha controlado el mercado nacional. El local de Cinépolis cuenta con 14 salas de proyección (con asientos reclinables y películas proyectadas en formato digital) estas salas son las más cercanas a las salas denominadas VIP. que actualmente no están disponibles en San Luis Potosí.

En la plaza se localiza una amplia gama de locales en donde la población de niños y adolescentes acuden a comprar los sofisticados juegos y consolas de video. En este sentido se destacan los locales de Gameplanet y el Hit-Box. La plaza cuenta, además, con una amplia área de locales de comida rápida. Ahí se consume desde los típicos platillos locales como gorditas, hasta comida vegetariana, pizzas, hamburguesas, comida china e incluso comida japonesa. El área de comida es un lugar visitado predominantemente por familias completas, a diferencia de otros lugares como el cine, en donde la mayor parte de los asistentes son parejas y población juvenil.

Empresas distribuidoras del ramo automotriz cuentan con espacios al interior de la tienda para realizar ahí la demostración y venta de sus vehículos de modelos recientes. En diferentes épocas del año se presentan diversos espectáculos para todo el público, estos van desde conciertos, pasarelas, demostraciones, hasta funciones de lucha libre, un deporte de mucho arraigo entre la población mexicana.

Un rasgo importante de la plaza, es que no solamente proporciona servicios para el entretenimiento, el consumo y la diversión, sino que ahí mismo es posible encontrar sucursales bancarias, oficinas de empresas de diversos ramos, principalmente de telecomunicaciones. Incluso del gobierno estatal y federal cuentan ahí con módulos en

donde la población puede presentarse a realizar diversos trámites, como la obtención de actas de nacimientos y realizar los trámites para obtener sus credenciales para votar. Esta situación hace que la plaza cuente con usuarios para una gama muy amplia de servicios, que no solamente se limita a la oferta de servicios de ocio y entretenimiento. Esto hace que todos los días de la semana, la plaza sea un espacio visitado y utilizado tanto por una cantidad significativa de familias completas que acuden a las tiendas, pero también por los usuarios de las oficinas de las sucursales bancarias y otras más a realizar diversos trámites.

Las plazas comerciales que se han venido a instalar en la ciudad en los últimos años, no obstante su reciente instalación, ya forman una parte importante de la ciudad. Son espacios privados de uso público, su aparición ha venido a representar un nuevo modelo de urbanización y representan también una forma de vida en la ciudad. Son espacios con una "historia" reciente a diferencia de las plazas antiguas de la ciudad; con esta intensa actividad que se desarrolla al interior de las plazas comerciales pareciera ser que estos pretenderían reemplazar a los centros antiguos de la ciudad. Sin embargo, el centro comercial no tiene memoria histórica como los antiguos centros comerciales, el centro comercial representa las nuevas costumbres, ahí se construyen nuevos hábitos, se convierten en puntos de referencia, la ciudad y sus habitantes se acomodan a su presencia.

Las plazas comerciales son la representación del nuevo nomadismo contemporáneo. No obstante las diferencias entre las antiguas plazas públicas y las nuevas plazas comerciales hay un punto que mantienen en común, ambas representan el resultado de transformaciones espaciales impulsadas por procesos de modernización urbana. Estos espacios se han constituido como entornos de diferenciación social tanto para los usuarios como para las poblaciones que no acceden o que no se identifican con ellos.

Más allá de su función generadora de actividad económica, los centros o plazas comerciales son espacios privados de uso colectivo, que influyen en el desarrollo de las conductas culturales asociadas al consumo, trascienden límites político-administrativos y trazan fronteras socioculturales. Al incorporarse al entorno urbano, son espacios en donde la población satisface necesidades de consumo ya existentes e impulsan el surgimiento de otras nuevas, acordes con los estilos de vida e intereses de las poblaciones que convocan. Consumir en las plazas comerciales implica consumir

ciertas marcas lo cual termina por otorgar prestigio, originalidad, felicidad, bienestar, identidad.

Es decir proporcionan elementos y señales que identifican a su portador y al consumidor. Pareciera que muchas satisfacciones en un mundo competitivo, individualizado, solo las da el supermercado, en el se encuentran lo de moda, lo de novedad. Además en un contexto en lo que se nada es para siempre las plazas comerciales juegan un papel clave en el itinerario de algunas comunidades urbanas (Talamo Antonio y Concha Artola, 2007).

Comentarios finales

A través de este breve recorrido en torno a la historia del territorio potosino y en especial de la ciudad capital del estado de San Luis Potosí, los autores nos propusimos demostrar las diferentes etapas de transformación que se ha dado en la ciudad. Es claro que este ha sido un proceso que en parte se ha dado con una fuerte influencia de una serie de acontecimientos y sucesos que han dejado una importante huella en el trazo de la ciudad.

Hoy al recorrerla nos encontramos todavía con innumerables edificios, plazas públicas y templos católicos, todos ellos nos recuerdan ese pasado virreinal que durante tres siglos estuvo presente en la sociedad mexicana y en la sociedad potosina. En la actualidad muchos de los templos católicos o parte, construidos en las diferentes épocas de auge de la minería siguen en pie y siguen siendo utilizados por la población.

Muchas de las antiguas plazas públicas se conservan para el uso y disfrute de las nuevas generaciones; incluso ahora muchas de estas plazas y templos son en la actualidad uno de los principales atractivos turísticos de la ciudad. En ella pasean y se divierten todavía muchas familias potosinas y turistas naturales y extranjeros. Actualmente el primer cuadro de la ciudad, espacio en donde se concentró, en su inicio, la población española, es predominantemente una comercial. Las grandes y lujosas casas que aún se mantienen en pie ahora son utilizadas para albergar a comercios de todo tipo. También algunas casonas han sido habilitadas para ser ocupadas como oficinas del gobierno de diferentes niveles.

De igual forma, es importante destacar que las familias que se dicen de abolengo residen desde hace mucho tiempo en nuevas y funcionales colonias, en caros y prestigiados fraccionamientos, pero no más en el centro, lugar al que por cierto las familias ricas no asisten con frecuencia por considerarlo un espacio inseguro. Reiteramos, el

centro histórico se caracteriza en la actualidad por ser un espacio dedicado fundamentalmente al comercio y los servicios.

Ahí mismo desde hace mucho tiempo se ha hecho presente en comercio informal, el cual ha tomado literalmente el control de muchas calles, banquetas y avenidas del llamado centro histórico y han hecho de estos los lugares sus espacios de trabajo, lo cual genera otros problemas. Ahí se instala el local para la venta de comida, discos compactos, ropa, perfumes, calzado y muchas cosas más, sin embargo un aspecto de esto es que la mayoría de los productos resultan ser de procedencia ilícita, es decir, son los llamados artículos piratas. No obstante, estas actividades proporcionan una ocupación y a la vez representan una alternativa para que muchas familias puedan generar ingresos económicos, lo cual les permite asegurar la continuidad como individuos y como una unidad social.

Por otra parte, como ya señalamos, tenemos los nuevos espacios en forma de grandes y funcionales plazas comerciales. Ahí la gente acude por que encuentra de todo en un mismo sitio, va de compras, pero también se va a comer, se asiste al cine.

De igual forma se acude a los centros comerciales a realizar los pagos de servicios, van al banco y/o tramitar documentos oficiales. En estas plazas se despliegan modernos servicios de seguridad, para que ahí la gente se sienta cómoda y, sobre todo, segura, elemento cada vez menos presente en otras áreas de la ciudad. La gente encuentra marcas originales y de prestigio, puede hacer su pago en efectivo o con su respectiva tarjeta de débito o crédito.

Prácticamente se puede hacer de todo sin salir del espacio ocupado por las plazas. Se compra, se "vitrianea" y se socializa, es decir muchos acuden a las plazas para encontrarse con otros, y estos mismos acuden ahí porque, también, buscan y desean ser encontrados por otros más de los que se encuentren ahí. Cabe destacar la asidua asistencia y uso que de estos espacios hace la población juvenil, ya que ahí se encuentran una importante cantidad de establecimientos en donde los jóvenes pueden adquirir objetos y marcas que son de su interés, fundamentalmente en lo que se refiere a artículos de entretenimiento y comunicación (teléfonos, laptops, juegos electrónicos, tiendas de ropa, salas de cine y mucho más).

Todo lo anterior representa la transformación que ha venido experimentando la ciudad en diferentes etapas de su historia, como se ha mostrado, cada una de ellas le ha aportado elementos nuevos,

pero de la misma forma en ese mismo proceso ha ido perdiendo otros. La ciudad de San Luis Potosí, desde sus orígenes, sigue siendo un espacio híbrido y cargado de una gran heterogeneidad, los conflictos no desaparecen, al contrario se generan nuevas tensiones y nuevas fracturas.

Muchos de los espacios antiguos siguen en pie y siguen siendo un referente importante en la vida cotidiana de los miles de potosinos que ven en ellos una huella del pasado, mismo que contribuyó a modelar la identidad de la gente y del territorio. A lo anterior, también hay que añadirle lo reciente y lo que se conceptualiza como lo moderno y que se materializa con las nuevas plazas comerciales, las cuales se han vuelto también un elemento clave en el panorama de la ciudad, y también ha venido a desarrollar un elemento clave en la construcción de nuevas prácticas y nuevas formas de vida entre una parte significativa de la población de la misma ciudad.

Referencias

Aguirre, Carlos y Martine Chomel, 1988. "El diseño de la ciudad", en: *Ciudades mexicanas en la época colonial. Catálogo exposición temporal. México. INAH-SEP, 1988, p. 10*

Bauer, A.J. 2002. *Somos lo que compramos: historia de la cultura material en América Latina. México, Taurus.*

Brummett, B. 1994. *Rethoric in popular cultura. Boston, Bedford/St. Martin's.*

Cornejo Portugal, Inés, 2007. *El lugar de los encuentros. Comunicación y cultura en un centro comercial. Universidad Iberoamericana, Distrito Federal, México.*

Coronado Loreda, Laura, 2010. *Tesis de Licenciatura en Antropología Coordinación de Ciencias Sociales y Humanidades Universidad Autónoma de San Luis Potosí.*

Fábregas Puig, Andrés, 2003. *Reflexiones desde la tierra nómada Universidad de Guadalajara (Campus Universitario del Norte) y el Colegio de San Luis. México.*

Galvan Arellano, Alejandro, 2006. *El desarrollo urbano en la ciudad de San Luis Potosí. INAH/UASLP, San Luis Potosí, México.*

Hiernaux- Nicolas, Daniel. 2000. *El reencantamiento de los espacios de consumo en las ciudades. IV encuentro Ciudades y culturas contemporáneas. México, Escuela Nacional de Antropología e Historia.*

López Levi, L. 1999. *Centros comerciales espacios que navegan entre la realidad y la fic-*

ción. México, Nuestro Tiempo.

Jacobs, Jane, 1961. *The death and life of great American cities. Vintage Books, Randon House, New York, United States.*

Kaiser Schlittler, Arnoldo, 1992. *Breve Historia de la Ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.*

Napedensky, Pastene, Aarón, 2009. *Lo urbano en el Chile de la revolución del consumo. Ponencia presentada en el Congreso Internacional de Americanistas. México, Distrito Federal.*

Medina, Cano, F. *El centro comercial: una burbuja de cristal. In diálogos de la Comunicación. No. 50, Lima, FELAFACS.*

Montoya, Alejandro Ramón, 2009. "La fundación y función de San Luis Potosí en el septentrión novohispano", en: *Anuario de Espacios Urbanos. Historia, cultura y Diseño 2008. UAM/ Azcapotzalco/ División de Ciencias y Artes para el Diseño.*

Portal Ariosa, María Ana, 2007. "Introducción. Espacios públicos y transformaciones urbanas"; en: *Espacios y prácticas metropolitanas, Portal Ariosa, María Ana coordinadora-, UAM, CONACYT, Distrito Federal, México.*

Rivera González, José Guadalupe, 2010. *Globalización, procesos locales, territorios y cambio sociocultural en San Luis Potosí.*

UASLP/CCSyH/ Miguel Ángel Porrúa, Editor. *Distrito Federal, México.*

Ramírez, P.K. 1995. *Entorno, consumo y representaciones urbanas en la ciudad de México. En Ciudades. No. México, SEP/UAM.*

Sennet, Richard, 1977. *El declive del hombre público. Editorial Península, Madrid, España.*

Sorkin, M, 1992. *Variations on a theme Park, the new American city and the end of the public space. Hil and Wang, New York.*

Talam, Antoni y Concha Artola, 2007. "El mundo en el que vivimos: la globalización", en Talam, Antoni (compilador) *Globalización y salud mental. España, Herder.*

Villa de Mebiuis, Rosa Helia (Coordinadora), 1988. *El San Luis que se fue. A.G.T, Editor, Pro San Luis Monumental, A.C., San Luis Potosí, México.*

Villar Rubio, Jesús Victoriano, 1996. *El centro histórico de San Luis Potosí y la obra del Ingeniero Octaviano Cabrera Hernández. Tesis para obtener el grado de Dr. Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona y el Departamento de Composición Arquitectónica Cátedra Gaudí, San Luis Potosí, México.*

Cartografía de Calidad

Empresa certificada a la
calidad NOR ISO 9002



Avda. Hytasa, 38, Edificio Toledo, 1-4º
41006 SEVILLA
Tels.: 95 465 57 76 - 95 465 51 27 - Fax: 95 465 57 76
E-mail: invar@invarsl.com
www.invarsl.com

Historia social y construcción de un ecosistema : la toponimia el ordenamiento territorial campesino indígena en el municipio de Cuetzalan, Pue

Pierre Beaucage (*pierre.beaucage@umontreal.ca*)¹
Université de Montréal, Québec, Canadá

Taller de Tradición Oral del CEPEC²,
San Miguel Tzinacapan, Cuetzalan, Pue. México

Resumen

Hay una concepción errónea del ordenamiento territorial que consiste en limitarlo a ser el producto de políticas estatales. Se olvida entonces que los propios pueblos campesinos e indígenas, en su proceso de organizar su subsistencia en un territorio³ determinado, ordenan este terruño en función de sus necesidades materiales y de sus valores culturales. Precisamente es lo que queremos mostrar aquí en el caso del municipio de Cuetzalan, fundándose sobre un estudio prolongado en la región, principalmente realizado por Pierre Beaucage y el Taller de tradición Oral de San Miguel Tzinacapan, Varios resultados de este estudio ha sido publicados⁴.

Nuestra primera hipótesis es que hubo dos grandes épocas en la historia social regional cuyo impacto se hizo sentir en la construcción del ecosistema que hoy prevalece en el municipio de Cuetzalan. La primera época se extendió desde la fundación del pueblo como "república de indios" a mediados del siglo XVI, y dura hasta las leyes de la Reforma, después de 1856, cuando se desmantela el "común de naturales", forma colectiva de tenencia de la tierra. Entonces comienza la segunda época cuando se reemplaza esa propiedad colectiva por la propiedad privada, que dura hasta hoy. La toponimia actual de Cuetzalan es un excelente testimonio de esta ocupación progresiva del territorio por los nahuas.

Mostraremos como el ecosistema actual se funda a partir de entonces, puesto que los indígenas lograron adaptar su forma de vida a la transformación radical que significó la privatización de la tierra, en un período de rápido aumento demográ-

fico. El cafetal tradicional indígena, combinado con la milpa, lejos de ser un monocultivo destructor del medio ambiente, como sucede en varias grandes fincas cafetaleras, se desarrolló como un policultivo arbóreo que representa una adaptación particularmente apropiada al ambiente tropical de montaña que caracteriza la zona.

Ahora que la población cuetzalteca se enfrenta con un proyecto de "expansión vertiginosa de la actividad turística"⁵, promovido por la Secretaría de Turismo, este estudio histórico y etnoecológico se quiere sumar a los esfuerzos de quienes luchan para que prevalezca un "turismo de bajo impacto con identidad", compatible con el equilibrio ecológico y la dinámica cultural de la población de la zona, en su gran mayoría indígena.

El medio ambiente de la Sierra

La región administrativa conocida como "Sierra Norte de Puebla" está ubicada a unos 20° de latitud norte (límite del trópico). Los vientos predominantes son los alisios, que soplan a partir del Atlántico la mayor parte del año, con "nortes" tormentosos que ocurren entre agosto y diciembre, y muy raros vientos del Pacífico. El área contiene cuatro zonas naturales diferentes, en función de la altitud, del relieve y del régimen de vientos.

a) El altiplano central, con altitudes superiores a 2000 metros, ocupa la parte suroeste. Es frío y seco (en parte semi-árido), por el "efecto de cortina" de la sierra vecina, con precipitaciones anuales sobre 1000 mm, concentradas entre mayo y octubre, y heladas en diciembre-enero. La vegeta-

ción natural es de cactáceas, agaves y arbustos, con restos de bosques de pino y encino. La tierra es mayormente plana; se cultivan granos y se cria ganado. Su actual población, poco densa, es sobre todo mestiza.

b) La Sierra Madre Oriental es una caída abrupta del altiplano al mar, y tiene dos niveles ecológicamente bien diferenciados. La Sierra alta (1500 a 2200 metros), muy accidentada, es fría y húmeda con una precipitación anual de 1500 mm a 2000 mm aproximadamente : las fuertes lluvias de verano (junio-agosto) se prolongan por lloviznas hasta enero. Originalmente estaba cubierta de un bosque típico de tierras altas con encinos (*Quercus* spp.) y ocotes (*okot*, *Pinus patula* Schlecht et Cham.) con otras especies como el ocozol (*Liquidambar styraciflua* L.). Hoy en día solo quedan vestigios de esa flora, en cañadas profundas o cimas de montaña, puesto que la mayor parte de la tierra ha sido desforestada para la agricultura y los pastos. La población es más densa que en el altiplano y mayormente de origen indígena, aunque la aculturación es muy importante (adopción generalizada del español y de la industrial mestiza).

c) La Sierra baja (entre 500 y 1500 metros), donde se hizo nuestro estudio, es templada y extremadamente húmeda. Debe su frondosa vegetación a la abundancia de lluvias de verano (junio-agosto) seguidas de lloviznas y neblinas hasta febrero. La precipitación total oscila entre 2000 y 4000 mm anuales, los meses con menos lluvia siendo los de marzo, abril y mayo. Incluso en la primavera, más seca, hay aguaceros frecuentes. La vegetación natural es un monte alto, incluyendo entre otros la caoba (*ayakachkuouit*, *Swietenia macrophylla* King), el cedro (*tiokuouit*, *Cedrela odorata* L.) los zapotes (p. ej. *kuoujtsapot*, *Pouteria sapota* (Jacq) H.B. Moore & Stern), cuyos troncos sirven de apoyo a un denso tejido de bejucos y epifitos. Los helechos o pezmas entre ellos los arborescentes (p. ej. *pesmakuouit*, *Cyathea mexicana* Schlecht), son abundantes. Donde suficiente luz penetra en la arboleda, el suelo se cubre de plantas herbáceas, algunas de gran tamaño como el chamaqui (*chamakisuat*, *Heliconia bihai* L.) En las barrancas, se encuentran palmeras y bambús, mientras que en las alturas de más de mil metros se pueden encontrar especímenes de vegetales caducifolios típicos de montaña alta, ocote, encino e ilites (*ilit*, *Alnus acuminata* subsp. *alguta* (Schlecht) Furlow).

En la actualidad, en la Sierra baja, no quedan más que algunos lugares particularmente difíciles de acceso en donde el suelo está cubierto de las especies vegetales originales⁶. La población es

extremadamente densa (250 personas por kilómetro cuadrado) la mayoría indígenas : nahuas en el oeste, sur y este, totonacos en el centro. Los campesinos cultivan maíz (*Zea mays* L.) frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.), café (*kajfenkuouit*, *Coffea arabica* L.), pimienta (*mimientakuouit*, *Pimenta dioica*), frutales como naranjas y zapote mamey y un poco de caña de azúcar para la venta⁷. San Miguel Tzinacapan, la comunidad nahua de la que trataremos principalmente, se encuentra en este ecosistema, y se extiende de sur a norte, bajando de 1200 m.s.n.m a 400.

1.4- Mas abajo, al norte y al este, la llanura costera (debajo de 500 metros sobre el nivel del mar) es cálida y húmeda (1500 a 2000 mm de precipitación anual) Era una zona de bosque tropical y de llanuras, que ha dado lugar a grandes pastizales y algunos maizales y plantaciones de vainilla y cítricos. Su población es menos densa y sobre todo mestiza, excepto en el centro-norte de Veracruz donde predominan los totonacos.

Si se quiere comprender la construcción del actual ecosistema de Cuetzalan, así como el modelo actual de manejo de los recursos, es necesario examinar el proceso histórico de interacción, cooperación y conflicto entre indígenas (*maseualmej*) y mestizos (*koyomej*), en este medio ambiente bien particular de baja montaña.

Las Relaciones geográficas de fines del siglo XVI mencionan ya la Sierra baja. Como actualmente, los nahuas y totonacos que la habitaban cultivaban el maíz y otras cosechas: chiles, frijoles, calabazas y quelites (González 1905:129-30). La cría de aves, la pesca y la caza eran recursos adicionales para su alimentación y también se indica que "se curan ellos mismos con muchas hierbas que crecen en las montañas y las barrancas" (*ibid.*) Además de trabajar para los señores locales, tenían que pagar tributo a los aztecas: los habitantes de la Sierra alta contribuían con resina de liquidambar y pieles; los de la Sierra baja, daban tejidos hechos con algodón local (*Gossypium hirsutum* L.) y plumas preciosas (*cuetzalli*, de ahí el nombre de "Cuetzalan") mientras que los habitantes de las tierras bajas vecinantes tenían que enviar pescado salado, miel, sal y chiles (Beaucage 1974: 31-32.) La única mención de comercio que hace el cronista se refiere a la sal que "ellos traen de Tehuacan, ciudad que se encuentra a cuarenta leguas de aquí". (González 1905: 130) Los datos disponibles demuestran que los indígenas explotaban los diferentes recursos de la tierra para cultivos diversificados, los ríos para la pesca y el monte para la caza y la recolección como en la época actual.

Después de la conquista, los indígenas de la Sie-

rra, como en todas partes de México y de Perú, fueron sometidos al duro régimen de la encomienda. Eran "encomendados" a un conquistador que podía utilizar su fuerza de trabajo a su antojo y debía convertirlos al catolicismo (Gibson 1964: 58-97). La referencia más antigua a la actual Cuetzalan es el pueblo de Quetzalcoatl, que se encontraba cerca de la actual Cuetzalan (García Martínez 1987 : 114). En 1533 hacía parte de la encomienda de Pedro Cindo de Portillo (ibid. : 162-163). Este régimen que permitía toda clase de abusos, no duró mucho en la Sierra : al no encontrar ninguna mina, los encomenderos, ávidos de riquezas, se fueron con la música a otra parte. A fines del siglo XVI, la mayoría de las comunidades indígenas eran administradas por corregidores o alcaldes mayores que dependían directamente del virrey de Nueva España (ibid. : 311-319)

Diezmados por las epidemias que se sumaron a los trastornos de la Conquista, muchas comunidades casi desaparecieron del todo, como Quetzalcoatl : en consecuencia, en 1554 se redujo el tributo que tenía que pagar la población de cuatro cargas y medio de mantas de algodón a una sola (García Payón 1965 : 63, nota 43). En 1550, cuando Cuetzalan obtuvo su primera merced de tierras, su población total era de 240 habitantes (García Martínez 1987 : 324, 358). Fue entonces cuando las autoridades religiosas decidieron agrupar a los vecinos "fuera de las barrancas y montañas donde vivían antes" (García Martínez 1987 : 162-163), conforme a la política de congregaciones que aplicaban el clero y la Corona española.

A partir de entonces se observa una estabilización y luego, un leve aumento de población entre los indígenas. A principios del siglo XVII Cuetzalan tenía una parroquia con cura residente y su población cultivaba maíz, pimienta y algodón. También se dedicaban a la caza y a la pesca y criaban pollos y guajolotes (De la Mota y Escobar 1940 : 225). En 1646, el obispo de Puebla, en su visita, evalúa su población a doscientas familias (unos mil habitantes) y dice que « su iglesia es una de las mejores » de la región (Palafox y Mendoza 1643-1646, f76r).

En 1720, Cuetzalan aparece en los archivos de la cabecera de San Juan de los Llanos (actual Libres) en calidad de "república de Yndios", es decir, comunidad autónoma con su propio gobernador. Este forma parte de una delegación de gobernadores indígenas del sur de la Sierra que van a San Juan de los Llanos, para presentar una queja, delante del virrey de Nueva España, que está de visita, contra una faena de refección de caminos que se les quiere imponer en Xalapa, o sea a "veinte leguas de su casa" (75 km). El virrey, el marqués de

Balero, les da la razón a pesar de las protestas de las autoridades civiles de Xalapa (Archivo Histórico del Municipio de Libres, 30/10/1720). Cuando uno examina los argumentos de los indígenas, llama la atención su conocimiento de las leyes coloniales vigentes, e incluso su habil utilización del poco conocimiento del territorio que tiene el virrey⁸. En la protesta que hicieron – demasiado tarde – las autoridades de Xalapa, se aprende que unos nativos del sur de la Sierra llegaban hasta Xalapa "para vender sus granjerías" (ibid.).

Cinco años después, en 1725, la población de San Francisco Quesala se subleva contra el cura, contra el teniente, y también contra Juan Antonio "Yndio fiscal de este pueblo". El motivo : las vejaciones y multas exorbitantes que el teniente saca en sus visitas demasiado frecuentes a Cuetzalan, las contribuciones en trabajo y en dinero que el cura exige sin parar, y los "abusos" del fiscal. Después de una encuesta, ganaron su causa los indígenas, pero los sublevados que habían sido encarcelados, recibieron una paliza ¡por haberse alzado contra la autoridad! (Archivo General de la Nación, Indios, 50 : ff344-347). Gracias a ese documento se sabe que hay varios poblados en la parroquia (idem 50: f 344r) ; también que hay un residente que no es indígena (el cura) y que este cultiva maíz y caña gracias a la mano de obra indígena gratuita.

A partir de fines del siglo XVIII, se intensifican las relaciones entre los pueblos indígenas y la administración, como consecuencia de las reformas modernizantes de los Borbones. Este mayor control burocrático puede haberse acompañado de una mayor carga fiscal.

En 1779, Antonio Francisco, Gobernador de Naturales de Quezalan, tenía también a su cargo los asuntos religiosos, puesto que declara como ingresos : "90 pesos de limosna que dieron los hijos [es decir, los feligreses) para las funciones de la iglesia, puesto que no tienen bienes de comunidad y no pueden sembrar puesto que las tierras son abruptas" (Archivo Histórico del Municipio de Libres, 1779, s.n.f. 1r). Reporta gastos, por el mismo año de 108 pesos para el cura para celebrar misas dominicales y de fiesta, y 36 para las velas ». (ibid.) Termina, pues, debiendo 18 pesos, que reconoce, añadiendo que esa deuda "es [también] la de sus regidores y alcaldes" (ibid. f1v). El gobernador se ocupaba también de funciones civiles. En 1788, Juan García, sucesor de Antonio Francisco, escribe que recogió 138 pesos y un real de tributo "a razón de real y medio por tributario". Los tributarios eran 740, lo que supone unos 3700 habitantes (Ar-

chivo Histórico del Municipio de Libres 26/03/1788)⁹. Los únicos gastos admisibles eran los 79 pesos de salario para el maestro que la república de indios ya debía contratar, y una contribución especial del 2 por ciento y 4 reales de gastos. El resto, lo tuvo que entregar a caja de comunidad conservada en la cabecera del distrito, San Juan de los Llanos.

Que nos revelan estos documentos? En primer lugar, que la economía de Cuetzalan colonial ya no era solamente de subsistencia, sino que también habían suficientes intercambios monetarios por lo menos para generar los 228 pesos anuales de limosnas y tributos. Para tener una idea del poder de compra de esta cantidad, hay que mencionar que el salario local era, en esa época, de alrededor de dos reales diarios (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 10/08/1823). Eso nos da un tributo total equivalente a 912 días de trabajo, o sea 1,2 días por tributario. A eso había que añadir las faenas, civiles y eclesiásticas, de las que no tenemos datos precisos, aunque su existencia está comprobada por otros documentos (Archivo Histórico del Municipio de Libres, 30/10/1720).

Se puede apreciar también que con el crecimiento demográfico (la 'república de indios' pasa de 1000 a casi 4000 habitantes entre 1650 y 1790), la comunidad alcanza en el siglo XVII, un estatuto de autonomía relativa, a la vez que tiene relaciones más intensas con la administración colonial. Estas relaciones están mediatizadas por las autoridades indígenas, el gobernador, los regidores y los alcaldes. Estos intentan, y a veces logran, defender los intereses de la población, como en el caso de la faena de Xalapa.

Se puede interpretar así también la extraña declaración del gobernador Antonio Francisco de que "no pueden sembrar por ser las tierras muy abruptas". Por el contrario, sabemos que tenían un título desde mediados del siglo XVII y que la tierra, aunque sea abrupta, es muy fértil (ver Archivo Histórico del Municipio de Libres 18/06/1787, f5v) Es más probable que los indígenas de Cuetzalan preferían pagar en efectivo y no en especie como ocurría en muchas comunidades del altiplano. La venta de productos agrícolas y aves de corral (« sus granjerías ») les procuraba más fácilmente el dinero que hacía falta y así se evitaban cargar el producto hasta San Juan de los Llanos!

Las autoridades locales estaban vigiladas por los propios vecinos, quienes, cansados de abusos, se sublevaron, en 1720, contra el cura, contra el teniente, pero también contra "Juan Antonio, fiscal de este pueblo". A la vez, pueblos y autoridades

eran vigiladas desde arriba: el gobernador y sus subalternos respondían con sus bienes si había un déficit en las cuentas y las autoridades superiores mandaron azotar a los nativos alzados en esa ocasión, aunque les dieran la razón en cuanto al fondo.

El aumento de la población que se observa fue natural en su mayor parte, aunque también la tradición oral reporta la inmigración, durante el período colonial, de un grupo de indígenas del altiplano que fundaron el pueblo de San Miguel Tzinacapan, en la parte occidental, entonces despoblada, de la "república de yndios de San Francisco Quezala." (Taller de Tradición Oral 1994),

Esa población creciente implicó una modificación de las relaciones con el medio ambiente. Primero, el aumento de la superficie cultivada redujo el bosque que antaño se extendía por casi todo el territorio del actual municipio. En general la expansión se hizo a partir del centro sur, al pie de las montañas, donde están los tres asentamientos principales, San Francisco, la cabecera, San Miguel (oeste) y San Andrés (este) hacia las laderas menos empinadas, más cálidas y fértiles del norte. En la parte baja del municipio ya había un pueblo indígena a fines del período colonial, Santiago Yancuictlalpan.

Los ancianos de San Miguel Tzinacapan cuentan que establecieron su pueblo en la parte más elevada del sur (750 metros), al pie de los cerros, para aprovechar una fuente permanente, pues en las laderas más bajas, las fuentes no manan en tiempo de secas (abril y mayo) (Taller de Tradición Oral 1994: 84-86, 97-99). Pero la tierra en el sur es empinada y pedregosa, razón por la cual tanto sanmigueleños como cuetzaltecos y tzicuilteños fueron a cultivar en la zona más templada (entre 500 y 700 metros) donde se puede tener dos cosechas de maíz al año. La explotación de diferentes niveles ecológicos permitía también un mayor número de cultivos. Un documento relata:

Antes de la ley de desamortización, la clase indígena que es la más numerosa ocupaba una pequeña parte, sembrando en un año un corto terreno sin renta alguna cuanto bastaría a su subsistencia anual y levantada su cosecha se separaba a otro punto donde practicaba otro pequeño desmonte abandonando el que antes hubo ocupado, para su nueva siembra (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan 12/09/1977).

La agricultura indígena era muy diversificada. La lista más antigua de cultivos que hemos encontrado, redactada en 1904, indica 58 cultivos locales, 36 de ellos indígenas, incluyendo granos,

verduras, frutas y quelites (Jaimez, Ramirez y Valderrama (1992: 29-30). Aparte de la zona cultivada, el area forestal todavía abundante proporcionaba a la población madera y leña, hojas de anayo (Beilschmedia anay [S. F. Blake] Kostermans) para cubrir las casa, animales de monte y aves silvestres para la caza, mientras que de los ríos se sacaban peces y acamayás.

Esta explotación generalizada de los recursos fué posible gracias a la tenencia comunal ("común de naturales") que prevaleció durante todo el período colonial. Las autoridades coloniales habían reconocido la tenencia colectiva de la tierra entre los indígenas y esos títulos colectivos fueron base de la república de indios. Las autoridades locales elegidas administraban esos bienes de manera relativamente autónoma, mientras cumplían con las obligaciones fiscales y religiosas.

Pero ese territorio llegó a suscitar la codicia de gente de afuera, sobre todo después de que las reformas borbónicas de la segunda mitad del siglo XVIII permitieran a cualquiera cultivar las tierras "inutilizadas" de las comunidades con le fin supuesto de aumentar la producción agrícola. En 1808 se abre el expediente de un largo pleito que opuso los "Naturales de la República de Yndios de San Francisco Quezala" a Don Alonso García Luque, vecino de San Juan de los Llanos (la actual Libres) sobre las tierras de Xocoyolotepec, la parte más alta y meridional del común, donde no solían habitar ni cultivar los indígenas (Archivo General de la Nación, Tierras 1808). Estas tierras "baldías" habían sido primero exploradas y evaluadas (Archivo Histórico del Municipio de Libres, 25/11/1791). de acuerdo la nueva política a la que aludimos. Luego, según la querrela, colonos "de razón" hicieron allí "cuantiosa ranchería". Al mismo tiempo, los cuetzaltecos decidieron sembrar allí cuatro fanegas (24 hectareas) de maíz, con el fin de vender el grano para el gasto de reconstrucción de la iglesia parroquial que se había quemado (Archivo General de la Nación, Tierras 1808 : 7).

García Luque, con gente armada, se metió en la milpa, sacó por la fuerza a los indígenas que la cuidaban y le puso fuego. Las autoridades cuetzaltecas mantuvieron la calma entre los "cuatrocientos Yndios presentes" y presentaron una queja en San Juan de los Llanos.

En vano : más bien se mandó a arrestar y encarcelar el gobernador de Cuetzalan, quitándole su vara, símbolo de su cargo (ibid. : 9). Los comu-

ros denunciaron la colusión entre su agresor y las autoridades de San Juan y obtuvieron que se transfiriera el asunto a un juez imparcial. El expediente termina con una decisión favorable a los indígenas.

Más que el resultado del pleito, es la estrategia desplegada por los cuetzaltecos para defender su territorio lo que nos interesa aquí. En primer lugar insisten sobre el carácter reciente de la llegada de forasteros en Xocoyolotepec (« de pocos días a lo presente »), que oponen a « su posesión tranquila durante gran número de años » (ibid. : 14). Sin embargo, sabemos que los primeros colonos mestizos se establecen en Xocoyolotepec en 1791, o sea 17 años antes del principio del conflicto con García Luque y hacen bautizar el primer niño nacido allí en 1792 (Archivo de la Parroquia de San Francisco, Libro de bautizos, 1792). Pero esos eran visiblemente campesinos, ocupaban pequeñas parcelas y no tuvieron conflicto con sus vecinos indígenas¹⁰.

Frente a la intrusión masiva de García Luque y su gente, sin embargo, los cuetzaltecos reaccionaron añadiendo al argumento de su propia ocupación antigua del lugar la intención piadosa de su gesto : es para reconstruir la iglesia quemada que hicieron una milpa de gran tamaño. Si tomamos en cuenta la preferencia que habían expresado veinte años antes por el diezmo individual pagado en efectivo, parece razonable creer que, sembrando cuatro fanegas en este lugar, buscaban matar dos pájaros de un tiro : juntar dinero para la iglesia, por cierto, pero también, afirmar su derecho colectivo sobre estas tierras, lo que unos sembradíos dispersos no hubieran logrado hacer. Y eso lo entendió bien García Luque, quien destruyó la milpa, en vez de intentar apropiarse la cosecha. Si bien el primer objetivo de los cuetzaltecos quedó frustrado, el segundo, quizás el más importante, se logró plenamente.

A fines del período colonial, los datos de archivos que consultamos revelan una comunidad indígena ya numerosa que afirma su voluntad propia dentro de los límites del marco colonial, en base a la congregación que se constituyó a mediados del siglo XVII¹¹. Esta comunidad utiliza los espacios que ofrece el marco jurídico y político de la época para sustraerse a la tutela de las grandes cabeceras indígenas, Tlatlauquitepec, primero, Zacapoaxtla después, y constituirse en república de indios igual a ellas. Al mismo tiempo que luchaba, a nivel externo, para llevar a su fin el proceso de escisión con sus antiguas cabeceras, Cuetzalan contiaba, a nivel interno su propio proceso de segmentación, a medida de la expansión de la población en búsqueda de tierras cultivables.

Esta identidad local segmentada se revela primero a nivel religioso : aprendemos que "tres comunidades cercanas" (Cuetzalan, Tzicuilan y Tzinacapan) tienen sus propias iglesias en 1725 (Archivo General de la Nación, Indios 50 : f344). En 1791, Yancuictlalpan obtuvo de ser reconocido como « pueblo sujeto » distinto (García Martínez 1987 : 378). Sin embargo, frente a la intromisión constante, tanto civil como eclesiástica, en sus asuntos internos, la respuesta fue la unidad.

El conjunto del pueblo optará, según las circunstancias, ya sea por la aceptación negociada (impuestos y diezmos), ya sea por la rebelión abierta (el motín de 1725), ya sea por una combinación de acción directa y de querrela judicial (conflicto de Xocoyolotepec). El denominador común de esa unidad parece ser la defensa del control local sobre el territorio común, dentro del cual, las familias indígenas podían cultivar, cazar, pescar, cosechar productos silvestres, cortar madera, según sus necesidades, aprovechando la fertilidad del medio y las condiciones de baja presión demográfica.

La Independencia, la República y la Intervención Francesa

El medio siglo que siguió la independencia de México fue marcado por la inestabilidad política y esta alcanzó la Sierra Norte de Puebla : documentos dispersos hablan de la llegada de tropas "insurgentes" o "rebeldes", cuya presencia era un peso y una amenaza para las comunidades (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 07/11/1872). No hay testimonio, oral o escrito, de que los indígenas de la Sierra baja hayan participado a las guerras de independencia, en un bando u otro.

En las comunidades, como en la mayoría de los pueblos indígenas del centro y sur de México, siguió el paulatino aumento demográfico, a pesar de las epidemias que harán estragos hasta en pleno siglo XX. Ese aumento demográfico es particularmente notable en zonas como las de Zacapoaxtla-Cuetzalan, que estaban poco pobladas antes de la Conquista. El documento fiscal, antes citado, habla de 740 tributarios para Cuetzalan, lo que da una población total estimada de alrededor de 3 000 personas en 1788. Un siglo después, en 1871, la población había más que duplicado, con 7799 (Thomson 1991 : 218)¹².

A nivel político, el proceso de segmentación que había permitido el nacimiento de Cuetzalan había dejado secuelas, bajo la forma de conflictos no resueltos. El documento más antiguo conservado en Cuetzalan, con fecha de 1822, se refiere a una de-

manda de compensación por las contribuciones que se hizo a Zacapoaxtla "cuando estos pueblos estaban sometidos a aquella cabecera, para reconstruir las casas consistoriales" (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan 1822, s.f.). A lo largo del siglo XIX se plantea el problema de los límites municipales. Cuetzalan se desarrolla entre dos cabeceras de origen prehispánico, Tlatlauquitepec y Jonotla, y tendrá que defender sus límites contra esos dos vecinos, que reivindicaban "derechos reconocidos desde tiempos inmemoriales" (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 01/07/1861). Las partes recurrieron a la amenaza y a la intimidación (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 26/02/1861), al pago de compensaciones (a Xonotla) e incluso a una comisión de arbitraje que recorrió las cumbres y barrancas para marcar el límite suroeste con Tlatlauquitepec, hasta que se llegaron a fronteras reconocidas por todas las partes.

A nivel interno, Tzinacapan protesta porque "gente de la cabecera viene a cultivar nuestras tierras" (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 13/07/1862), Tzicuilan llega a un acuerdo sobre su frontera con la cabecera (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 22/04/1869); mientras que Xocoyolo reclama a la misma una parte de su territorio "que le había prestado" 56 años antes ! (ibid., 20/01/1873). Notamos una dimensión estructural de la oposición entre los pueblos y la cabecera, anterior incluso a los conflictos interétnicos, que aparecen en la última parte del siglo XIX, aunque después coincidieran los dos tipos de conflictos.

La supresión del « común de naturales » y sus consecuencias

Una de las reformas más importantes impuestas por los liberales en 1856 fue la supresión de los títulos llamados "de mano muerta", que caracterizaban tanto las propiedades eclesiásticas como las tierras comunitarias indígenas. El presidente Juárez, él mismo de origen zapoteco, consideraba que este tipo de propiedad era una de las causas del atraso social y cultural de los indígenas de México y soñaba con cambiarlos en prósperos agricultores sobre tierras privadas, como en el vecino país del Norte. La Ley Lerdo obligó a poner en venta libre estas tierras. Aunque, en principio, los usuarios debían tener prioridad como adquirentes privados, salió favorecido un número muy reducido de especuladores, amigos del nuevo régimen. Sin embargo, en una zona montañosa como la Sierra, pocas tierras suscitaron la codicia de grandes em-

presarios agrícolas como en la planicie central o en la costa veracruzana.

La Intervención Francesa (1862-1867) creó un nuevo contexto social y político en el país y en la Sierra. Los cuetzaltecos, como los demás habitantes de la región, estuvieron al principio divididos entre los dos bandos : por una parte, el clero local apoyaba firmemente a los Conservadores y la Intervención, por otra parte, varios líderes indígenas, entre ellos Juan Francisco Lucas, de Xochiapulco, y Francisco Agustín Dieguillo (Palagosti), de Cuetzalan, se habían alzado contra los invasores franceses¹³. Una batalla importante tuvo lugar en Cuetzalan en noviembre 1864 : el ataque liberal, dirigido por el general Maldonado coincidió con una tormenta con rayos que alcanzaron al campanario de iglesia, lo que hubiera sido interpretado por la población como un castigo sobrenatural a las fuerzas extranjeras¹⁴. Después de la derrota del ejército imperial, se decidió aplicar la Ley Lerdo, sobre desamortización, en la Sierra Norte (diciembre 1867).

Esa nueva situación jurídica impulsó a varios mestizos recién llegados a la cabecera, y que se dedicaban principalmente al comercio, a adueñarse de tierras donde iniciaron los cultivos comerciales de la época, la caña y el café. Eso provocó una rebelión de comuneros en Cuetzalan. Bajo la dirección de Palagosti, se opusieron a la privatización de las tierras del común en beneficio de la burguesía local y destruyeron los corrales y las plantaciones (Thomson 1991 : 221-222). Con la mediación de Lucas, los campesinos indígenas pudieron registrar como parcelas privadas la mayor parte de sus tierras de labor¹⁵. El hecho de que todas estas parcelas estuvieran designadas por topónimos indígenas atesta de la antigüedad de la apropiación material y simbólica del territorio por los nahuas. Los topónimos castellanos se concentran en la zona sureste del municipio (cuenca del Cuichat), donde la burguesía de la cabecera estableció sus fincas cafetaleras en las tierras del común que no fueron adjudicadas a indígenas.

Unos de los empeños del municipio fue la mejora de las comunicaciones con el centro del país, condición indispensable para la rentabilidad de sus actividades comerciales y productivas. Se emprendió un amplio programa de obras públicas para transformar parte de la red de caminos reales, sólo aptos para mulas y peatones, en una carretera. El medio utilizado fue la intensificación y la reorientación de las faenas comunitarias. Mientras que anteriormente se destinaban sobre todo al mantenimiento de los edificios religiosos (ahora esas eran voluntarias) y cívicos, se destinaron ya « a la carretera » con fuertes multas o pena de car-

cel a los que no se conformaban (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 06/09/1873).

Tanto la parcelización de las tierras, como la instalación de los forasteros et las transformaciones económicas y de comunicaciones tuvieron consecuencias muy importantes sobre la construcción del ecosistema actual en la región de Cuetzalan, como veremos más adelante. A nivel social y cultural, Cuetzalan se transformó en una sociedad pluriétnica. En el mismo proceso, después que Francisco Agustín Dieguillo terminó su mandato como alcalde, los indígenas se encontraron excluidos del poder político local, lo que se tradujo por su expulsión física, espacial, de la cabecera : bajo múltiples presiones, sobre todo económicas (como el embargo de predios por deudas), la población indígena se replegó en los antiguos "pueblos sujetos" ahora municipios auxiliares, Tzinacapan, Tzicuilan, Zacatipan, donde podían mantener cierto nivel de autonomía, dentro de los límites impuestos por los cambios legislativos.

El control sobre la gente : la reforma administrativa

Después de la participación de las milicias indígenas de la región a la guerra de Intervención franco-austríaca (1862-1868), es decir durante del largo mandato de Porfirio Díaz (1876-1910) una prioridad fue la restauración del orden social y la reforma administrativa. El gobernador y el consejo de ancianos de la "república de indios" fueron remplazados por el alcalde municipal, los regidores, el juez, aunque sus títulos, por lo menos al principio, parecen más diferenciados que sus funciones reales. Se obligó a los pueblos indígenas a funcionar según un modelo municipal uniforme, que se quiso precisar hasta en sus menores detalles. Se averiguaba el buen funcionamiento a través los informes mensuales que se debían mandar a las autoridades de los distritos. Estas, en particular el jefe político nombrado por el propio Porfirio Díaz, sancionaban inmediatamente toda desviación de la norma : que se trate de la definición de las responsabilidades respectivas de los dirigentes locales (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan 06/10/1872), del número de alumnos inscritos, de sus asistencia a la escuela e incluso de la atribución de notas (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 23/06/1873). Para tanta correspondencia se necesitaba en cada pueblo por lo menos una persona alfabetizada y con cierto conocimiento administrativo. Mientras que el alcalde y sus regidores eran a veces analfabetos, le tocó al secretario municipal introducir la cultura de lo escrito, los documentos oficiales (actas) en todos los niveles de la vida municipal.

El control sobre la gente : censo y fiscalidad

A nivel local, ordenar quiere decir conocer, de allí la importancia del "padrón de vecinos". A partir de 1860, encontramos un padrón de vecinos anual, además de listas de productores de caña de azúcar, de los que venden carne en la plaza, etc.

De este momento en adelante, se priorizó el control fiscal y la lista de contribuciones que pagar ; "personal", "para la escuela", "de Chicontepec".... El Estado liberal consideró que el campo debía soportar el costo de la modernización y buscaba siempre más dinero. Viendo que los indígenas se resistían a mandar a sus hijos al servicio militar, se creó un impuesto nuevo llamado « de rebajados » con el que se puede rescatar a un recluta (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan 29/11/1872). Con la supresión de las tierras comunales, los campesinos indígenas tuvieron que registrar individualmente sus parcelas. Las autoridades municipales intentaron que todos pagaran anualmente el 6% del valor estimado de la tierra « adjudicada » y no solamente los nuevos dueños cuyas tierras valían más de 200 pesos (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 16/03/1877) pero vimos que no prosperó esa propuesta. Para todas estas contribuciones, se nombraron cobradores que no podían renunciar y que eran responsables de la integralidad de las cantidades por cobrar, bajo pena de confiscación de sus bienes.

El nuevo orden republicano : la revolución simbólica

Si bien llaman la atención las continuidades demográficas y sociales, las rupturas son también evidentes. Después de la victoria electoral de 1856, y de la victoria militar sobre las fuerzas de intervención en 1867, el nuevo orden republicano se quiso distinguir al máximo del orden anterior. La separación de la Iglesia y del Estado tuvo, al principio, poca resonancia en los pueblos, salvo cuando curas y autoridades municipales se peleaban sobre la propiedad de terrenos o de edificios (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, 16/06/1873). En los documentos oficiales, se quitaron los nombres de santos que los religiosos españoles habían pegado a los topónimos indígenas, aunque la gente los siguió usando hasta la fecha. Después de la supresión de los diezmos y de los otros derechos eclesiásticos, se ordenó a los 'mayordomos de cofradías' de entregar al Estado sus "capitales" (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 09/03/1861).

Para contrarrestar la influencia del clero católico, que los liberales asociaban al bando conservador, se propusieron nuevos símbolos : la patria, el progreso y la educación. En la cabecera los edificios públicos modernos fueron el símbolo del nuevo orden y del grupo étnico ahora dominante (autonombrado "de razón"). Con las faenas indígenas se construyen las nuevas casas consistoriales : "[...] para remplazar el antiguo palacio, el de Palagostí, que tenía techo de zacate" (Estela Flores, com. pers. 1969). El frontón, por cierto, llegó a tener la estatua de un indio, pero de un glorioso indio del pasado, Cuauhtemoc, apropiado por los mestizos, no de un indígena actual. Con faenas se reconstruyó la iglesia de San Francisco, se edificaron las escuelas. El reloj público, que marca el tiempo moderno, hizo la competencia con el campanario, que marcaba aún el tiempo antiguo, él de los angeluses. También, se promovieron las fiestas patrias y cívicas, brillantes y costosas : a los comerciantes de la cabecera, se pedían contribuciones en efectivo, a los campesinos de los pueblos, faena y materiales : "Para Tzinacapan, cuarenta hombres y se les avisa que tienen que presentarse con la madera y los bejucos, Yancuictlalpan, treinta [...] mañana, sin falta." (Archivo del Municipio Auxiliar de Tzinacapan, 01/10/1873). En los pueblos, se llevan a cabo obras similares, aunque con menos esplendor.

Acomodamiento, negociación, rebelión : la respuesta indígena

¿Cómo reaccionaron los campesinos indígenas a esto cambios? De múltiples maneras, según las circunstancias. Vimo como Francisco Agustín Dieguillo, o Palagostí, como era llamado localmente, después de participar a la lucha armada durante la intervención franco-austríaca junto al caudillo liberal Juan Francisco Lucas, rechazó la privatización de las tierras comunales, y en enero 1868, se alzó en armas para destruir los corrales y las plantaciones. Sin embargo, en febrero de 1868, aceptó las recomendaciones de la comisión de conciliación presidida por el propio Lucas, quien mantiene la aplicación de la Ley Lerdo sobre la privatización de las tierras peropermite a los caqmpesinos registrar sus parcelas. La parcelización abarcará poco a poco todo el antiguo común de naturales, a pesar de varios motines locales en años subsecuentes (Thomson 1991 : 239 sig.). En las generaciones siguientes, mientras que la población indígena de la cabecera era desplazada hacia los ranchos por los mestizos, en los pueblos vecinos, el juego de las herencias impulsaba también los agricultores a hacer sus casas en las parcelas que heredaban más abajo. Así se formaron los pueblos y caseríos que se encuentran hoy en todo el municipio.

Si se toman en cuenta solamente estos elementos, se puede llegar a la conclusión que la lucha indígena en Cuetzalan se limitó a una sublevación, dirigida por un líder valiente, en una batalla perdida de antemano contra el curso inexorable de la historia¹⁶.

Pero la sublevación de 1868 es sólo un aspecto de la resistencia indígena, y del propio papel que tuvo Dieguillo. Por ejemplo, en 1854, el censo más antiguo que hemos encontrado (Archivo Municipal Auxiliar de Tzinacapan 1854, s.f.) proviene del pueblo de San Miguel Tzinacapan y sólo se refiere a los hombres. Parece que se hizo con fines militares, si juzgamos por las informaciones que se piden "edad", "patria", "estado civil". Particularmente interesante es el rubro "excepciones": la única mención que aparece, siempre pegada a los nombres de hombres entre 18 y 40 años es: "indio puro". A falta de otras informaciones, se puede formular la hipótesis que se había recibido la orden de inscribir a todos los hombres válidos, para reclutarlos eventualmente en el ejército. Aprovechándose de la cláusula de excepción aplicable a los "indios puros", que se estimaban no aptos para el servicio militar por motivos lingüísticos y culturales, se atribuyó esa calidad a todos los que eran susceptibles de la "leva". Sabiendo que los hombres que se llevaba al ejército muy probablemente no iban a volver, las autoridades indígenas habrían encontrado este estratagema para eximirlos. Después, como dijimos anteriormente, los indígenas prefirieron pagar el impuesto llamado "de rebajados" con el mismo fin.

Si volvemos a Francisco Agustín Dieguillo, tuvo otros papeles que él de un caudillo militar surgido del montón. En 1862, poco tiempo antes de la sublevación contra los franceses, había sido elegido regidor: lo que hace suponer que hablaba bien español, era alfabetizado y que gozaba de cierta estima, por lo menos entre la población indígena, entonces mayoritaria en la misma cabecera. Después de la sublevación, fue otra vez regidor e incluso alcalde. Si el Palagosti guerrillero fue un defensor de las tierras comunales, Palagosti alcalde contribuyó firmemente al orden liberal. Dentro de la nueva legalidad, como síndico, paró algunos intentos de privatización de tierras (Archivo Histórico Municipal de Cuetzalan, 10/01/1873) e incluso creó un ejido¹⁷. Al mismo tiempo, relanzó la construcción de los edificios públicos, hasta de una cárcel "para encerrar a los borrachos" (id. 17/02/1873) e insistió para que los pueblos sujetos participaran en el esfuerzo (id. 20/10/1872). Impulsó la construcción de puentes y la refección de caminos (id. 06/11/1872), y riñó a sus auxiliares en los pueblos que tardaban en cobrar impuestos y en organizar faenas poco aceptadas.

No quiso antagonizar a los mestizos y apoyó su comercio. Les otorgó tierras, pero en la periferia de los terruños, reservando las tierras más cercanas para la agricultura campesina. Se puede decir que Palagosti sintetizó en su persona el conjunto de las respuestas indígenas frente a la penetración del orden liberal: oposición frontal mientras parecía aún posible impedir la privatización del común de naturales, negociación y utilización del nuevo marco administrativo y legal para dejar el pueblo en mejor posición en el México liberal que estaba naciendo. Desgraciadamente, con la toma del poder municipal por los mestizos, estas herramientas iban a quedar fuera del control indígena. Además, la autoridad mestiza local quedará supeditada por casi un siglo, es decir hasta los años 1970, al poder de un cacique regional, el dueño de la hacienda de Apulco, quien controlaba la producción y el comercio del aguardiente en la región (Paré 1975). Pero la cafecultura desplazó poco a poco el cultivo de la caña durante el siglo XX. Eso permitirá que entren en escena nuevos actores sociales: una pequeña burguesía cafetalera que logra independizarse de la tutela del cacique en los años 1970 y un movimiento campesino indígena que luchará por ocupar su lugar en la economía y la política. El cultivo del café modificó profundamente tanto el ecosistema como la estructura social regional.

La policultura arbórea : el cafetal tradicional indígena y sus expansión (1920-1990)

Intentaremos aquí demostrar :

1- Que la adopción generalizada del cultivo del café por los campesinos nahuas en el siglo XX, constituyó una respuesta ecológica y económica a un rápido crecimiento de la población que hacía cada vez más difícil el anterior modo de subsistencia fundado sobre la milpa. El mismo factor demográfico hizo que el cultivo de la caña de azúcar, principal cultivo de mercado del periodo anterior, resultara no sustentable.

2- Que la manera indígena de manejar el cultivo del cafetal de hecho mantuvo y recreó sobre las laderas un medio ambiente diversificado análogo al bosque que estaba desplazado (con docenas de plantas y especies animales asociadas).

3- Que el modelo de milpas intercaladas con cafetales en las laderas más templadas y fértiles, dejando las más escarpadas y pedregosas al cultivo exclusivo del café ayudó a preservar el suelo y a mantener la humedad en toda el área.

El cafetal indígena de la Sierra es todo menos un monocultivo. La investigación etnobotánica que

llevamos a cabo a mediados de los años 1980, arrojó 184 plantas asociadas al café. De estas, 128 (69%) son consideradas por los Nahuas como "silvestres" o "no plantadas" (mochiua saj. "crece sola"; 33 (18%) son plantadas (se kitoka. "se siembra") mientras que las 21 restantes (13%) no se plantan pero se cuidan (se kikaua, mochipaujani: "no la arrancamos" "desyerbamos alrededor de ella" (vease mas adelante) Lo que significa que la mayoría de plantas asociadas en un medio ambiente supuestamente alterado por los humanos, crecen semillas traídas por el viento y por la intervención no intencional del hombre o de los animales. Las que son plantadas son los árboles frutales de después de la conquista (naranjos, limoneros, mangos...) mientras que, las especies protegidas son casi siempre plantas precolombinas que se cultivan ya sea para comer (p.e. mamey, kuoujtsapot, Pouteria sapota [Jacq] H.B. Moore & Stern) ya como adorno ceremonial (p.e. chamaqui, chama-kijisuat, Heliconia bihai L.f.) o para hacer cercas (p.e. chaca, chakaykuouit, Bursera simaruba [L.] Sarg.)

Si aplicamos la clasificación de plantas nahuat, 81 (44%) son árboles (kuouit) 34 (18%) son quelites (kilit) 27 (15%) son bejuocos (kuamekat) y las demás son distribuidas entre las otras 12 categorías taxonómicas nahuat (ver Taller de Tradición Oral y Beaucage 1987). La ecología de la Sierra explica porqué entre las plantas asociadas predominan los árboles y bejuocos. Una planta que necesite mucha luz no podrá alcanzarla bajo la doble pantalla de los cafetos y los Inga; cuando se encuentran (p.ej. mandarina, xokoklavoxochit, Citrus reticulata) están plantadas en los bordes o "boca" del cafetal (kajfentajtenoj).

Si examinamos los usos de estas plantas asociadas, 57 (31%) son plantas comestibles (se kikua), 48 (26%) se usan como remedios (xiupaj) 36 (19%) se usan específicamente como leña (tikouit) 18 (10%) como madera y 12, diversas flores y palmas, como ornamento de altares domésticos (6%). Las demás tienen usos muy especializados (cesteria, cercas, bejuocos para amarrar, etc.) 48 (26%) o se definen como "inútiles" (amo kualtia para teyi) 25 (13%).

Cuando preguntábamos a nuestros interlocutores ¿qué produce el cafetal (aparte del café)? mencionaban espontáneamente la leña que la mayoría de las familias necesitan para cocinar (3 cargas de 20 kilos por semana). Esto representa los árboles y arbustos que se consideran específicamente como "leña", categoría muy amplia que no excluye nada que pueda ser quemado. Además, el cafetal proporciona durante una buena parte del año, hon-

gos, quelites, como la mafafa morada (metstsonkilit, Xanthosoma atrovirens C. Koch et Bouché) hierbas medicinales como la hoja santa (akokojiuit, Piper sanctum [Miq.] Schlecht) y bejuocos utilizados en cesteria (como el chikikuamekat, no identificado)

En tanta diversidad, ciertas asociaciones son más importantes que otras. La más fundamental es la del cafeto (kajfenkuouit, Coffea arabica L) y varias especies del género Inga que le proporcionan su sombra (yekauil) : el chalahüite (chalauij, Inga vera Willd, subs. spuria [Willd.] León) y el jinicuil (xonekuilkuouit, Inga jinicuil [Schlecht.] Vatke) En efecto, la variedad alta y ramosa de C. arabica introducido en el área alrededor de 1860 (que hoy se llama "café criollo") crece mejor bajo una sombra que le permite de aguantar la estación seca (abril-mayo) y que protege sus flores contra los vientos violentos de fines de invierno y de verano. Parece ser que los primeros cafetaleros mestizos seleccionaron el Inga del lugar por sus propiedades particulares : crece fácilmente a partir de injertos y su crecimiento es más rápido que el de los cafetos. Así el árbol adulto va a extender sobre ellos un amplio follaje en forma de parasol a veinte metros del suelo. Además, sus hojas constituyen un excelente abono y el árbol no sufre de ser podado, lo que se impone cuando el follaje se hace demasiado denso.

El chalahüite es conocido por los indígenas del área desde hace mucho tiempo, además se usa para hacer cercas vivas, como leña y sus vainas son comestibles. Empezaron a utilizarlo como sombra a la vez que empezaron a plantar café hace tres generaciones. Pero ahí termina el paralelo con los mestizos. Porque tienen diferentes puntos de vista y técnicas que orientan su utilización de la planta. Primero, los mestizos plantan los cafetos en hileras en las laderas a una distancia de 3 metros más o menos entre cada planta, con una densidad total de 1000 plantas de café y 100 chalahuites. La poda se hace al terminar la cosecha (enero) y se hace la limpia con machete durante la estación seca (abril-mayo). Además de aumentar la producción, la poda impide que el cafeto crezca demasiado, y se pueda cosechar más fácilmente.

El cultivo indígena del café difiere en cuatro puntos importantes:

1 – En un primer período, hasta los años 1960, los nahuas guardaban la tierra de mejor calidad para el maíz y plantaron las matas de café en las pendientes más abruptas y pedregosas. Mientras los cafetaleros mestizos preferían especializarse en el café, los indígenas insistían en la necesidad

de producir por lo menos una parte del maíz que necesitan : los cultivos de mercado, como el café, deben ser para comprar lo que uno no puede producir. Como nos decía un campesino de Tetelilla : "Bonita la vida del rancho. Uno siembra maíz, lo limpia y luego lo cosecha y ya no tiene que comprar."

2 - Sembraban las pesetillas en "fosas", cuatro a la vez, en forma más irregular y a mayor distancia (4-5 metros) que los mestizos. A parte de que corresponde a un terreno más accidentado, esta técnica ayuda para el corte, pues la mata se inclina hacia fuera cuando las ramas están cargadas de grano. Y los corteros jalan suavemente las ramas hacia abajo al cosechar, para que el trabajo ulterior sea más fácil.

3 - No podaban sistemáticamente ni los cafetos ni los chalahüites, pero si cortaban ramas secas durante todo el año, para usarlas como leña : "¡Primero la leña! (¡Yekinikan in tikuouit!). La necesitamos todo el año. No sirve cortar las ramas de una vez para que se pudran después. " (Campesino nahua de San Miguel).

4 - Finalmente, y lo más importante, antes, los indígenas acostumbraban limpiar los cafetales a mano : « Siempre limpiamos a mano (Ipa timatameuaj.) Si vemos alguna yerba que sirve para curar, o algún árbol [útil] lo dejamos que crezca; si no sirve, lo arrancamos. (Campesina nahua de San Miguel).

Como resultado, en los cafetales indígenas luego crecieron (y crecen hasta la fecha) una gran variedad de plantas: sobre todo árboles y arbustos como limón, mango, zapote mamey iczote (iksot, *Yucca aloifolia* L.), pimienta (*Pimenta dioica* (L.) Merrill), junto con algún árbol de cedro o de caoba, o cualquier otro que se preservó al desmontar o cuya semilla la trajo un pájaro o una ardilla. Estos árboles también dan sombra al café, se cosechan y se podan cuando su sombra se hace demasiado densa. Alrededor del jacalito que se construye en el monte para hospedar a la familia durante los trabajos agrícolas, y en particular la larga temporada lluviosa de cosecha de café (octubre hasta enero), el ama de casa a veces siembra chiles, ayotes y flores para el altar. Durante la poda, las plantas "inútiles" se cortan en pedazos con el machete y se extienden en el suelo como abono vegetal.

Los indígenas explicaban así las diferencias entre los cafetales de los mestizos y los suyos: "Los mestizos de Cuetzalan tienen dinero y nosotros no. Compran el maíz y la leña. Buscan gente para el chapote de sus cafetales, por eso quieren que el trabajo se haga luego. Mientras nosotros lo hacemos cada día un poco, cuando vamos al rancho."

Sin embargo, la referencia al estatuto socio-económico, muy real, no lo explica todo. Volvamos a la técnica de desyerbe que, me parece, ha sido crucial para dar al cafetal indígena sus características actuales. El desyerbe de la milpa (milmeua), el más antiguo, se hace con azadón (tasaleuia, de salo, "azadón"); varios hombres trabajan en línea, cuesta arriba. Los matorrales o el zacate, se cortan con machete (tauiteki, "chapear"). Así que la forma particular de desyerbar los cafetales no vino de los mestizos ni fue adoptada mecánicamente de estas otras cosechas. ¿De donde originó?

Un examen más detallado de las asociaciones vegetales nos da la clave. Vemos que entre las plantas asociadas al café, hay 12 clases de flores; entre ellas, la hortensia y la camelia que no se siembran generalmente en el monte. Además, cuando se les preguntó acerca del "lugar" propio (ichanyojkan) de las otras 184 plantas, para 15 de ellas se contestó "al pie de la casa" (kaltsintaj) o "en el solar" (kalikampa). Esto incluye mucho de los frutales y de los arbustos útiles, además del propio café. Si miramos con atención un pueblo indígena de la Sierra, vemos que el pueblo mismo es generalmente el área más intensamente cultivada. Mucho antes de que se introdujera el café, esta área alrededor de la casa ya era cultivada en forma intensiva, con frutales, plantas de adorno y, a veces, en un pequeño corral, con plantas comestibles y medicinales. En esta área se hacía tradicionalmente el desyerbe a mano, tanto por motivos estéticos que para fomentar el crecimiento de las plantas protegidas.

Si limpias con machete (tauiteki), no dura mucho. La maleza luego vuelve a crecer y ahoga las flores; y te moja el rocío cuando caminas! (Campesino indígena de San Miguel).

Para explicar el manejo particular de la vegetación del cafetal por los indígenas, sugerimos que, cuando adoptaron este cultivo, lo que se hizo progresivamente en la primera mitad del siglo pasado, lo consideraron como una extensión de la horticultura del solar, y le aplicaron las mismas técnicas intensivas. El pequeño tamaño de los cafetales (generalmente menos de una hectárea) y el hecho que su cultivo no interfiriera con el ciclo principal del maíz (tonalmil) lo hizo posible. Así que una convergencia de factores (tenencia de la tierra, historia local, tendencias del mercado, y, sobre todo, los conocimientos indígenas del cultivo intensivo) hicieron del cafetal indígena (mucho más que el cafetal mestizo) un sustituto muy adecuado del bosque tropical de montaña que se estaba tumbando cada vez más, bajo la presión demográfica. Hasta la fecha, en un cafetal tradicional, uno camina sobre una espesa hojarasca y siente la humedad del aire, aunque no haya llovido, a la vez

que se escucha el zumbido de los insectos y el canto de los pájaros que hacen sus nidos allí.

La huella imborrable del ordenamiento territorial indígena, : la toponimia

Incluso antes de darle al ecosistema serrano su fisionomía actual por la combinación cafetal-milpa, los indígenas nahuas se lo habían apropiado simbólicamente, por la toponimia (como se puede ver en las solicitudes de adjudicación, en 1868-1869). En una lengua polisintética o "aglutinante" como el nahuatl, los nombres de lugares, o topónimos, se forman generalmente asociando una categoría espacial determinada (tepet, "montaña", at, "río"...) y un cierto número de prefijos, infijos, sufijos, en función de las reglas de construcción de los sustantivos compuestos. (El proceso es análogo al que preside a la nomenclatura vegetal). Los prefijos pueden ser sustantivos sencillos y referirse al mundo vegetal, animal o mineral; o ser adjetivos. Los sufijos son locativos. Por ejemplo, Akatepec ("en el cerro de los carrizos") contiene el prefijo aka- (radical de akat, "carrizo"), la categoría espacial tepe- (radical de tepet, "cerro") y el sufijo locativo -k "lugar de". Istakat "agua blanca" contiene solamente el adjetivo istak ("blanco") y at ("agua"). Pinauistaj "donde hay pinahuiste" (Mimosa albida Humb. et Bompl.) une directamente el sustantivo prefijo (pinauis) y un sufijo -aj : en este caso, aumentativo.

Para distinguir y nombrar los lugares, los nahuas aplican un número limitado de principios de clasificación y de denominación a ciertos tipos de discontinuidades del paisaje, donde los elementos pueden ser diferenciados o reagrupados de varias maneras. Además, en una cultura oral como la cultura nahuatl, el principio de economía de los medios se aplica: entre los múltiples elementos topográficos posibles, solamente algunos son privilegiados en la nomenclatura. De esta manera, un número limitado de sustantivos de base se vuelven más "productivos" por medio de derivados (ver más adelante). Es necesario notar que a diferencia de los nombres de animales o de los nombres de plantas y de las categorías de lugares, los topónimos constituyen nombres propios, es decir que deben delimitar un elemento singular (esta montaña o este río) y no una categoría ("roble", "venado" o "ladera").

En lo que se refiere la toponimia, la presencia de numerosos nombres de plantas, animales y minerales en los topónimos, sugiere que el factor utilitario puede ser importante. Para verificarlo, nos basamos en una lista (que parece exhaustiva) de 304 topónimos utilizados para designar su territorio, por una unidad social bien diferenciada, el mu-

nicipio auxiliar de San Miguel Tzinacapan. Si bien esta comunidad de poco más de tres mil habitantes, pertenece administrativamente al municipio de Cuetzalan, también posee fronteras bien precisas tanto en el plano físico (un espacio inhabitado la separa claramente de sus vecinas), como en el socio-político (es bastante endógama y tradicionalmente celosa de su autonomía).

Las relaciones simbólicas con el entorno

Para entender los elementos que entran en la toponimia, hay que tomar en cuenta que los nahuas poseen conocimientos botánicos y zoológicos extremadamente amplios que atestiguan una familiaridad secular con su medio ambiente (Taller de Tradición Oral y Beaucage 1987, 1990). Este saber comprende una descripción detallada de las micro zonas donde se encuentran los cientos de géneros de animales y de plantas identificadas (Taller de Tradición Oral y Beaucage, 1988). Igualmente, en lo que toca a la agricultura, conocen con precisión el potencial de los diferentes suelos, en función a la vez de sus propiedades físicas (arenosos, arcillosos, rocosos...), de la pendiente y de la altura (que varía, del norte de la jurisdicción de San Miguel, al sur entre 1,000 y 300 metros s.n.m.). Saben que el café crece muy bien en las pendientes rocosas de las montañas (tepet), mientras que el maíz prefiere la tierra de las lomas e incluso las pendientes arenosas del extremo norte; sin embargo, allá la cosecha de maíz se perderá con que la estación seca se prolongue, y vale más, sembrar en las depresiones húmedas (tauakal) o en los huecos de las hondonadas (tatekoch). Por otra parte, cafetales y árboles frutales prosperan al abrigo de las heladas esporádicas que golpean las tierras situadas más al sur.

Para los nahuas, su terruño es a la vez natural y encantado. Los conocimientos naturales que recogimos incluyen los diferentes tipos de suelo (arenoso, arcilloso, pedregoso) y los rendimientos que se pueden alcanzar. También la localización de recursos como el jonote (xonokuouit, *Heliocarpus* sp), cuya corteza proporciona las fibras para tejer huacales; las fosas abundantes en peces; la calidad del agua de diversas fuentes; tal sitio donde se encuentran buenas piedras de afilar (tajchik-teko) etc. A la vez, se nos identificó las veredas donde aparecen las ánimas de aquellos que murieron de muerte violenta, las grutas donde habitan los ogros (masakamej, tepeuanimej) y las zonas donde los duendes (talokej), hacen bailes nocturnos al son de la música. Las aguas están particularmente cargadas de influencias sobrenaturales:

las lagunas que vigila la serpiente alada, Kuesalkouat, y sobre todo, las inmediaciones de los ríos grandes que frecuentan las almas de los ahogados y aquellas de los niños pequeños, muertos del “espanto del agua”. Pues, igual como el contacto demasiado brusco con los elementos naturales (el agua, la tierra, el fuego y los aires), el encuentro con los seres sobrenaturales provoca el susto o espanto (nemoujtil). El susto vuelve enfermo, puede hacer perder la razón e incluso causar la muerte, a menos que un curandero competente rompa el embrujo. Si bien los campos y los bosques son relativamente seguros durante el día, por la noche es mejor quedarse en el pueblo, y de preferencia en la casa, protegido por las imágenes del altar doméstico.

Las relaciones simbólicas entre la tierra y sus habitantes implican una dimensión onomástica particular: tradicionalmente, es la tierra la que da su nombre a la gente. Así, los habitantes de Kuoumaytaj (“donde crece el cuamaite” - *Ocotea dendrodaphne Mez*) son los Kuomaymej; un hombre que cultivaba en Kapoltitan (“más abajo del capulín” - *Clidemia spp.*) era llamado Pedro Kapol. Tenemos anotados doce de estos “nombres residenciales”. Transmitidos sobre todo en línea paterna, debido a la residencia patrilocal preferencial, parece que fueron muy utilizados hasta principios del siglo XX, antes de ser remplazados por los patronímicos legales. Varios han quedado como apodos. Por el contrario, once antropónimos se han convertido en nombres de lugares: Aguilarko (“lugar de los Aguilar”), Pelonko (“lugar del calvo”), etc. Sin embargo, existe una jerarquía muy clara entre las dos formas; así, como decía un interlocutor: “Llamamos [este lugar] Aguilarko porque aquí viven los Aguilar, pero el nombre de la tierra es Chilkuoujtaj (“lugar de chilkuouit” *Picramnia antidesma Swarz*).

La clasificación de los lugares: la etnotopografía nahuatl

La categoría más general que existe en nahuatl para designar el lugar es *taltikpak* (*taltik*, “terroso”; -pa[n], sufijo locativo “sobre, en medio de”; -k[o], sufijo locativo “sobre,”). Se refiere a la superficie material de la tierra, distinto de *talmanis* (*tal*, “tierra”; -manis, sufijo locativo “plano”) que designa su superficie abstracta y de *semanauak* (*se*, “un”; *mana*, extenderse; -ua, sufijo locativo colectivo; -k, sufijo locativo “sobre, en medio de”) que corresponde al “universo”. Hemos encontrado 41 términos utilizados para designar los tipos de lugares (ver Figura 1 : Topografía nahuatl). Los principales son :

1 - La montaña o cerro (*tepet*), cuyas partes remiten a una metáfora antropomórfica : la cumbre o “cabeza” (*tepekuako*, “en la cabeza del cerro”) con su borde o “boca” (*tepeten*), sus peñascos verticales o “piernas” (*tepexit*), sus flancos o “muslos” (*tepekespan*) y su pie o “ano” (*tepetsintan*)¹⁸, con frecuencia lleno de desprendimientos (*taxitin*) y de rocas esparcidas (*teyeual*).

Las grutas o “casas de piedra” (*tekal*) son numerosas y se las considera como las entradas al mundo subterráneo (*Talijtik*), moradas de ogros y de gnomos y vigiladas por las serpientes (*kouamej*). Las rocas sedimentarias afloran constantemente, tomando a veces la forma de una “escalera” (*teskaleraj*) o “sembradas al vuelo” (*temimil*). Los pueblos se establecen con mucha frecuencia a la mitad de la pendiente, en los pocos espacios relativamente planos (*tamayan*) cerca de las fuentes de agua (*apan*) permanentes. Más allá de las orillas (*tatempan*, “cosas-su-boca”), más abajo (*tatampa*, “cosas-por debajo” o *taltsintan*, “tierra-su-ano”), aparecen las lomas o “cabezas de tierra” (*talkuait*), con sus laderas o “muslos” (*takes*), que pueden extenderse en un pequeño llano (*tamanis*) o estar separadas por depresiones (*taukal*), atascaderos (*akuakualachtaj*), barrancos (*tatekoch*) y simas (*ostok*). Los lugares particularmente accidentados, rocosos y cubiertos de maleza, se designan de manera global por el término *ouijkkan* (“lugares difíciles”).

2 – Entre las aguas terrestres (*at*, “agua”) está el arroyo (*atauit*). Río arriba (*apankuako*, “arroyo-su-cabeza”), el arroyo proviene de una fuente (*apan*, *atmemeya*) y se desliza entre sus riberas (*su* “labio” o “boca”, *atenoj*, *ataujtenoj*). Río abajo (*atsintan*, “agua-su-ano”), crece a cada confluente (*atsalan* “entre aguas”, *atmonamiki*, “agua-se-encuentra”), y se convierte en río (*ueyat*, “agua grande”) y sus riberas escarpadas toman aspecto de acantilados (*tepamit* “paredón”); allí donde el agua es oscura (*tiltikat*) se encuentran las fosas (*axoxouil*, “agua verde”), ricas en peces y en acamayas. A veces el río se divide (*amaxal*), desaparece (*atpoliui*) en una sima (*ostok*), borbotonea (*atmolon*) o salta en una cascada (*atpauetsi*, *atpanchachalaka*), cavando una caldera (*akonko* « en la olla de agua », *ajpasapan*, “en el apastle de agua”); a veces, se amplía en un estanque (*amayán*) o en un lago (*amanis*). En unos lugares tranquilos, el agua brilla (*ixpepetaniat*) y cerca, se encuentra el vado (*panaloyan*). En las tierras bajas del norte, el agua se pierde a veces en una ciénaga (*chiauit*), en tanto que las fuentes de agua potable se vuelven escasas.

3 - Otras categorías de lugares, mucho menos numerosas, se refieren a las características edafológicas del suelo. En la zona montañosa del sur, los lugares pedregosos (tejtetaj) abundan, mientras que más abajo se encuentran los espacios de buena tierra (talpan, "sobre la tierra"), con frecuencia arcillosa o lodosa (sokitaj, chichilsokitaj, "lugar de barro [rojo]"). Algunas son secas (talpakpan), debido con frecuencia a la fuerte pendiente. Más al norte, el suelo es arenoso (xaltal, "arena-tierra"). Las tierras que reciben las aguas de los ríos, son consideradas como permanentemente húmedas (atal, "agua-tierra") y "frías", mientras que los arenales del norte (xallomaj, "arena-loma") tienen reputación de "calientes" debido tanto al calor que reina como al suelo que absorbe rápidamente la lluvia.

4 - Otro conjunto de categorías de lugares se refiere a la vegetación, cuyo nombre genérico (kuoujtaj, "lugar de árboles") designa también, de manera global, el espacio no habitado, ya sea cultivado (rancho) o salvaje, por oposición al pueblo (xolal). Se distingue la selva primaria (kuoujijtik, "al interior de los árboles") de los chaparrales (tapachiuuis) y de los yerbazales (xiujtaj, xiujkaual). Las transformaciones introducidas por los humanos sirven también de referencia sean éstas permanentes, como en el caso de los cafetales (kajfentaj), de las plantaciones de caña de azúcar (ouataj) y de potreros (ixtauat) o temporales, como los maizales (milaj) y frijolares (etaj) que alternan con los acahuales (ejkauj).

Para los conjuntos 3 y 4 se impone la finalidad agrícola: cada uno de los tipos de suelo que existen son más adecuados para ciertos cultivos y excluyen a otros. Como lo hemos indicado más arriba, el café se da bien en las pendientes pedregosas donde no se puede sembrar maíz. Este último se da mejor si se planta en tierra plana (talpan), bien regada, donde pueda sembrarse año con año; en suelo arenoso o pedregoso tiene rendimientos más bajos. Los frijoles son más exigentes; necesitan una tierra con varios años de barbecho y la quema de la maleza (tajsol) antes de sembrar, a fin de enriquecer el suelo.

5 - Un último conjunto de categorías se refiere a un espacio que es a la vez el resultado permanente y el marco de la acción humana, a saber, el pueblo mismo (xolal). El espacio pueblerino (xolalpan, "en el pueblo") se subdivide en un espacio público que comprende la fuente (apan), la calle (ojti, kayej), la iglesia (tiopan), el palacio municipal (palasioj), la escuela (tamachtilyan), el zócalo (palasiojtenoj) y el atrio de la iglesia (tiopantenoj) a los que se han agregado la cancha de basquetbol

(kanchaj), la cooperativa (koperativaj), el molino de maíz (molinoj). A este espacio público se opone un espacio privado delimitado por la casa (kali) y el terreno adyacente del lado de la calle (kaltenoj, "casa-su-boca"), que comunica con el espacio público. Frente a la puerta de entrada, el altar doméstico protege a los habitantes del hogar de las fuerzas malignas. El patio trasero (kaltsintaj, "casa-su-ano"), cerrado y estrictamente reservado a los miembros del grupo doméstico, al igual que la cocina donde se encuentra el fogón (tikontenoj, "fuego-olla-su-boca").

Los topónimos

Al ser interrogados sobre el origen del nombre de un lugar, los nahuas contestan generalmente: "Son los antiguos quienes le pusieron el nombre" (in tatajmej kitokaytijkej). Y respecto a la forma de como estos lugares fueron nombrados, nuestros informantes precisan: "Primero, ellos vieron como es el lugar -keniuj in iujtok-, después les dieron un nombre". Una vez que el topónimo está establecido, este tiende a permanecer indefinidamente, poco importan las transformaciones posteriores del paisaje¹⁹. La característica general de los topónimos nahuas es que son "analizables", quiere decir que son casi siempre nombres compuestos de elementos significativos. Comparten este carácter con gran número de plantas (Taller de Tradición Oral y Beaucage, 1987) y, en un grado mucho menor, con los nombres de animales.

En los 304 nombres de lugares recolectados en la jurisdicción de San Miguel Tzinacapan, hay muy pocas repeticiones, ya que el mismo nombre se utilizó sólo dos veces en 16 casos, tres veces en cuatro casos y cuatro veces en un caso. (En todos estos casos se trata de lugares considerados de importancia secundaria, cuyos nombres se conocen únicamente en las inmediaciones). Los nombres de lugares incluyen las categorías topográficas que acabamos de estudiar, pero también decenas de referencias a las especies de árboles y de animales, a los minerales, así como a las fuerzas sobrenaturales.

En los 216 casos en donde una categoría de lugar está utilizada (63.7%), se acompaña necesariamente de un prefijo referente -nombre de planta, de animal, de mineral, de artefacto, color, etc.: Texkaltepet ("montaña de basalto"), Mapachat ("arroyo del mapache"), etc. Como indicamos arriba, en el caso de la montaña, se agrega el sufijo locativo -k o -ko ("sobre") para indicar que se trata de un lugar habitado: Tekoltepet ("montaña de brasas") es un cerro, pero Tekoltepek es el caserío

que se construyó encima. En el caso del agua, el determinante podrá ser un verbo, colocado generalmente después, expresando al propio y al figurado, todos sus movimientos y todos sus estados: agua que se separa (maxal), que brota (memeya, posoni), que chifla (tenkikisa), que resuena (kojkomoka), que salta (chachalaka), que cae (pauetsi), que se pierde (poliui), que brilla (pepetakani). En comparación, pocas actividades de humanos están mencionadas: sólo el baño (bañaderoj), el cruce del vado (panoloyan) y el hecho de poder ver a lo lejos (sesempani, ixtauat).

El tercio de los topónimos no contiene ninguna categoría de lugar explícita; entonces al determinante se agrega directamente un sufijo, la mayoría de las veces un sufijo locativo: -ko o -k ("sobre"), -pan ("en, en medio de"), -ten, tenoj ("al borde de"), -ikan ("atrás de"), -titan ("abajo de"), -tikpak ("arriba de"), -kuako ("a la cabeza de"), -tsintan, -ikxitan ("al pie de"). Tenemos topónimos como Tsojpijko ("lugar del zopilote") o Uaxtitan ("abajo del guaje - Leucaena leucocephala [Lam.] De Wit). A veces el sufijo es un colectivo: -aj o -taj, o el colectivo-posesivo -yoj: por ejemplo, Xokotaj ("el naranjal"), Akayojtok ("el carrizal"). En muchos casos, sobre todo en las tierras bajas más recientemente desbrozadas, un patrónimo sirve de determinante: Calderonko ("lugar de los Calderón"), Ramirojko ("lugar de los Ramiro").

Más que multiplicar los topónimos por los lugares adyacentes, la nomenclatura nahuat prefiere pegar al mismo prefijo sean diversos sufijos, sean las categorías de lugares distintos: los llamaremos los topónimos derivados. La multiplicidad de sufijos locativos permite incrementar sensiblemente la "productividad" de los topónimos de base: Akatepet, la "montaña a los carrizos" da como topónimo derivado Akatepek ("sobre..."), Akatepeikan ("detrás de..."), Akatepetsintan ("al pie de..."), etc. Igualmente se pueden formar derivados agregando otros sustantivos a nombres existentes: al lado de Kueskomatepet ("la montaña-granero-de-maíz"), tenemos Kueskomatepetauakal ("la hoya de la montaña-granero-de-maíz"). La toponimia se presenta entonces como un sistema jerarquizado alrededor de cierto número de nombres de lugares principales y de una multitud de lugares secundarios.

Conclusión

Este sobrevuelo de la historia social y cultural del municipio de Cuetzalan, de la construcción de su ecosistema, en particular del municipio auxiliar de San Miguel Tzinacapan, permite afirmar que este

terruño ha sido y es objeto de un "ordenamiento territorial" espontáneo por parte del pueblo nahuat desde hace varios siglos. En tiempo de la "república de indios" los campesinos indígenas hicieron sus milpas y aprovecharon recursos forestales (leña, madera, animales...) en los diferentes puntos del territorio, en una forma relativamente autónoma. Fue por entonces cuando marcaron su territorio con una rica toponimia: vemos esta mencionada cuando los campesinos denuncian sus parcelas para obtener títulos privados después de las leyes de desamortización, en los 1860. El examen de la toponimia revela un sistema de una gran precisión (evita las repeticiones) y de una gran riqueza (transmite muchas informaciones descriptivas). A pesar de que la mayor parte de las personas conocen sobre todo los topónimos de la jurisdicción donde viven y de los lugares que frecuentan, el hecho que los topónimos son casi siempre analizables y forman un sólo sistema hace que la gran mayoría de los nativos pueda proponer una interpretación con respecto a su significado e incluso a su origen. Eso nos permite afirmar que su función fundamental es la apropiación colectiva del terruño por el pueblo nahuat.

El ecosistema actual fue creado después de la privatización de las tierras, cuando los cultivos permanentes se añadieron progresivamente a las milpas. Podemos afirmar que el cafetal tradicional indígena constituye una respuesta a la vez económica y ecológica al crecimiento demográfico constante durante el último siglo y medio y permitió la apropiación física del territorio. Al mismo tiempo, bajo la presión de los mestizos y por el juego de las herencias de las parcelas, una parte de la población dejaba los tres pueblos iniciales del sur (Cuetzalan, San Miguel y San Andrés) y se iban creando los caseríos y pueblos que le dan hoy su fisionomía al municipio.

Referencias

BEAUCAGE, Pierre, 1974 : « *Ethnhistoire et marxisme. Étude d'une région périphérique de l'empire aztèque.* » *Anthropologica*, Vol XVI, (no 1) : 3-40.

De la MOTA Y ESCOBAR, Alonso (1609-1624) 1940: « *Memoriales del Obispo de Tlaxcala, Fray Alonso de la Mota y Escobar. Visitas 1609-1624* » *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia*. Tomo 1, p. 191-306.

GARCÍA PAYÓN, J. (dir.) *Descripción del Pueblo de Gueytalpan por el alcalde mayor Juna de Carrión (1581)*. Xalapa, Universidad Veracruzana (Cuadernos de filodofía No 23)

GIBSON, Charles, 1964 : *The Aztecs under Spanish Rule : A History of the Indians of the Valley of Mexico. (1519-1810)*. Stanford, Stanford University Press.

GONZÁLEZ, Juan (1581): « *Relación de Xonotla y Tetela* » in *Papeles de Nueva España* (Francisco Paso y Troncoso, ed.) Madrid, Gobierno Mexicano, 1905, Vol. 5, p. 124-173.

PALAFOX y MENDOZA, Juan (1643-1646) : *Relación de las visitas que realizó el ilustrísimo y excelentísimo obispo de la Puebla de los Ángeles don Juna Palafox y Mendoxza* (Juan Manuel Pérez Zevallos, ed.) Madrid, Biblioteca Nacional, ms 4476.

PARÉ, Luisa, 1975 : "Caciquismo y estructura de poder en la Sierra Norte de Puebla" in *Caciquismo y poder político en el México rural* (R. Bartra et al.). México, Siglo XXI: 31-61.

JÁIMEZ, G, C. RÁMIREZ Y P. VALDERRAMA, 1992 : *Tjuan titalnamikij... Nosotros recordamos el pasado*. Puebla, Gobierno del Estado de Puebla, Secretaría de Cultura (Comisión Puebla V Centenario).

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC, 1994 : *Tejuan tikintenkalliyaj toueytatajuan... / Les oíamos contar a los abuelos*. Etnohistoria de San Miguel Tzinacapan. Pue. México, INAH.

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC y Pierre BEAUCAGE, 1987 : « *Catégories pratiques et taxonomie: notes sur les classifications et les pratiques botaniques des Nahuas (Sierra Norte de Puebla (Mexique))* » *Recherches Amérindiennes au Québec*, Vol. 17 (no 4), p. 17-36.

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC y Pierre BEAUCAGE, 1988: *Maseualxiujpajmej - plantas medicinales indígenas*. (avec le Taller de Tradición Oral) Puebla, Pue. DIF.

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC y Pierre BEAUCAGE, 1997a: « *The Traditional Indian Coffee Orchard of Eastern Mexico* » *Journal of Ethnobiology*, Vol. 17 (no 1), p. 45-68

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC y Pierre BEAUCAGE, 1997b : « *La bonne montagne et l'eau malfaisante. Toponymie et pratiques environnementales chez les Nahuas de basse montagne (Sierra Norte de Puebla (Mexique))* » *Anthropologie et Sociétés*, Vol 20 (3) : 33-54.

TALLER DE TRADICIÓN ORAL del CEPEC y Pierre BEAUCAGE, 2003 : « *La mujer el oso y la*

serpiente en dos mitos nahuas ». *Cuadernos del Sur*, Vol. 9 (no 19), p. 59-74.

THOMSON, Guy P.C., 1991 : « *Agrarian Conflict in the Municipality of Cuetzalan (Sierra de Puebla) : the Rise and Fall of Pala Agustín Dieguillo 1861-1894* » *Hispanic American Historical Review*, Vol 71, no 2 p. 205-258.

THOMSON, Guy P.C. y David G. LA FRANCE 1999a : *Patriotism, Politics and Popular Liberalism in Nineteenth-Century Mexico*. Juan Francisco Lucas and the Puebla Sierra. Wilmington (Delaware), Scholarly Resources.

THOMSON, Guy P.C., 1999b : *Town histories, military memoirs and recent oral accounts of the European Intervention in the Sierra de Puebla, 1868-1991*. (Conferencia presentada en el congreso del American Historical Institute for Latin America, Oporto [Portugal] 21-25 de septiembre)

Notas al pie

1. Pierre Beaucage es un antropólogo canadiense que realiza investigaciones en la Sierra Norte de Puebla. En 1985, inició una investigación a largo plazo sobre etnobiología y etnohistoria, en colaboración con el Taller de Tradición Oral de San Miguel Tzinacapan.

2. Formado en 1979 en San Miguel Tzinacapan, Cuetzalan, Puebla, a la iniciativa del profesor Alfonso Reynoso Rábago, el Taller se dedica al rescate de la tradición oral nahuat de la región, así como a su estudio y a su difusión.

3. Definimos aquí el concepto de territorio en su sentido antropológico. O sea « como integración del espacio a la cultura » (Vease el Programa de ordenamiento ecológico local del territorio del Municipio de Cuetzalan (POELT), por el Comité de Ordenamiento Ecológico de Cuetzalan (COET), Cuetzalan, 15 de octubre 2010., p.1.

4. Vease, entre otros, Taller de Tradición Oral y Pierre Beaucage : « *The Traditional Indian Coffee Orchard of Eastern Mexico* » *Journal of Ethnobiology*. 1997a, Vol. 17 (no 1), p. 45-68; « *La bonne montagne et l'eau malfaisante. Toponymie et pratiques environnementales chez les Nahuas de basse montagne (Sierra Norte de Puebla (Mexique))* » *Anthropologie et Sociétés*, 1997b, Vol 20 (3) : 33-54; « *Una mirada indígena sobre naturaleza y cultura. La mujer, el oso y la serpiente en dos mitos nahuas* ». *Cuadernos del Sur*, 2003, Vol. 9 (no 19), p. 59-74.

5. Vease el Programa de ordenamiento ecológico local... op. cit., p. 4

6. La estimación del CUPREDER es que « el bosque mesófilo de montaña o monte alto, que originalmente cubría 50% del territorio municipal de Cuetzalan. sólo ocupa en 2009, 2523 hectáreas o sea 14% del territorio, habiendo perdido 1,138 has en tan sólo 30 años (POELT, p. 3). La selva mediana subperennifolia, que pudo ocupar el 40% de la superficie, perdió en el mismo lapso 470 has y sólo ocupa en 2009 el 0,81%, con 147 has (ibid. p. 2-3).

7. Según las mismas estimaciones, en 2009, 2148 has estaban dedicadas al cultivo de maíz, o sea un poco menos que en 1979 (2265 has). Mientras que el cafetal bajo sombra pasó, en el mismo lapso de tiempo, de 2534 has a 4816 (o sea un incremento de 90%). La superficie de pastos, por su parte, disminuyó de 1.041 has, pasando de 3,278 a 2,236 has (ibid. p. 3)

8. Por ejemplo, argumentan que va a tener que abandonar sus cultivos "con los que pagan los tributos", mientras que en octubre, la cosecha principal de maíz ya está hecha. Afirman que el clima de Xalapa es muy dañino para ellos, siendo este el mismo que el de la Sierra baja... (Archivo Histórico del Municipio de Libres, 30/10/1720).

9. En 1792, la Sierra Norte de Puebla en su conjunto 138 773 habitantes, o sea el 27% de la Intendencia de Puebla (506 654 habitantes); de aquellos, 17% eran clasificados como « españoles » y 83% como « indios ». (Vease Guy P.C. Thomson 1999 : 25).

10. Con el tiempo, se establecieron relaciones de intercambio provechosas para ambos grupos, como lo declaraba, más tarde, un campesino de Xocoyolo : « Les vendemos maíz, porque ellos prefieren vender sus granjerías y comprar el grano que les haga falta » (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, c. 1870)

11. Ese origen en una congregación colonial, y no directamente en un pueblo prehispánico, es lo que incita García Martínez (1987) a incluir Cuetzalan dentro de la categoría « pueblos de los santos » es decir, pueblos creados a iniciativa de la Iglesia. Podemos describir el proceso sociopolítico que siguió como una reapropiación por los indígenas de esas estructuras religiosas y civiles.

12. Entre 1792 y 1869, la población total de la Sierra creció a un ritmo de 0,4% por año, o sea el doble del crecimiento del Estado de Puebla (Thomson 1999 : 25).

13. Taller de Tradición Oral 1994 : 101-124. Detrás de la leyenda de los « zacapoaxtlas » está la presencia efectiva en Puebla, el 5 de mayo 1862, del Sexto Batallón, formado de 150 hombres de Xochiapulco y Cuetzalan, bajo las órdenes de Juan Francisco Lucas y de Francisco Agustín Dieguillo. El 2 de abril 1867, en la batalla decisiva en Puebla, Dieguillo estaba a la cabeza de una compañía completa de cuetzaltecos, bajo el mando de Lucas (Thomson 1999a : 77, 133).

14. Maldonado, citado por Thomson, 1999b : 9.

15. Thomson 1999a : 133-134. Encontramos múltiples denuncias de parcelas en los años 1868 y 1869 (Archivo Histórico del Municipio de Cuetzalan, *passim*). Unos años más tarde, frente a los intentos de las autoridades municipales de cobrar réditos por las tierras adjudicadas, la Jefatura Política de Zacapoaxtla contesta al alcalde de Cuetzalan : « Los poseedores o arrendatarios del común desde tiempo inmemorial no están obligados a ningún censo ni gravamen [...] pues debe darseles en absoluta propiedad supuesto que de antemano los poseían con este carácter » (ibid. 20/03/1877).

16. Esta es la visión que se desprende del estudio de Thomson, quien trabajó esencialmente, es importante notar, a partir de los informes que los adversarios políticos de Palagostí, la burguesía mestiza de Cuetzalan, mandaban a la cabecera del distrito. Desde los archivos del pueblo indígena de San Miguel Tzinacapan, la visión es distinta.

17. Este ejido, situado cerca del río Cuichat, fue a su vez privatizado después de la muerte de Palagostí, cuando el poder municipal pasó a manos de la élite mestiza.

18. Encontramos la misma metáfora en el caso de las partes de los vegetales como el árbol: las hojas son las "manos-hojas" (maxiuit), las ramas son sus brazos (kuamait), la corteza, su "piel" (kuoujeuat) y el tronco, su « muslo » (kuoujkes).

19. En los únicos casos de cambios que nos fueron reportados fueron los habitantes reunidos en asamblea que decidieron modificar el nombre de la aglomeración. Por ejemplo, luego de la apertura de la carretera Cuetzalan-Zacapoaxtla, los habitantes de Ekimitaj, abajo de Tzinacapan, descubrieron que otro poblado, situado arriba, tenía el mismo nombre que ellos y lo cambiaron por el de un lugar vecino, Ayotsinapan. También, los habitantes de Tauakal ("la cuenca") se dejaron convencer por los maestros de que era mejor optar por un topónimo "más adecuado" (es decir, más conforme fonemáticamente a la toponímica mexicana), Xaltepec "en la loma de arena".

Propuesta de algoritmos para análisis hidrológico y álgebra de mapa en sistemas webmapping

Proposed algorithm for hydrological analysis and maps` s algebra in webmapping systems

Lidisy Hernández Montero y Romanuel Ramón Antunez, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Mileidis Nieves Calzadilla, CUM Banes, Cuba

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten la ubicación y gestión de datos georreferenciados con el fin de hacer más factible y puntual la toma de decisiones dado su nivel de exactitud. Actualmente el desarrollo de aplicaciones webmapping presenta un auge creciente y tienen como principal objetivo realizar la representación geoespacial de la información asociada a negocios específicos, permitiendo además realizar análisis sobre dicha información. Actualmente tienen como necesidad el desarrollo de funcionalidades que permitan el álgebra de mapas y análisis hidrológico para el cálculo entre los mapas y la modelación de los diferentes procesos hidrológicos respectivamente. En el presente trabajo se presenta como solución al problema una propuesta de algoritmos que permitirán la implementación de dichas funcionalidades en sistemas de este tipo.

Para lograr el objetivo general se realiza el estudio de diferentes modelos matemáticos y algoritmos eficientes que permitan agilizar el desarrollo.

Palabras Clave: Álgebra de Mapas, Análisis Hidrológico, Sistemas de Información Geográfica.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS) allow the location and management of georeferenced data in order to make it more feasible and timely decision-making given its level of accuracy. Currently developing webmapping applications has a growing importance and are aimed to make the representation of geospatial information as-associated with specific businesses, and also allows analysis on that information. Currently have the need to develop capabilities that allow the algebra of maps and hydrologic analysis for the calculation between the maps and the modeling of different hydrological

processes respectively. In the present work is presented as a proposed solution to the problem of algorithms that allow the implementation of these features in such systems.

To achieve the overall objective will be the study of mathematical models and efficient algorithms that allow faster development.

KeyWords: *Geographical Information Systems. Hydrologic Analysis, Map Algebra,*

Introducción

La complejidad diaria de la obtención de la información y los nuevos retos de la naturaleza contribuyen a que sea aun más necesaria la búsqueda de una solución más rápida y óptima para el proceso y gestión de diversos enigmas que surgen a partir de problemas planteados por las personas, o surgidos a raíz del constante cambio de la humanidad. La identificación, posesión y manipulación de los datos geográficos obedece a una necesidad ancestral de la humanidad; por lo que diferentes problemas existentes en la actualidad solo pueden ser resueltos por la geografía o nuevas tecnologías que permiten la obtención y uso de la información en diferentes campos de la sociedad.

Las opciones de intercambiar, integrar o analizar datos, facilitan, agilizan y favorecen el proceso para la toma de decisiones. Los usuarios pueden combinar datos e información real con datos locales, visualizarlos, hacer consultas y análisis pertinentes. En nuestros días la aplicación de estas herramientas han pasado del uso investigativo y profesional para tener una actividad más social e interactiva con los usuarios, ejemplo son Google-Map, GoogleEarth, entre otras, los que han propiciado la búsqueda y desarrollo de alternativas de programas geográficos de fuente abierta para usos Web.

Estos sistemas web cuenta generalmente con múltiples funcionalidades todas en función del manejo, gestión y análisis de la información geográfica. Dentro de las funcionalidades para el análisis del terreno en las aplicaciones SIG convencionales se encuentra el álgebra de mapas y análisis hidrológico, funcionalidades de las que carecen actualmente la mayoría de las aplicaciones WebMapping; existiendo definidos diversos modelos para su desarrollo.

Partiendo de esto, en el siguiente artículo se hace un estudio de los diferentes modelos y algoritmos existente tanto para el álgebra de mapas y análisis hidrológico, para obtener una comparación de los mismos y poder arribar a una propuesta. Tratando de esta forma de dar respuesta a la optimización del proceso de desarrollo de estas funcionalidades para aplicaciones WebMapping

Para darle solución a este problema se tiene como objetivo general: Obtener una propuesta de algoritmos para la representación de modelos de álgebra de mapas y análisis hidrológico en la Plataforma GeneSIG.

Contenido

El álgebra de mapas es el conjunto de procedimientos y métodos que permiten llevar a cabo dicho análisis y extraer nuevos valores a partir de los contenidos en uno o varios mapas. El álgebra de mapas engloba el conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato raster, permite obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos. Aunque nada impide que este proceso se lleve a cabo sobre capas vectoriales, se entiende que el álgebra de mapas hace referencia al análisis desarrollado sobre capas raster, pues estas, por su estructura regular y sus características inherentes, son mucho más adecuadas para plantear los algoritmos y formulaciones correspondientes. [1]

Dentro del álgebra de mapas se encuentran cuatro tipos de funciones definidas por como toman la información de las celdas de la capa inicial necesaria para su cálculo:

- Local: Como el nombre lo indica, el resultado de la información de la nueva celda es en función de la celda inicial, es decir, la capa resultante va a tener en cada celda el valor

en función del valor de la celda en la capa inicial.

- Focal: La información de las celdas en la capa resultante van a ser en función de la celda correspondiente en la capa inicial y de las situadas en un entorno definido alrededor de la misma.

- Zonal o Regional: El valor de cada una de las celdas de la capa resultante es función del valor de todas las celdas que están conectadas con ellas que tengan un mismo valor para una de las capas de entrada

- Global: El valor final de la función se obtiene a partir de todas las celdas de la capa inicial.

Un modelo hidrológico por su parte es una representación simplificada del sistema real cuyo objetivo es estudiar la operación del sistema y predecir su salida. Sus entradas y salidas son variables hidrológicas y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas con las salidas, las cuales pueden expresarse como función del tiempo. Abarcan una gran diversidad de problemas y funcionalidades tales como modelado de ríos y cuencas, calidad de aguas, predicción de crecidas y riesgos hidrológicos. [2]

Descripción de modelos matemáticos

1. Álgebra de mapas

Dentro del álgebra de mapas se encuentran cuatro funciones, las cuales son utilizadas según la entrada de los datos y el cálculo que se va a realizar, estas son clasificadas en: locales, focales, zonales o regionales y las globales. Ver Figuras 1, 2, 3 y 4.

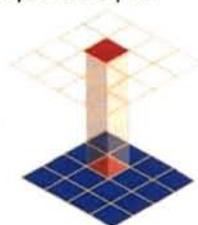


Figura 1. Función Local

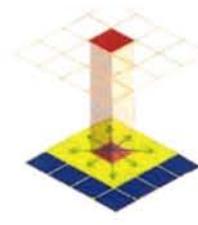


Figura 2. Función Focal

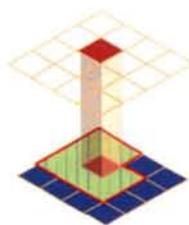


Figura 3. Función Zonal

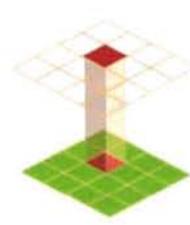


Figura 4. Función Global

Las variables principales del álgebra de mapas son los mapas en formato raster y diferentes valores escalares que se pueden combinar con los an-

teriores, como también se puede ver en las diferentes funciones que estas se realizan con una capa o varias capas.

Existe el caso de que cuando se realicen las funciones entre dos capas las dos tengan la misma estructura, lo que hace el proceso menos complejo debido a que poseen las mismas dimensiones las ventanas, un mismo tamaño de celdas y la misma georreferenciación. Pero si las capas tienen diferentes estructuras y procedencias se tiene que realizar un remuestreo, es decir, cuando se tienen dos capas con dimensiones $n \times m$ y se necesita calcular las celdas correspondientes a cada capa, entonces se tiene que hacer un remuestreo debido a la diferencia que existe entre ellas.

El remuestreo es la preparación de las capas para adecuarlas a un mismo marco geográfico sobre el aplicar las funciones del álgebra de mapas de forma adecuada. Si este marco consiste en una malla de $n \times m$, y las coordenadas de cada celda i, j son respectivamente x_{ij} e y_{ij} , deben calcularse los valores de las capas en esas coordenadas a partir de los valores en los marcos de referencia originales. Para el remuestreo se utilizan diversos métodos como:

Por vecindad: Calcula la nueva malla situando valores que se calculan por mera vecindad, tomando el de la celda más cercana.

Este método suele llamarse interpolación de orden cero y se resuelve con una función de redondeo. Al punto de coordenadas reales (x, y) se le asigna la altitud del elemento de la matriz más cercano; la fila corresponde con el entero más próximo a la coordenada y , y la columna con el de la coordenada x :

$Z_{x,y} = Z_{i,j}$; donde $i=x$ y $j=y$, x, y valores aproximados del punto de coordenadas reales (x, y) al punto problema.

Esta opción no suele ser aceptable en el tratamiento de los modelos digitales, donde se desean errores reducidos, tanto en el plano XY como en la altitud. Es más interesante la realización de una interpolación bilineal utilizando los 4 valores más próximos al punto problema. [3]

Interpolación bilineal: Para una celda i', j' en la nueva malla, está dada por la fórmula siguiente trabajando con las 4 celdas más cercanas a ella.

$$z(i', j') = z(i, j)R(-a)R(b) + z(i, j+1)R(a)R(-(1-b)) + z(i+1, j)R(1-a)R(b) + Z(i+1, j+1)R(1-a)R(-(1-b))$$

Donde $R(x)$ es una función triangular de la forma:

$$R(x) = \begin{cases} x + 1 & \text{si } -1 \leq x \leq 0 \\ 1 - x & \text{si } 0 \leq x \leq 1 \end{cases}$$

Interpolación bicúbica: Es un método de interpolación multivariante bidimensional que emplea 16 celdas para el cálculo en vez de 4 como en el bilineal y un polinomio en tercer grado para cada una de las direcciones.

Cuando se va a elegir el método que se va a utilizar para el remuestreo, hay que tener en cuenta el tipo de información que tiene la capa. Una diferencia que se tiene que tener en cuenta es que de los métodos anteriores el del vecino más cercano es el único que garantiza que los valores resultantes existen como tales en la capa origen, lo que hace que este sea el único método que puede realizarse a la hora del remuestreo de capas categóricas.

2. Análisis hidrológico

Las relaciones hidrológicas que ocurren en una cuenca se pueden estudiar a través de modelos que simplifiquen y representen los distintos fenómenos que suceden al interior de ésta, siendo los modelos matemáticos una herramienta importante en la captura de las diferentes variables que caracterizan a la hidrología. Así, los modelos matemáticos permiten representar un sistema hidrológico por medio de relaciones lógicas y cuantitativas, capaces de ser modificadas para observar cómo el sistema reacciona.

En el contexto del análisis hidrológico, un objeto o bien podía representar las características físicas de una corriente de agua o una red de drenaje, mientras que el comportamiento del objeto se le atribuyen los procesos hidrológicos que en ellos acontecen. Importante resaltar que el estado y el comportamiento son conceptos que se tratan por separado. Las variables de estado se almacenan y se manejan por la base de datos, mientras que la de comportamiento la define la selección del modelo que se vaya a utilizar. [4]

3. Algoritmos informáticos

Los diferentes tipos de descriptores en los MDE pueden utilizarse conjuntamente para analizar y caracterizar el relieve y sus componentes, así como las variables hidrológicas permiten modelar los diferentes estados de la hidrología. Dado que los procesos geológicos e hidrológicos dejan una huella morfológica sobre las aéreas afectadas, el MDE y sus modelos derivados pueden ser un instrumento de análisis objetivo de gran utilidad. [5] Existen diversos algoritmos que se pueden utilizar

para el modelado y representación de diferentes parámetros hidrológicos y para el cálculo de variables topográficas como la curvatura y pendiente.

- Trazado de líneas de flujo.
- Cálculo de flujo utilizando una matriz de códigos de flujo.
- Problema de las concavidades.
- Delimitación de cuencas.
- Método alternativo basado en la rutina de trazado de líneas de flujo.
- Autómatas celulares.

4. Solución para álgebra de mapas

El álgebra de mapas es una herramienta de análisis que permite realizar diferentes operaciones entre mapas para obtener nuevos y diversos modelos a partir de uno o varios mapas como se mencionaba anteriormente. La cantidad de datos que utilizan para realizar las operaciones, la aplicación dentro del álgebra de mapas, las operaciones que aplican para el cálculo y el resultado; son parámetros de vital importancia para lograr una comparación entre las funciones del álgebra de mapas. En la tabla siguiente se muestra el resultado de los parámetros anteriores.

Función	Cantidad de datos	Operadores	Aplicación	Resultado
Local	Celda problema	<ul style="list-style-type: none"> • Aritméticos • Trigonométricos • Lógicos y relacionales • Estadísticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ecuación de USLE • Máscaras • Operaciones con una o varias capas 	<ul style="list-style-type: none"> • Una nueva capa
Focal	Celda problema y vecinos	<ul style="list-style-type: none"> • Aritméticos • Estadísticos • Matemáticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrado de capas • Clasificación • Remuestreo 	<ul style="list-style-type: none"> • Una nueva capa
Zonal	Celda problema y celdas con la misma clase.	<ul style="list-style-type: none"> • Aritméticos • Estadísticos • Lógicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones con una o varias capas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una nueva capa
Global	Todas las celdas	<ul style="list-style-type: none"> • Todos 	<ul style="list-style-type: none"> • Operación con la capa resultante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Objeto geográfico • Tablas • Valorescalar

Realizada la comparación anterior, se decide presentar como propuesta que puede servir como una primera versión para aplicaciones webmapping, a las funciones local y focal. Con la propuesta de un algoritmo que permita las funcionalidades matemáticas con los modelos, aplicarle una función matemática a una o varios mapas, permitiendo la manipulación de los modelos digitales para facilitar las transformaciones necesarias para obtener un

nuevo modelo. Las características de estas dos funciones permitirán al módulo de análisis del terreno realizar cualquier transformación de un modelo a otro utilizando los diferentes operadores planteados en la investigación, así como la creación de un nuevo modelo partiendo de una capa de valores específicos para la construcción de la misma.

La función local presenta una gran simplicidad a la hora de la implementación de los modelos matemáticos y operadores que utiliza, permitiendo su rápido desarrollo y comprensión por parte del equipo de desarrolladores del módulo. Paralelamente el focal se utilizará para análisis más complejos, la misma por lo general es un poco más compleja que la de tipo local pero más simple que los restantes según los datos de entrada. Los datos de entrada permiten minimizar o aumentar el tiempo de procesamiento según la cantidad que requieran las funcionalidades para poder ser realizadas en la aplicación.

En el caso de la función local y focal utilizan la menor cantidad de datos de entrada posible, mientras que la zonal depende del criterio de clasificación por clases y la global como su nombre lo indica utiliza todos los datos de la matriz de valores. Esta característica le brinda a la plataforma la posibilidad de agilizar el tiempo de respuesta al cliente o usuario final, debido a que la aplicación es web y requiere la mayor simplicidad posible

para realizar los cálculos.

5. Solución de algoritmos para análisis hidrológico

Los algoritmos planteados permiten generar, delimitar y calcular tres de las principales características dentro del análisis hidrológico, las líneas de flujo, delimitación de cuencas y el cálculo del caudal máximo. Permitiendo que el modelado de estas propiedades se haga de una forma más fácil y di-

recta. No todos los algoritmos planteados son los posibles a utilizar, por lo que se realiza una comparación de los mismos en cuanto a tiempo de ejecución y el problema que resuelve dentro del análisis hidrológico.

Tabla II: Algoritmos para el análisis hidrológico

Algoritmos	Problema que resuelve	Tiempo de ejecución ¹
Rutina Hidroperfil.	Construye una línea de flujo.	$O(n) n$
Rutina Fun_Código.	Devuelve valor de código de flujo.	$O(n) n$
Problema concavidad.	Modifica las altitudes de los puntos que forman concavidad.	$O(n)$
Delimitación de cuencas. Método Collins.	Delimitación de cuencas.	$O(n)$
Delimitación de cuencas. Método Felicísimo.	Delimitación de cuencas.	$O(n)$
Autómata celular	Generación de flujo.	$O(n)$
	Definición de cuencas.	$O(n)$
	Estimación caudal máximo potencial.	$O(n)$

La tabla anterior permite definir una propuesta para lograr la implementación de un algoritmo que permita realizar tres de las principales características del análisis hidrológico. El módulo de análisis del terreno de la plataforma contará con un algoritmo que le permitirá a los desarrolladores ahorrar en esfuerzo y tiempo en el desarrollo de esta funcionalidad. Todos los algoritmos planteados brindan la posibilidad de realizar los diferentes cálculos de los parámetros hidrológicos, pero el más completo y efectivo es el autómata celular, permitiendo el desarrollo de la representación de las cuencas hidrológicas, las líneas de flujo y los caudales máximos de las mismas.

El autómata celular permite mediante estados ir calculando los valores que toma la variable hidrológica al transitar por diferentes estados de tiempo. Lo que hace que se obtenga una matriz de valores que después permiten modelar y representar los diferentes parámetros de la hidrología. Este algoritmo per-

mite calcular los tres parámetros de la misma forma, mientras que los otros se centran en el cálculo de uno en particular. Esto demuestra que mediante el autómata celular se puede ganar en tiempo y esfuerzo en la implementación de esta herramienta dentro del módulo.

Para el cálculo de la pendiente y la curvatura del relieve se propone los algoritmos función curvatura y función pendiente, permitiendo obtener información de la concavidad y convexidad de un punto dentro del terreno. Además, a partir del valor de la pendiente se puede determinar la evaluación de la erosión y el sentido del flujo, parámetro adecuado para aplicaciones de tipo hidrológico. Las soluciones propuestas permitirán a los desarrolladores de la plataforma la facilidad de contar con algoritmos que le permitan al módulo de análisis del terreno realizar las diferentes funcionalidades del análisis hidrológico.

6. Validación

Los algoritmos planteados permiten la modelación de los diferentes parámetros hidrológicos, sin embargo se debe analizar el tiempo que demorará desarrollar las funcionalidades en dependencia de los algoritmos que se escojan para aplicarlo en el módulo. De ahí se deriva el cálculo de cantidad de horas/hombres o esfuerzo en el estudio de cada una de las soluciones propuestas y su aplicación en un sistema. En el caso de cada uno de los algoritmos se emplean como tiempo promedio 56 horas/hombres para su desarrollo, mientras que en el caso del autómata celular se emplea un promedio de 112 horas/hombres para su desarrollo.

Este algoritmo necesita más tiempo debido a que es una solución que contiene tres de los principales parámetros hidrológicos que necesitaría una herramienta, por lo tanto, emplea más tiempo para su estudio y diseño. Para esta estimación se hizo necesario consultar a desarrolladores de sistemas SIG tanto convencionales como para ambientes web, para obtener los datos que permitieran realizar dicha estimación. Partiendo de estas entrevistas se planteó que se trabaja 6 días a la semana y jornadas de trabajo de 8h diarias. La tabla siguiente muestra el tiempo que necesita cada algoritmo para ser desarrollado y las horas/hombres que emplea aplicar esta funcionalidad en un sistema.

Tabla III: Tiempo estimado en el que los desarrolladores necesitan para el estudio de cada algoritmo.

Algoritmos	Problema que resuelve	Tiempo (días)	Horas/Hombre
Rutina Hidroperfil.	Construye una línea de flujo.	7	56
Rutina Fun_Código	Devuelve valor de código de flujo.	7	56
Problema concavidad.	Modifica las altitudes de los puntos que forman concavidad.	7	56
Delimitación de cuencas. Método Collins.	Delimitación de cuencas.	7	56
Delimitación de cuencas. Método Felicísimo.	Delimitación de cuencas.	7	56
Total de tiempo		35	280
Autómata celular	Generación de flujo.	5	40
	Definición de cuencas.	5	40
	Estimación caudal máximo potencial.	4	32
Total de tiempo		14	112

Conclusiones

Los Sistemas de Información Geográfica en la actualidad marcan un punto crucial en el desarrollo de la geo-grafía y en su integración con la rama de la informática. Estos sistemas permiten a los usuarios obtener información georreferenciada de forma visual, lo que les permite abstraerse de los datos iniciales e interactuar y combinar información a través de los SIG.

Al finalizar esta investigación se concluye que:

- La propuesta permitirá a los desarrolladores de aplicaciones webmapping contar con el conocimiento y herramientas para lograr completar la im-

plementación del módulo de análisis del terreno.

- Aporta el conocimiento necesario para lograr la representación de los principales parámetros del ciclo hidrológico y el cálculo con diferentes modelos para la obtención de nuevos valores.

- El módulo de análisis del terreno se complementará con nuevas herramientas de análisis, lo que permitirá que en menos tiempo los desarrolladores logren la implementación del mismo.

- Los algoritmos propuestos constituyen, sin lugar a dudas, un paso de avance para el desarrollo del módulo de análisis del terreno de futuros sistemas que meriten el uso y cálculo de mapas digitales, tales como, predicción de inundaciones en el terreno, delimitación de cuencas y cálculo de flujos de la superficie; además de la modelación y simulación de variables topográficas, unión de capas utilizando operaciones matemáticas en uno o varios mapas, para la obtención de nuevos valores.

Referencias

[1] Colectivo de Autores. *Sistemas de Información Geográfica*. 2007

[2] Urcolo Adriana, I. R. *Modelado de simulación hidrológica utilizando un enfoque de desarrollo basado en componentes*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco – Sede Ushuaia, Darwin y Canga.

[3] Felicísimo, Ángel Manuel. *Modelos Digitales del terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*.

[4] Silvina Belmonte y Virgilio Núñez. *Desarrollo de modelos hidrológicos con herramientas SIG*. Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta.

[5] Felicísimo, Ángel: *Simulación de procesos: Cuencas hidrológicas y cuencas visuales*. Capítulo V.

[6] Sarria, J. T. *Cálculo de parámetros morfométricos y propuesta de ordenación agroforestal en la subcuenca el cacao*. Ciudad de La Habana.

[7] Vázquez Rodríguez, Cad. Dwuan. *Algoritmos para la Modelación Digital del Terreno en un Sistema de Información Geográfico*. Instituto Técnico Militar “José Martí” Facultad de Comunicaciones, Inteligencia Militar y Lucha Radioelectrónica Cátedra de Automatización y Cifras.

Ya está aquí la nueva versión 8.6 de MAPublisher

La nueva versión 8.6 de MAPublisher fué presentada recientemente de forma oficial.

En esta actualización, se incorporó la posibilidad de usar una nueva herramienta para MAPublisher, MAPublisher FME Auto.

MAPublisher FME Auto es una nueva herramienta que conecta el entorno para procesado de datos GIS de FME Desktop con el entorno de diseño cartográfico de MAPublisher. La herramienta MAPublisher FME Auto ha sido desarrollada junto con "Safe Software" para soportar y tratar los ficheros de formatos FME

Desktop y FFS (FME Feature Store) utilizando MAPublisher. Los usuarios de FME pueden de forma fácil y sin esfuerzo mover sus datos desde FME Desktop al entorno de diseño gráfico de MAPublisher para generar impresionantes productos cartográficos.

MAPublisher FME Auto aporta a FME Desktop una función de exportación a MAPublisher.

En FME Desktop, se puede utilizar la función de exportación para traducir los diversos formatos de datos GIS y usarlos en MAPublisher; crea flujos de trabajo en FME y posteriormente utiliza plan-

tillas previamente diseñadas en Adobe Illustrator; asigna capas automáticamente y prepara MAP Themes para generar mapas con mucha mayor eficiencia.

Si usted es usuario de FME Desktop y además es usuario de MAPublisher, esta es una solución ideal ya que le permitirá aumentar su producción cartográfica gracias a esta nueva herramienta de MAPublisher.

MAPublisher FME Auto requiere de una licencia adicional complementaria a la de MAPublisher, de igual forma que el módulo LabelPro.

Llega el primer medidor láser 3D del mercado

¿Un espacio demasiado grande? ¿Ningún ángulo recto? ¿Superficies inclinadas? ¿Excesivos detalles? ¿Difícil accesibilidad?

No se preocupe por nada: el robusto Leica 3D Disto lo mide todo. Una combinación de medición de distancias y ángulos determina la posición exacta de cada punto, los puntos se visualizan perfectamente a través de la cámara integrada.

Posición, altura y distancia pueden ser determinados en coordenadas XYZ desde un solo punto, con una sola medición.

El robusto Leica 3D Disto puede colocarse sobre cualquier superficie estable o sobre un trípode con rosca 5/8". El Leica 3D Disto se

maneja desde una unidad de control vía conexión wi-fi.

Tanto la imagen donde apuntamos, como las medidas obtenidas, se muestran en la pantalla con total claridad, en alta resolución y el zoom de 8 aumentos resulta perfecto para las distancias más largas.

Los usuarios se asombran de la sencillez de su intuitiva interfaz de usuario. Los asistentes le ayudarán en las tareas de medición más complejas.

Poder visualizar en tiempo real medidas y gráficos sobre la pantalla le permitirá realizar comprobaciones de consistencia parciales.

Con solo pulsar un botón los datos se exportarán a una hoja de

cálculo estándar, a un archivo de imagen, a un formato DXF o a un archivo de texto.

Ventajas del Leica 3D Disto:

- Mida, dibuje y compruebe, directa y simultáneamente, en el lugar de trabajo.

- Medición automática de cualquier superficie, perfil, espacio, tanto horizontal como vertical: solo hay que definir el área de medición, determinar los intervalos entre mediciones y comenzar.

- Creación automática de dibujos con puntos y líneas.

- Máxima Precisión: a 10 m, 1mm. Alcance máximo: 50 m.

- Fácil medición desde varios estacionamientos.

Nuevo láser **FARO FOCUS 3D**

- 5 veces más pequeño.
- 4 veces más ligero (solo 5 kg).
- Más preciso.
- Más rápido.



CARTO  **GALICIA**

TOPOGRAFIA

servicios de alquiler y venta
www.cartogalicia.com

Estimación de la evapotranspiración en el humedal paraíso mediante imágenes de satélite Landsat y el modelo Sebal

Estimation of evapotranspiration in the paradise wetland by Landsat satellite images and the model Sebal

Erick Gonzales, Autoridad Nacional del Agua de Perú
Miguel Angel Juscamayta, Ministerio del Ambiente de Perú

Resumen:

La evapotranspiración (ET) en el humedal Paraíso es uno de los más importantes componentes del ciclo hidrológico, representando el consumo de agua de la vegetación, y la evaporación de los espejos de agua en este ecosistema.

La estimación de la ET es de vital importancia para el entendimiento de los procesos hidrológicos y la gestión del agua con fines de garantizar la conservación del humedal. En este estudio se ha aplicado el modelo de balance de energía superficial conocido como SEBAL a una subescena del satélite Landsat 7 ETM+ con fecha 04 de abril de 2000, la cual coincide con el inicio de la época de afloramiento en el humedal.

La estimación de la evapotranspiración actual (ETa) estuvieron en el rango de 0-5.4 mm/día, con los valores más bajos en las zonas desérticas y las parcelas en descanso, y los valores más altos en los espejos de agua y la vegetación del humedal. El humedal evapotranspira en altas tasas muy cercanas a la de los espejos de agua, con una ETa máxima de 5.41 mm/día y un valor medio de 4.31 mm/día.

La evapotranspiración de referencia (ETo) estimada para la fecha de paso del satélite mediante el método FAO Penman-Monteith, fue de 3.94 mm/día y con la aplicación de coeficiente para el cultivo de referencia (Kc) dio valores de 4.3 mm/día, estos dos valores son cercanos a la ETa de 4.2 mm/día estimada por SEBAL para la áreas irrigadas sin escases aparente de agua y estado óptimo de crecimiento. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que es factible estimar la ET mediante imágenes de satélite con un error medio relativo del 2.3% incluyendo el Kc y 7.6% sin la inclusión de este.

Palabras claves: teledetección, sensoramiento remoto, evapotranspiración, humedales, SEBAL.

Abstract:

The evapotranspiration (ET) in the Paraíso wetlands is one of the most important components of water cycle, which represent the water use by vegetation and the water evaporate by water bodies in this ecosystem.

Estimation of ET is very important for understanding the hydrological process and improve the water management in order to conserve this wetland. In this study a satellite based surface energy budget model known as SEBAL has been applied in a sub scene of Landsat ETM+ satellite dated April 8, 2000, which coincide with the beginning of upwelling season in the wetland. Actual evapotranspiration (ETa) estimates was in the range of 0-5.4 mm/day, the lowest values were in desert and fallow land areas and the highest values were in surface water bodies and wetland vegetations.

The wetland evapotranspiration rate was high and near to the water bodies, with a maximum ET of 5.41 mm/day and average value of 4.31 mm/day. The reference evapotranspiration (ETo) estimated in the satellite overpass date was 3.94 mm/day and adjusted with the crop coefficient (Kc) was 4.3 mm/day, which represent a value near to the ETa estimated by SEBAL in irrigation areas without apparent water stress and in healthy conditions. The results obtained shows that is feasible to estimate the ETa by satellite images with a relative mean error around 2.3% with kc including and 7.6% without it.

Keywords: remote sensing, evapotranspiration, wetlands, SEBAL.

Introducción

Los humedales que existen en la región costera del Perú son dependientes básicamente del aporte de las aguas subterráneas y en una menor medida de los flujos de aguas superficiales. Ante la demanda creciente de la extracción del agua subterránea, principalmente con fines agrícolas y productivos, estos ecosistemas se ven constantemente amenazados ante una posible disminución de este recurso.

La principal dificultad para conservar estos ecosistemas desde un punto de vista hidrológico es la falta de información meteorológica e hidrológica medida in situ, indispensables para estimar el consumo de agua en estos ecosistemas.

El uso de las imágenes de satélite en combinación con información meteorológica y los modelos de balance de energía en superficie, se muestran actualmente como una herramienta alternativa y complementaria a las técnicas tradicionales para estimar la evapotranspiración o uso del agua, de tal manera que esta información contribuya a la conservación de estos ecosistemas.

La evapotranspiración ha sido observada por décadas, sin embargo, un mejor entendimiento de su distribución espacial y a diferentes escalas es posible actualmente por medio de las imágenes de satélite.

Generalmente los métodos para estimar la evapotranspiración han sido agrupados en cuatro categorías (Ahmad et al., 2005), ej. los métodos hidrológicos (balance de agua), mediciones directas (lisímetros), métodos micro-meteorológicos (balance de energía) y métodos empíricos o métodos combinados, basados en el balance de energía o factores climáticos (Thomthwaite y Mather, 1955).

La mayoría de estos métodos solo pueden proveer estimaciones puntuales de la evapotranspiración, lo cual muchas veces no es suficiente para una adecuada gestión del agua. Por otra parte los modelos hidrológicos pueden hacer estimaciones de los patrones de la evapotranspiración, pero requieren una enorme cantidad de datos medidos en campo, lo cual a menudo no está disponible en países en desarrollo y menos en zonas de humedales por su difícil accesibilidad.

Durante las últimas décadas, muchos estudios han sido hechos por investigadores para estimar los flujos de energía y los intercambios que ocurren

en superficies con vegetación y sin vegetación, usando modelos basados en sensores remotos.

Estos flujos de energía han sido estudiados en diversas cubiertas del suelo como campos agrícolas (Kustas, 1990; Bastiaanssen, 2000) y humedales (Mohamed et al. 2004 y Oberg y Melesse, 2006).

Entre los métodos más empleados para estimar la evapotranspiración mediante el uso de imágenes de satélite y la ecuación del balance de energía, está SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) Bastiaanssen et al. (1998a), donde la evapotranspiración actual es estimada como un residual del balance de energía.

SEBAL ha sido validado a diferentes niveles como un eficiente y efectivo método para cuantificar la evapotranspiración a nivel de cuenca y subcuenca (Allen et al. 2001). Además Bastiaanssen et al. (1998b, 2000), y Tasumi et al. (2000) obtuvieron resultados concordantes en regiones semiáridas. Hafeez et al. (2002), y Morse et al. (2000) lo hicieron en regiones tropicales, de sabanas y montañosas, respectivamente. Allen et al. (2001) encontró calibraciones satisfactorias mediante el uso de lisímetros de campo.

En este estudio se ha aplicado SEBAL, con el objetivo de evaluar la factibilidad de estimar la evapotranspiración actual en el humedal Paraíso, considerando la fecha de adquisición de la imagen de satélite.

Metodología de trabajo

Área de estudio

El humedal Paraíso, forma parte de los humedales distribuidos a los largos del litoral peruano. Se encuentra ubicado en la Provincia de Huaral, Región Lima, entre los $-77^{\circ} 36' O$ y $-77^{\circ} 33' O$, y los $-11^{\circ} 9' S$ y los $-11^{\circ} 13' S$ (figura 1). Tiene una extensión aproximada de 638 ha, las cuales incluyen dos espejos de aguas conocidas como Laguna Sur (186.5 ha) y Laguna Norte (34.7 ha), la primera con una mayor profundidad (1.5 m) a diferencia de la segunda (0.5m).

A su vez el humedal comprende diferentes tipos de vegetación propias de estos ecosistemas hidromórficos (totoraes, juncales y gramadales). Presenta un clima templado húmedo con escasa precipitación durante todo el año, normalmente menos de 50 mm/año, y con una temperatura regularmente estable en torno a los $19^{\circ}C$. La administración del agua le corresponde a la Autoridad Local de Agua Huaral-Huaral.

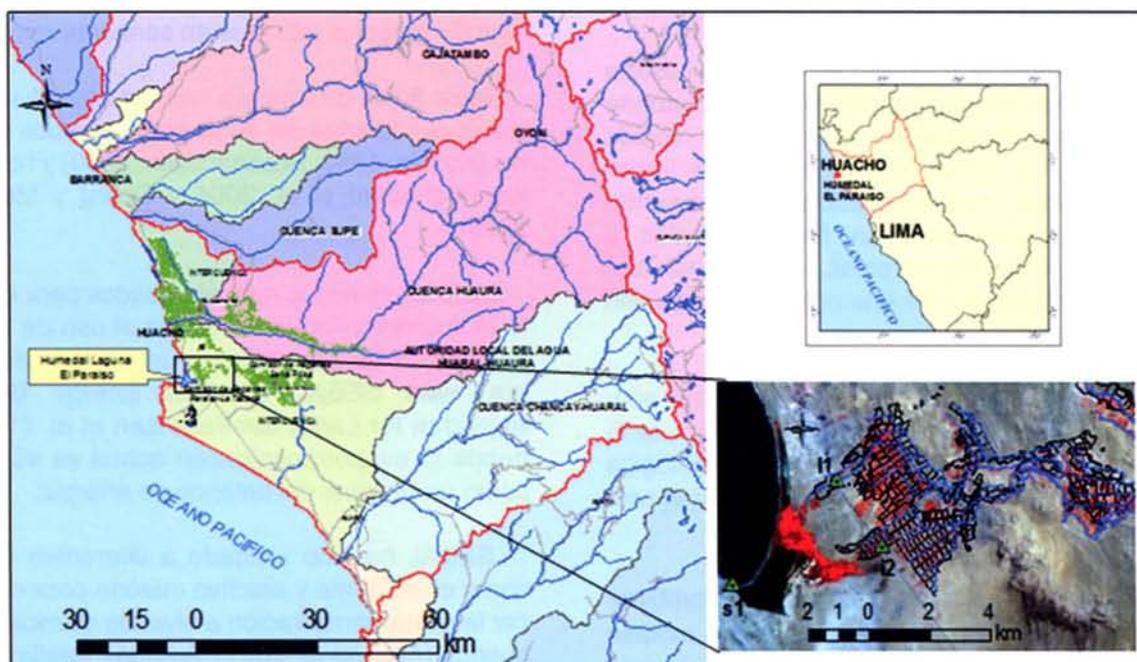


Figura 1. Localización del área de estudio

Materiales

Se empleó una sub-escena del satélite Landsat ETM (Path 006 y Row 068) de fecha 08 de abril de 2000 (figura 1), descargada gratuitamente vía la Interface de Datos para las Ciencias de la Tierra (ESDI) de la Universidad de Maryland.

La información meteorológica diaria para la aplicación de SEBAL fue tomada de las estación Alcantarilla, la cual tiene a su cargo el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y se muestra en la Tabla 1.

como la velocidad del viento, temperatura del aire, radiación solar y humedad del aire.

$$R_n = G + H + \lambda E \quad (1)$$

Donde:

R_n es la radiación neta (W/m^2), G

el flujo de calor en el suelo (W/m^2), H

el flujo de calor sensible (W/m^2)

y es el flujo t de calor latente λE

Tabla 1. Información meteorológica para la aplicación de SEBAL

Fecha	Temp. max (°C)	Temp. Min. (°C)	Horas de sol (hrs.)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativa (%)
08/04/2000	26	17.4	8.3	3	80.3
Estación Alcantarilla					

Metodología

El modelo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) ha sido diseñado para calcular la partición de la energía a escala regional con una mínima cantidad de información de campo (Ecuación 1). La información de entrada, clave para aplicar este modelo, consiste de la radiancia espectral en el visible, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico del espectro e información meteorológica de rutina

En SEBAL, la radiación neta (R_n) es computada mediante la información de la radiancia espectral en las diferentes longitudes del espectro captada por los satélites de observación terrestre. Sólo podrán usarse aquellos satélites que cuenten con una banda en la región del infrarrojo térmico, la cual servirá para estimar la temperatura de superficie.

El Flujo de calor en el suelo (G) es estimado a través de la radiación neta, la temperatura de su-

perficie y el cálculo de algunos índices de vegetación. El flujo de calor sensible se ajusta mediante la selección de dos píxeles anclas tomados de la imagen, que representan condiciones extremas, uno de aridez (flujo de calor latente cercano a cero) y el otro de humedad (flujo de calor sensible cercano a cero).

Con estos tres componentes se procede a calcular el flujo de calor latente, como un residual del balance de energía para el momento de paso del satélite. Para la conversión de los valores instantáneos del E a valores diarios (24 horas) se usa la fracción evaporativa y la radiación neta diaria (Rn_{24}) (Ecuación 2 y 3). Un mayor detalle de las ecuaciones de SEBAL puede ser encontrado en Waters, et al., (2002).

$$\Lambda = \frac{\lambda E}{R_n - G} = \frac{R_n - G - H}{R_n - G}$$

$$\lambda E_{24} = \Lambda \times Rn_{24} \quad (3)$$

El cálculo de la evapotranspiración usando SEBAL fue realizado en el programa ERDAS IMAGE, mediante la herramienta Model Maker. Para el posterior análisis de los mapas de evapotranspiración generados y su integración con otras capas de información fue usado el programa de Sistemas de Información Geográfica ArcGis.

Resultados y discusión

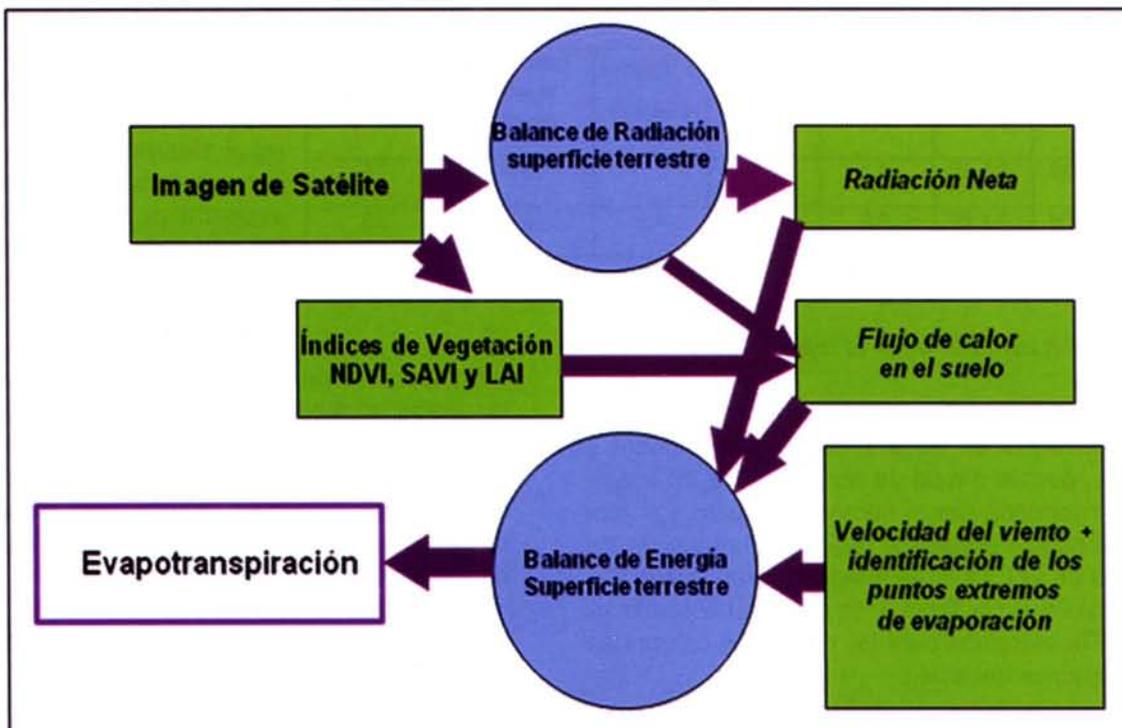
Validación

Debido a que no existen datos medidos insitu de la evapotranspiración en el humedal, se procedió a validar los mapas de evapotranspiración generados, con dos métodos alternativos.

El primero asumiendo que la vegetación perenne y permanentemente húmeda, como es el caso de la vegetación del humedal, debería evapotranspirar valores cercanos a la evapotranspiración de referencia (ETo) (Jia et al., 2009). En el humedal Paraíso, la superficie ideal podría ser la zona cubierta de junco pequeño, aunque la condiciones de humedad en el humedal pueden variar con el tiempo, según los aportes de las aguas subterráneas y superficiales.

Se obtuvieron valores medios de la Ea de 4.3 mm/día en estas zonas del humedal. Los valores de Ea para la totora y junco, consignados en estudios en humedales (Allen, 1998), muestran un coeficiente de cultivo (Kc) promedio de 1.3 para una vegetación en condiciones óptima (periodo de máximo vigor y crecimiento), por lo cual la Ea sería igual a 5.12 mm/día, este es un valor sólo tomado de referencia, pero muy cercano a la tasa máxima de evaporación en la vegetación del humedal, estimada por SEBAL en 5.45mm/día.

El segundo método se basa en el uso de la ETo estimada por el método FAO Penman-Monteith para la fecha de toma de la imagen. Se empleó la



cedula de cultivo para el valle del río Huaura específicamente para la comisión de regantes La Tablada-Paraíso, junto con la cartografía de parcelas del valle, en cuya base de datos se tienen información de los cultivos que normalmente son sembrados por los agricultores. Con esta información se procedió a identificar algunas parcela que muy probablemente a la fecha de la imagen tendrían sembrado alfalfa (superficie de referencia). Dado que las evapotranspiración estimada por el modelo SEBAL viene a ser la evapotranspiración actual, es necesario multiplicar el valor de la ETo por el Kc, el cual es dependiente del estado fenológico de la planta (Ecuacion4).

$$ET_c = ETo \times Kc \quad (4)$$

Para el caso de la alfalfa se tomó el valor de Kc= 1.10, consignado para el mes de abril, en el estudio hidrológico elaborado para el valle de Huaura (INRENA, 2004). El valor obtenido para la ETa es de 4.3 mm/día.

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en las comparaciones efectuadas, con el segundo método alternativo de validación. Los resultados obtenidos muestra la efectividad del método SEBAL, obteniéndose discrepancia en torno al 7.6% con respecto a la ETo y de 2.3% con respecto a la ETa con el uso del Kc .

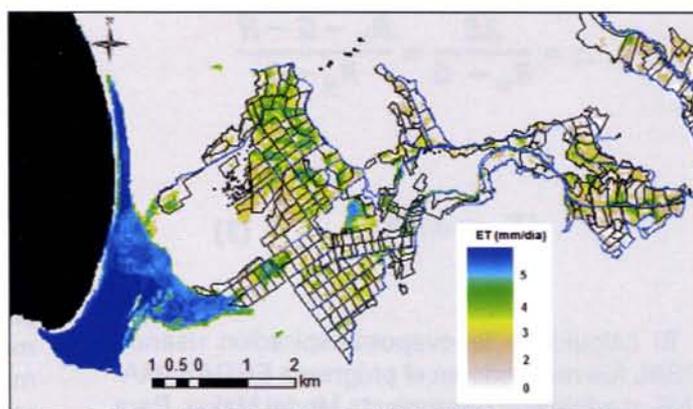


Figura 3. Mapa de la ETa estimada el 08/04/2000 por SEBAL para el área de estudio mediante el uso de la imagen Landsat ETM+

Tabla 2. Comparación de los valores de la evapotranspiración estimados por SEBAL y el método Penman-Monteith (FAO56) sin y con la inclusión del coeficiente del cultivo (Kc)

Fecha de la imagen	Rango ET _{SEBAL}	ET _{SEBAL} (mm/día)	ET _{FAO56} (mm/día)	ET _{FAO56Kc} (mm/día)	Error medio absoluto (mm/día)	Error medio relativo (%)
08/04/2000	0-5.45	4.2	3.9		0.3	7.6
08/04/2000	0-5.45	4.2		4.3	0.1	2.3

básicamente del aporte de las aguas subterráneas. El humedal evapotranspira en altas tasas (5.41mm/día), muy cercana a la de los espejos de agua (5.45 mm/día), esto se debe principalmente a que el agua siempre está disponible para satisfacer la demanda evaporativa de la atmosfera y las necesidades de la vegetación hidromorfica. (Ver Fig. 3)

Evaluación espacial de la et diaria

La figura 2 muestra el mapa de evapotranspiración estimado en base a la imagen Landsat y SEBAL, para el día 08 de abril de 2000, en el ámbito conformado por el humedal Paraíso y el bloque de riego Paraíso-La Tablada. El rango de los valores de la ETa en la imagen varían desde 0 a 5.5 mm/día. En la Tabla 3, se muestran los valores de la ETa extraídos para las diferentes categorías de ocupación del suelo.

Los valores de ETa para los espejos de agua del humedal están en el rango de 2.44 a 5.45mm/día,

con un valor medio entorno a 5.22mm/día. El valor total de la evaporación en los espejos de agua del humedal, los cuales en conjunto tienen una extensión de 255.6 ha, fue estimado en 13,356 m³, valor que representan el volumen de agua perdido por evaporación para el día considerado. Este dato se ve influenciado por algunos pixeles mezclados con humedales en los bordes de las lagunas, así como por las variaciones en la temperatura del agua causado por los diferentes grado de turbidez y profundidad.

Los valores de la ETa para las vegetación del humedal están en el rango de 1.1 a 5.41 mm/día, la cual representan la ETa que ocurre en la vegetación conformada principalmente por junco y totora, que con una extensión de 384.1 ha, evapotranspiran alrededor de 17,054 m³ de agua provenientes

En cuanto a los valores de ETa estimados para las áreas agrícolas, estos van en el rango de 0 (suelo en descanso) a 4.79 mm/día en las parcelas con cultivos que presentan un alto vigor vegetal y en optimas condiciones de riego para el momento de paso del satélite. Con una extensión de 1652.4 ha. tienen una ETa media de 2.16 mm/día, el volumen evapotranspirado asciende a 35,766 m³ . Si bien la campaña agrícola inicia en agosto en el valle de Huaura, el cultivo de la alfalfa es permanente y ocupa la mayor extensión de los cultivos en la comisión de regantes Paraíso-La tablada, cerca de 247 ha para la campaña agrícola 2001-

2002 INRENA, (2004). El valor obtenido mediante SEBAL para la ETa fue de 4.2 mm/día y con la ETo fue de 3.94 mm/día y al considerar un Kc de 1.10 en el ciclo de desarrollo vegetativo de este cultivo, que durante el mes de abril se encontraría en etapa de maduración, se obtuvo el valor de 4.3 mm/día para la ETa, muy cercano al obtenido con el modelo SEBAL. Ambos resultados se consideran aceptables, ya que están dentro de los límites esperados para la estimación de la ETa diaria por medio del modelo SEBAL, según Bastiaanssen, et al. (2005), no menor de 85% a escala diaria.

Tabla 3. Resultados de la estimación de la ETa para el área de estudio

Uso/cobertura actual del suelo	Area (ha)	Rango ET _a (mm/día)	ET _a (mm/día)	ET _a Volumen (m ³)
Espejo de agua	255.6	2.44-5.45	5.22	13356
Humedal	384.1	1.1-5.41	4.31	17054
Cultivos	1652.4	0-4.79	2.16	35766

En la Figura 4, se puede apreciar la variación de la ETa dentro del humedal. En esta imagen se aprecian claramente algunos patrones de la ETa debido a la existencia de diferentes hábitats en el humedal, los cuales se comportan de manera distinta antes los intercambio de energía con la atmósfera. Se destaca que las zonas que están actualmente en extracción presenta una ETa distinta a la de su alrededor, esto puede deberse a que el agua está disponible en mayor cantidad ante la presencia de la escasa cobertura vegetal y por consiguiente la ETa es más alta, asimismo la presencia de corrientes advectivas pueden influir en su elevado valor, ya que tendrían una menor longitud de rugosidad, como es el caso de los cuerpos de agua.

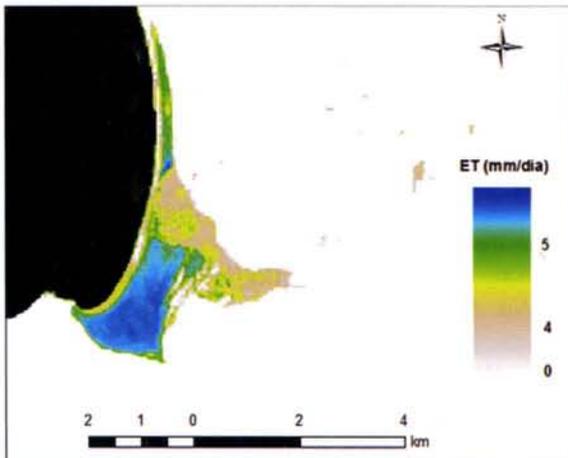


Figura 4. Mapa de la ETa para el humedal, se aprecia la diferencia de patrones debido a la distintos ambientes y estados de la vegetación para el día 08/04/2000

Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se demuestra la factibilidad de aplicar el modelo SEBAL y las imágenes del satélite Landsat, para la estimación espacial de la evapotranspiración, con la ventaja de que sólo se necesita información meteorológica de rutina y que las imágenes de satélite empleadas son de uso gratuito.

Según la estimación de la ETa realizada para la fecha de paso del sensor, la vegetación del humedal evapotranspira en tasa muy cercanas a la de los espejos de agua, con una ETa máxima de 5.41 y 5.45 mm/día respectivamente.

Los espejos de agua tuvieron una ETa media de 5.2 mm/día con un volumen de 13,356m³,

la vegetación del humedal una ETa de 4.3 mm/día con un volumen de 17,054 m³ y la zona agrícola una ETa de 2.16 mm/día con un volumen 35,766m³.

La comparación de los valores estimados por SEBAL con los obtenidos con el uso de la fórmula FAO Penman-Monteith, e incluyendo el empleo del coeficiente de cultivo (Kc), mostraron concordancia en los valores de ETa obtenidos en las áreas agrícolas, con un error medio relativo del 7.6% con la ETo y de 2% con la ETa y el Kc, lo cual muestra que los resultados del modelo son aceptable en la estimación espacial de la ETa.

La presencia de nubes es un factor limitante para la aplicación de SEBAL. Las imágenes captadas por los satélites Landsat 5 y 7 son cada 16 días por lo que existe pocas oportunidades de conseguir imágenes libres de nubosidad. Por lo cual se debería complementarse con el uso de imágenes de satélites como el MODIS de mayor resolución temporal (imágenes diaria).

Si bien la información obtenida en esta primera aplicación de SEBAL es valiosa, para los fines de gestión del agua, se hace nece-

sario estimar los volúmenes de agua de manera anual, por lo que el uso de escenas multitemporales en épocas claves de la campaña agrícola son de vital importancia para la integración estacional de los valores de la ET y la estimación del volumen anual evapotranspirado por el humedal.

Referencias

Ahmad, M., Thulani, M., Love, D., Kongo, V., Mul, M., Kinoti, M y J. (2005) *Estimating actual evapotranspiration through remote sensing techniques to improve agricultural water management: a case study in the transboundary Olifants catchment in the Limpopo basin, South Africa*. 6th WaterNet/WARFSA/GWP Annual Symposium, 1-4 November 2005, Ezulwini, Swaziland.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. y Smith, M. (1998) *Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements*, FAO Irrig. and Drain. Pap. 56, 300 pp., Food and Agric. Organ. of the U. N. (FAO), Rome, Italy.

Allen, R.G. (1998) *Predicting evapotranspiration demands for wetlands*. ASCE Wetlands Engineering and River Restoration Conference, Denver Colorado March 20-29.

Allen, R.G., Bastiaanssen, W.G.M., Tasumi, M. y Morse, A. (2001) *Evapotranspiration on the watershed scale using the SEBAL model and Landsat Images*. Paper # 01-2224, ASAE, Annual International Meeting; Sacramento, CA.

Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. y Holtslag, A.A.M. (1998a) *A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): Part 1. Formulation*. J.Hydrol., 212-213, pp. 198-212.

Bastiaanssen, W.G.M., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J., Roerink, G.J. y Van derWal, T. (1998b) *The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): Part 2 Validation*, J. of Hydrology, 212-213: 213-229.

Bastiaanssen, W. G. M. (2000) *SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey*. Journal of Hydrology, 222, pp. 87-100.

Bastiaanssen, W.G.M., Noordman, E.J.M., Pelgrum, H., Davids, G., Thoreson B.P. y Allen, R.G. (2005) *SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions*. J. Irrig. and Drain. Engrg, ASCE 131(1):85-93.

Hafeez, M.M., Chemin, Y., Van De Giesen, N. y Bouman, B. (2002) *Field Evapotranspiration estimation in central Luzon, Philippines using different sensors: Landsat 7 ETM+, Terra Modis and Aster*. In: ISPRS/CIG conference July 8-12, Canada. INRENA (2004) *Propuesta de asignaciones de agua en bloque – volúmenes anuales y mensuales para la formalización de derechos de uso de agua en el valle huaura*. PROFODUA-IRH.

Jia, L., Xi, G., Liu, S., Huang, C., Yan, Y., y Liu, G. (2009) *Regional estimation of daily to annual regional evapotranspiration with MODIS data in the Yellow River Delta wetland*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 1775–1787.

Kustas, W. P. (1990) *Estimates of evapotranspiration with a one- and two-layer model of heat transfer over partial canopy cover*. Journal of Applied Meteorology, 29, pp. 704-715.

Mohamed, Y.A., Bastiaanssen, W.G.M. y Save-nije, H.H.G. (2004) *Spatial variability of evaporation and moisture storage in the swamps of the upper Nile studied by remote sensing techniques*, Journal of Hydrology, Vol. 289, pp. 145-164.

Morse, A., Tasumi, M., Allen, R. G. y Kramber, W. J. (2000) *Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and streamflow depletion in the Bear river basin of Idaho through remote sensing - Final Report*. Idaho Department of Water Resources - University of Idaho.

Oberg, J.M. y Melesse, A. M. (2006) *Evapotranspiration Dynamics at an Ecohydrological Restoration Site: An Energy Balance and Remote Sensing Approach*. Journal of the American Water Resources Association, vol. 42, Issue 3, p.565-58.

Tasumi, M., Bastiaanssen, W.G.M. y Allen, R.G. (2000) *Application of the SEBAL methodology for estimating consumptive use of water and stream flow depletion in the Bear River Basin of Idaho through remote sensing*. EOSDIS Project Final Report, Appendix C.

Thomthwaite, C.W. y Mather, J.R. (1955) *The water balance*. Publications in climatology. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology. Vol. VIII, No. 1

Waters, R., Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R. y Bastiaanssen, W.G.M. (2002) *SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land): Advanced Training and Users Manual*. Idaho Department of Water Resources. p. 98.



X TOPCART 2012

CONGRESO IBEROAMERICANO DE GEOMATICA Y CIENCIAS DE LA TIERRA

Madrid, del 16 al 19 de octubre 2012. Pabellón de la Pipa



www.top-cart.es

DetECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ÁRBOLES EN ÁREAS FORESTALES EMPLEANDO DATOS LIDAR E IMÁGENES DE ALTA RESOLUCIÓN

Resumen

En este trabajo se propone una metodología para automatizar la detección y la localización de la unidad de árbol en zonas forestales a partir de datos LiDAR e imágenes multiespectrales de alta resolución. Para ello, se han utilizado algoritmos para el preprocesado de datos LiDAR y para la detección y localización de árboles. Los resultados obtenidos son satisfactorios, consiguiendo tasas de aciertos en la detección y localización que pueden ser útiles para ciertas aplicaciones prácticas en inventarios forestales.

Introducción

Durante los últimos años, numerosos proyectos medioambientales han hecho de la gestión forestal una necesidad actual captando la atención de las nuevas tecnologías LiDAR para la obtención de datos tridimensionales en masa, su análisis y aplicación en inventarios forestales (Hudack et al., 2009 y Yu et al., 2010). Las aplicaciones de los datos LiDAR e imágenes multiespectrales no solo resultan útiles en el inventariado de zonas forestales. Estos datos ofrecen un amplio abanico de posibilidades como puede ser la detección de edificios, aplicaciones hidrológicas, agrícolas o la creación de modelos de predicción de incendios.

El LiDAR (Light Detection And Ranging) está basado en una combinación de tres sistemas de toma de datos diferentes: un láser escáner aerotransportado, un sistema GPS y un sistema inercial o INS (Baltsavias, 1999). Gracias a los datos proporcionados por el LiDAR se pueden calcular variables de estructuras forestales difíciles de obtener de forma directa mediante trabajos de campo. La estructura forestal puede caracterizarse mediante medidas relacionadas con la cobertura vegetal y la altura como variables más comunes, y otras como son las relaciones entre altura, copa y diámetro. Estas variables permiten obtener un mejor conocimiento y control de las zonas forestales. Es habitual encontrar casos en los que el conocimiento de estas características es insuficiente, por lo que hay que buscar otro tipo de variable u objeto, como son las unidades de árbol, sobre las que se pueda trabajar (Heinzel et al., 2008). Las características dendrométricas y dasométricas son fundamentales para el inventariado y catalogación

de bosques, debido a que permiten conocer en profundidad la estructura interna, biomasa, biodiversidad, detección del crecimiento o cambios en los ecosistemas, entre otros. Algunos trabajos realizados utilizando métodos multiespectrales con procedimientos LiDAR muestran resultados prometedores para la segmentación de zonas forestales, obteniendo valores elevados de precisión en la detección de árboles (Suárez et al., 2005).

La detección y localización de árboles se puede abordar desde diferentes puntos de vista y utilizando diferentes algoritmos o procedimientos. En la metodología propuesta se han utilizado los algoritmos "watershed" y "máximos locales", los más extendidos en la detección y segmentación de árboles (Hirata et al., 2009; Wulder et al., 2000; Pouliot et al., 2002; Leckie et al., 2005).

El presente trabajo pretende aportar una solución práctica a un problema real a partir de la combinación de imágenes multiespectrales y datos LiDAR, siendo el objetivo principal desarrollar una metodología que automatice la detección de los árboles sobre zonas forestales basándose en estos datos. Además, se han comparado varios algoritmos de interpolación de datos LiDAR y se han evaluado dos algoritmos de segmentación, detección y localización de árboles.

Con estos estudios y métodos desarrollados se pretende avanzar en el desarrollo de las técnicas de localización para la estimación de las características dendrométricas necesarias para cualquier inventariado o estudio de áreas forestales.

Área de estudio y datos utilizados

El estudio se ha realizado en una zona de montaña de 4.000 ha con grandes extensiones forestales situada en la provincia de Cuenca. Se pueden encontrar áreas forestales de diferentes densidades, así como zonas de matorral y suelo desnudo. En las zonas arboladas se encuentran diversas especies de árboles en las que predominan tres especies básicas de pino: *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster* y *Pinus nigra*. La altura media es de 10 metros, pudiéndose encontrar casos de árboles que se sitúan sobre los 20 metros de altura.

Los datos LiDAR utilizados poseen una densidad nominal de 4 pts/m². Las imágenes multiespectrales utilizadas son ortoimágenes RGB e IR (PNOA) con una resolución de 0,5 metros de tamaño de píxel. Como datos de campo se catalogaron parcelas circulares de estudio de 50 metros de diámetro de las cuales se conoce el número de árboles y su localización obtenida a partir de GPS. Tanto los datos LiDAR como los datos de campo, fueron los utilizados en los trabajos enmarcados en el proyecto TSI-020100-2009-815, Desarrollo de técnicas y métodos para la gestión forestal sostenible a partir de datos de observación de la Tierra (INFOREST-II). Las ortoimágenes del PNOA fueron obtenidas a partir de la IDEE de Castilla la Mancha.

Metodología de trabajo

La metodología de trabajo (Figura 1) se puede dividir en tres partes: (i) el preprocesado de los datos, (ii) el proceso de detección y localización de árboles y (iii) la evaluación del método.

El primer algoritmo utilizado está basado en una predicción lineal con una precisión individual para cada una de las medidas tomadas (Kraus y Pfeifer, 1998), implementado como un proceso iterativo de cálculo de superficies entre puntos de referencia en el terreno y el modelo de superficie media. El tamaño de la zona de estudio y el volumen de los datos a gestionar hizo necesario el cálculo del modelo digital por zonas, por lo que al finalizar la generación del mismo se realizó un mosaico de toda la zona de estudio (Figura 3).

El segundo algoritmo para el modelo digital de superficie es el propuesto por Estornell et al. (2011) en el que se filtran en un primer paso los puntos que no pertenecen al suelo a partir de un proceso iterativo para la selección de puntos mínimos, donde se seleccionan los puntos de altura mínima dentro de una ventana inicial que va recorriendo toda la zona de estudio. A partir de estos puntos se calculan los modelos digitales del terreno y de superficies.

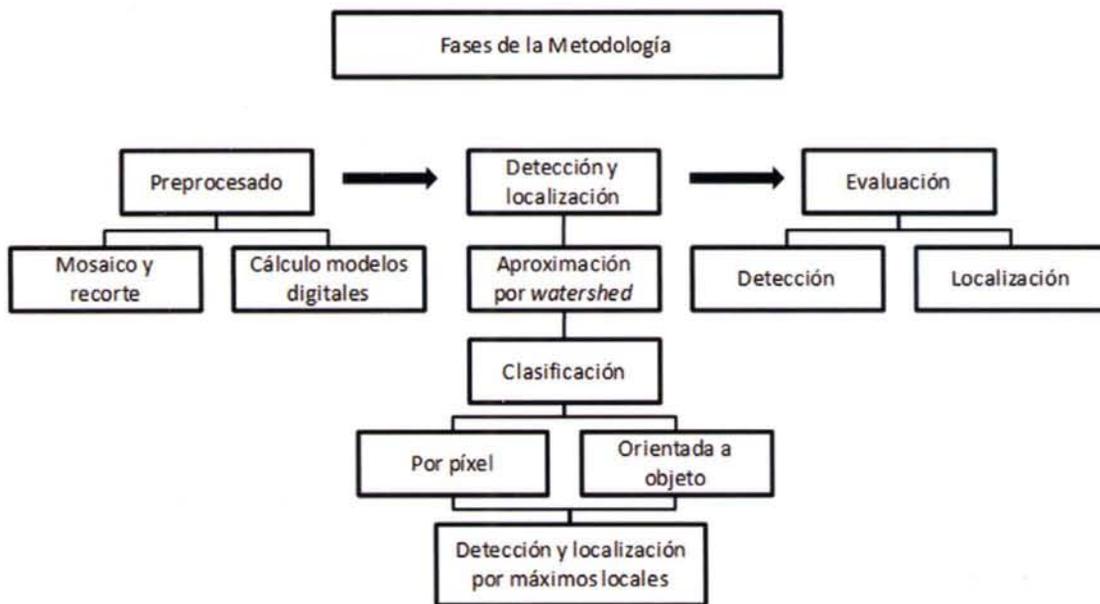


Figura 1. Esquema de la metodología empleada.

Preprocesado de los datos

En el trabajo se han realizado tareas de preprocesado de las imágenes y también de los datos LiDAR. El preprocesado de las imágenes ha consistido en el mosaico y recorte de éstas según la zona de estudio (Figura 2). Los datos LiDAR se han procesado con dos algoritmos diferentes para realizar un estudio comparativo y calcular un modelo adecuado a las necesidades del trabajo.

La comparación entre los modelos del terreno generados se ha realizado mediante estudios de diferencias y desplazamientos entre ambos. Se encontraron áreas con diferencias significativas entre debido principalmente a la falta de densidad de puntos LiDAR, ya que en dichas zonas discurrían vaguadas con presencia de agua. En ellas se han podido ver varios de los efectos que se producen con los dos algoritmos estudiados (Figuras 4 y 5).

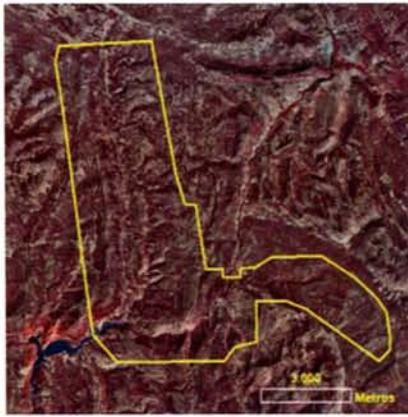


Figura 2. Mosaico de ortoimágenes PNOA en IR con zona de estudio.

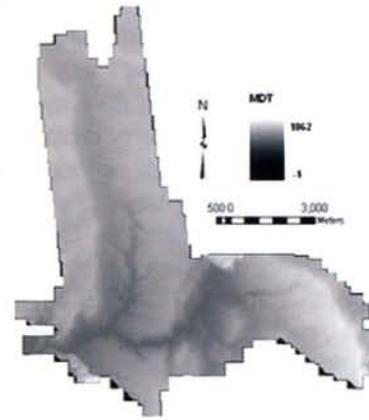


Figura 3. Mosaico de modelo digital del terreno (algoritmo Kraus y Pfeifer).

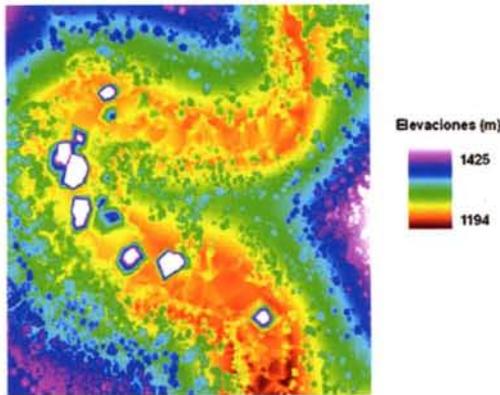


Figura 4. Detalle de modelo de superficies con errores por falta de densidades LiDAR (algoritmo de filtrado iterativo).

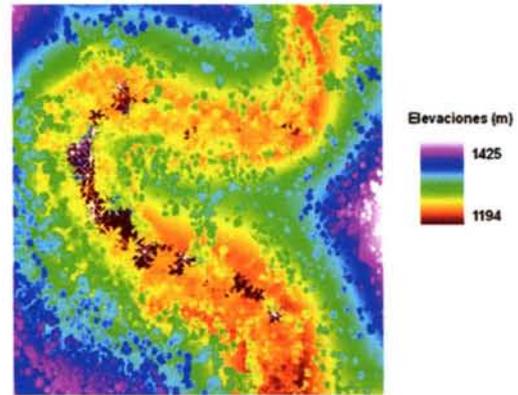


Figura 5. Detalle de modelo de superficies con errores por falta de densidades LiDAR (algoritmo Kraus y Pfeifer).

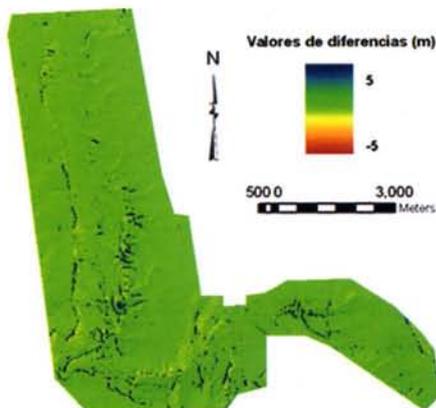


Figura 6. Mapa de diferencias entre modelos con intervalo de valores entre 5 y -5 metros.

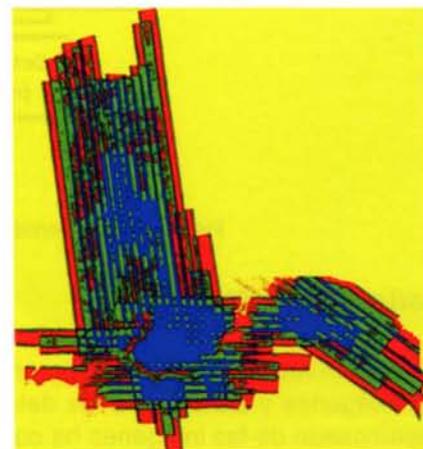


Figura 7. Mapa de densidades LiDAR. (En amarillo las zonas sin puntos; en rojo zonas con densidades menores a 5 $\text{pts/m}^2</math>; en verde densidades entre 5 y 10 $\text{pts/m}^2</math>; en azul densidades superiores a 10 $\text{pts/m}^2</math>)$$$

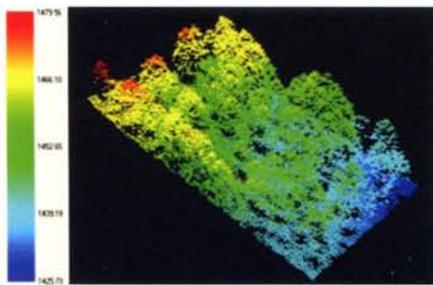


Figura 8. Modelo de vegetación no normalizado (unidades en metros).

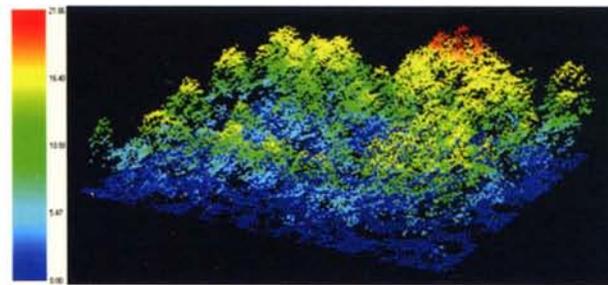


Figura 9. Modelo de vegetación normalizado (unidades en metros).

El mapa de diferencias entre los modelos generados por los dos algoritmos se puede observar en la Figura 6, donde se muestran las zonas con mayor divergencia entre modelos. Estas zonas se corresponden con terrenos de altos desniveles o con vaguadas donde la densidad de puntos LiDAR es menor. Las diferencias están acotadas en un rango de valores entre los 5 y -5 metros, donde se encuentran el 99.8% de píxeles en toda la zona de estudio.

Otra forma de evaluar los algoritmos ha sido el estudio de las orientaciones, en el que se ha querido comprobar si alguno de los algoritmos utilizados introduce desplazamiento en los modelos durante el proceso de filtrado o en la interpolación al observarse valores anormalmente elevados en el mapa de diferencias. Para ello, se han realizado mapas de orientaciones de ambos modelos y se han relacionado con los mapas de diferencias. Los resultados obtenidos muestran que ningún algoritmo introduce ningún desplazamiento, confirmando así que los valores elevados de las diferencias se deben a las bajas densidades de datos LiDAR en las zonas antes mencionadas.

Una vez realizado el estudio entre modelos digitales se ha escogido el modelo procesado mediante el algoritmo de filtrado iterativo de selección de puntos mínimos, debido a que se adapta mejor a las zona de trabajo presentando menores discrepancias y mejores ajustes en zonas de grandes cambios de pendiente. Se ha generado un modelo de vegetación de 0,5 metros de tamaño de píxel en el que, al realizar la diferencia entre el modelo digital de superficie y el modelo digital del terreno, se han obtenido los árboles normalizados a un mismo nivel de referencia (Figuras 8 y 9).

Detección y localización de árboles

Para la detección y la localización de árboles se ha combinado la información LiDAR con la información multispectral. El procedimiento consiste en una primera aproximación en cuanto al conteo de árboles a partir de una segmentación basada en el algoritmo "watershed". Tras esta primera

aproximación, se realiza la detección y localización de cada uno de los árboles mucho más precisa con el algoritmo de "máximos locales".

El algoritmo "watershed" ha sido utilizado como método de segmentación en otros trabajos con información multispectral (Tarabalka et al., 2010) y también con datos LiDAR (Andersen et al., 2005; Popescu y Wayne, 2004). La metodología propuesta pretende utilizar ambos tipos de información.

En el primer método para la detección de árboles se ha utilizado la información multispectral en forma de NDVI (índice de vegetación normalizado) y el modelo de vegetación normalizado o CHM derivado de los datos LiDAR. Así, se detectan las zonas de masas forestales, las cuales se filtran y procesan (Figura 11) con un filtro de suavizado que permite resaltar las copas de los árboles (Recio, 2009). Tras el realce de las copas, se realiza la inversión de la imagen, de forma que las copas de los árboles se convierten en las zonas más bajas (Figura 12). De esta forma, al aplicar el algoritmo "watershed" se detectan las copas de los árboles que actúan como sumideros, generándose polígonos o segmentos correspondientes a cada una de las copas de los árboles (Figuras 13 y 14). La Figura 15 muestra el modelo digital de vegetación o CHM sobre un ejemplo de imagen con los contornos correspondientes a las copas de los árboles. Esta primera detección es una aproximación en cuanto al número total de árboles sobre las zonas de estudio y en cuanto a su localización. Uno de los problemas que presenta la primera segmentación es que se generan segmentos que no se corresponden con árboles, sino con matorrales y pequeñas zonas de suelo desnudo. Por ello, el siguiente paso consiste en la clasificación por píxel de toda la zona de estudio, utilizando las bandas G (verde), R (rojo), el NDVI y el modelo de vegetación, seguida de una clasificación orientada a objetos partiendo de los segmentos generados (Figuras 16 y 17). De esta forma, se ha asignado a cada segmento una clase de suelo, matorral o árbol. Los resultados de la clasificación orientada a objetos se muestran en la tabla 1.

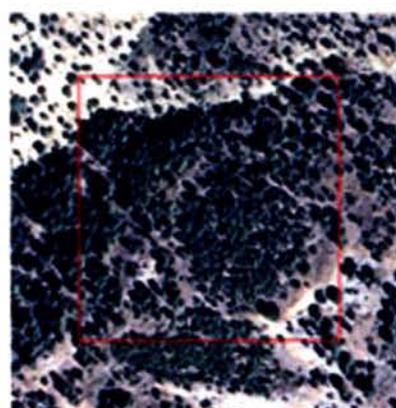


Figura 10. Detalle de la zona.

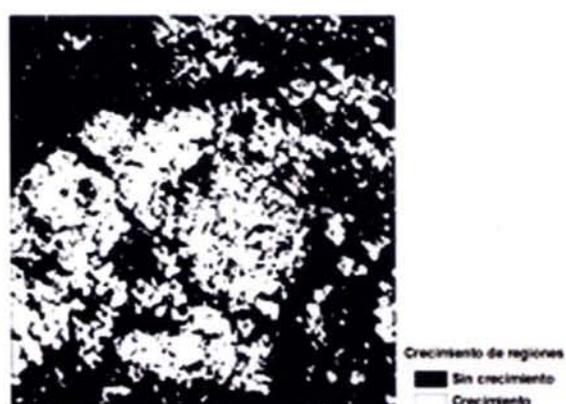


Figura 11. Máscara forestal mediante NDVI.

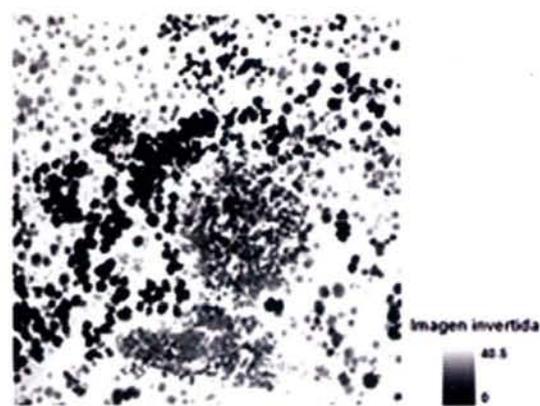


Figura 12. Inversión de la imagen filtrada (unidades en metros).

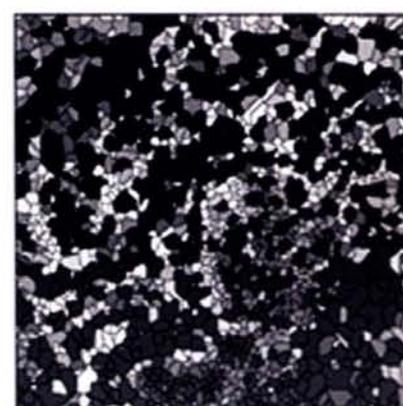


Figura 13. Segmentos calculados mediante el algoritmo "watershed".

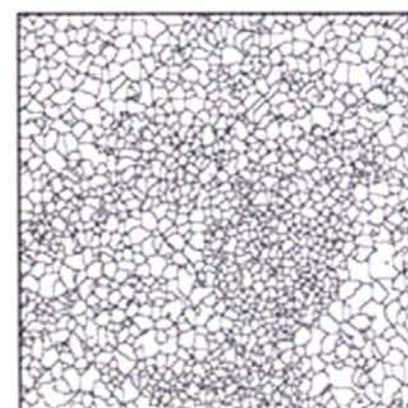


Figura 14. Contornos de los segmentos generados.

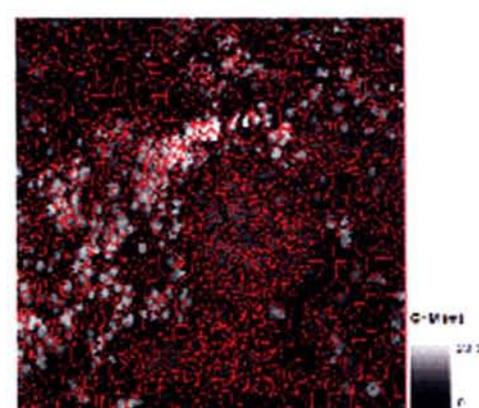


Figura 15. Imagen del CHM con los segmentos generados.

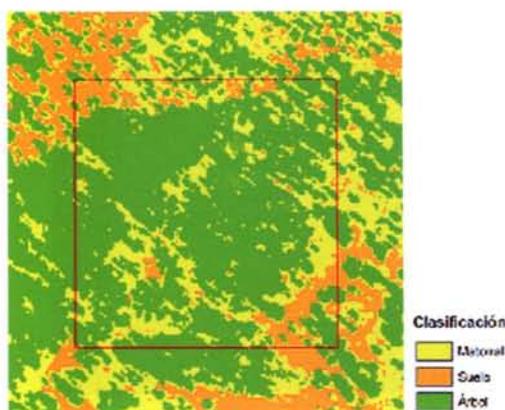


Figura 16. Imagen de ejemplo clasificada.

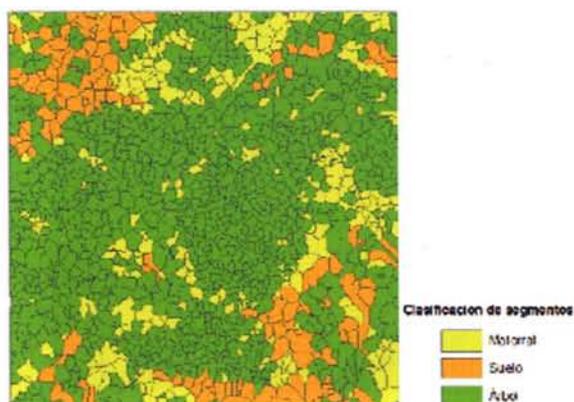


Figura 17. Ejemplo de clasificación por objeto

Tabla 1. Resultados de la clasificación orientada a objetos de la imagen completa

Clasificación		Evaluación			Total general
		Matorral	Suelo	Árbol	
Clasificación	Matorral	21	19	2	42
	Suelo	2	8		10
	Árbol	7	3	28	38
Total general		30	30	30	90
					63.3%

Si bien la fiabilidad global es baja, la clase árbol está bien definida y diferenciada con respecto a las otras dos. Con propósito de detectar los segmentos de árbol, los valores bajos en la clasificación de suelo y matorral no se consideran de importancia. Los segmentos clasificados como árbol son contados y comparados con los datos de campo y calculando las estadísticas a nivel de parcela. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Error máximo y mínimo de conteo por exceso y por defecto y media de aciertos por parcela

Nº Parcelas estudiadas	56
Máximo exceso	15 ud
Máximo defecto	37 ud
Media de aciertos por parcela	67,00%

Una vez realizada la segmentación, en las zonas más densas se percibe una falta de segmentación, esto es, en ocasiones existen varios árboles dentro de un mismo segmento. Por el contrario, existen segmentos en los que se encuentra tan solo un árbol que ha sido clasificado como suelo o matorral

debido a la gran presencia de estos en torno al árbol (Figuras 18 y 19).

Estos ejemplos ponen de manifiesto parcelas en las que los segmentos han sido incorrectamente clasificados, introduciendo así un error por defecto de árboles localizados en esta primera aproximación. A pesar de ello, se han conseguido detectar 1872 árboles de un total de 2387 árboles de referencia.

La localización realizada mediante este método se ha evaluado a partir de los geocentros de los segmentos. De esta forma, comparando los geocentros estimados con el árbol observado más cercano, se han calculado las estadísticas de localización que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Estadísticas de localización (en metros)

Nº Parcelas estudiadas	56
Media desplazamiento	4,14 m
Desviación típica general	3,22 m

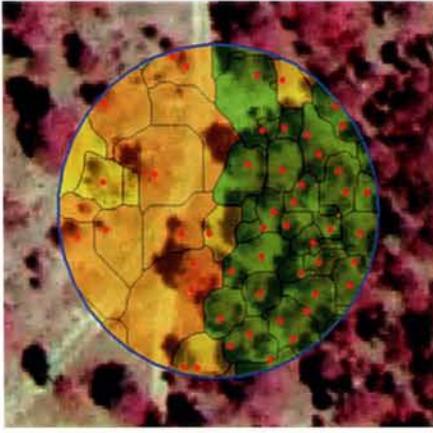


Figura 18. Ejemplo de clasificación orientada a objeto de la parcela 5. (Los puntos rojos son los árboles tomados en campo, los polígonos amarillos los segmentos clasificados como suelo, en naranja los clasificados como matorral y en verde los clasificados como árbol.

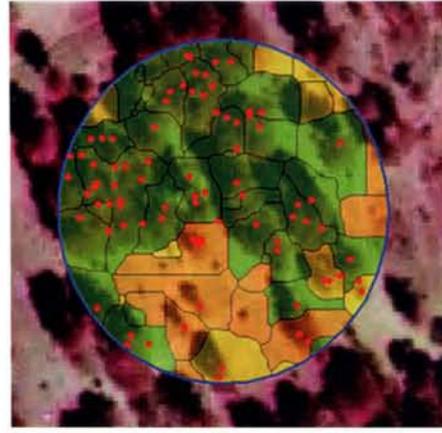


Figura 19. Ejemplo de clasificación orientada a objeto de la parcela 11. (Los puntos rojos son los árboles tomados en campo, los polígonos amarillos los segmentos clasificados como suelo, en naranja los clasificados como matorral y en verde los clasificados como árbol.

A partir de las anteriores aproximaciones se inicia un proceso de detección más riguroso basado en el algoritmo de máximos locales. Este segundo proceso analiza cada segmento anteriormente calculado y procesa las diferentes clases contenidas (árbol, suelo o matorral). Si un segmento analizado contiene algún elemento correspondiente a un árbol (un píxel clasificado como árbol), este segmento es procesado y se busca sobre él la copa del árbol del modelo de vegetación. Éste modelo es previamente filtrado y posteriormente se le aplica el algoritmo de máximos locales. De esta forma, se analizan los segmentos susceptibles de tener uno o más árboles en su interior, evitando errores por defecto. La Figura 20 muestra un ejemplo de detección de árboles sobre el modelo de vegetación a partir de los segmentos anteriormente calculados y clasificados.

Una vez calculadas las coordenadas de los árboles, se evalúan la detección y la localización a partir de la referencia de las parcelas tomadas en campo. El número total de árboles detectados con este segundo proceso es de 2394, siendo el total de árboles de referencia, como se ha comentado anteriormente, de 2387 unidades, existiendo una diferencia de tan sólo 7 árboles por exceso respecto a las parcelas de referencia.

Evaluación del método

La evaluación se diferencia en dos partes: el conteo y la localización.

El conteo se ha realizado por parcela, calculando la media de aciertos por unidad de parcela. En este proceso más preciso se ha obtenido una media de aciertos por parcela del 81,7%. Los errores máximos y mínimos calculados se expresan en términos absolutos, por lo que muestran el máximo error cometido por defecto y por exceso. Los errores y la media de aciertos se muestran en la Tabla 4.

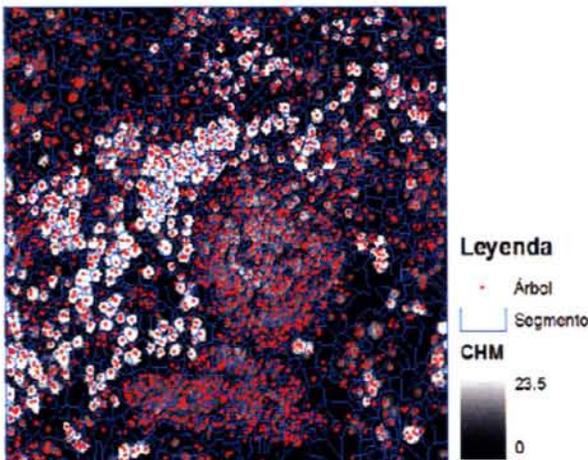


Figura 20. Árboles detectados sobre segmentos y CHM.

Tabla 4. Errores máximo y mínimo y media por parcela

Nº Parcelas estudiadas	56
Máximo exceso	22 ud
Máximo defecto	12 ud
Media de aciertos por parcela	81,70%

En cuanto a la localización, se han obtenido unos resultados que mejoran a los resultados aproximados en gran medida, consiguiendo una media de desplazamiento total de 1,23 metros, inferior a los 3 píxeles de desplazamiento. La Tabla 5 muestra las estadísticas de la localización de árboles.

Tabla 5. Estadísticas generales de la localización de árboles con el método de máximos locales

	Media	Desviación std.
Media	1.233 m	0.223 m
Desv. típica general	0.704 m	0.154 m

Con las localizaciones se han calculado gráficas de dispersión tanto para los resultados aproximados como para los finales. Estas gráficas consisten en representar la distancia de los árboles detectados en función de los árboles de referencia en dos ejes de coordenadas: coordenadas X y coordenadas Y, donde el centro de la imagen representa un error cero en la localización (Figuras 21 y 22).

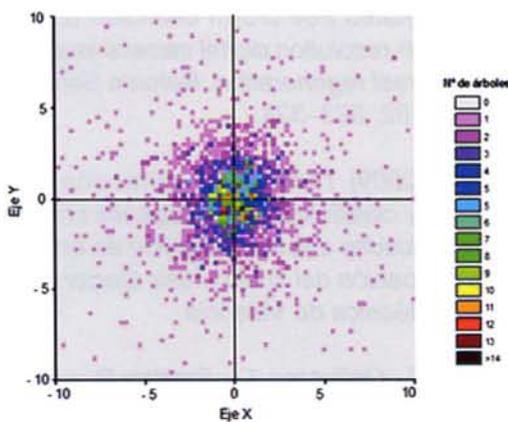


Figura 21. Gráfica de dispersión de los resultados aproximados.

Como se puede observar en las gráficas de dispersión, los resultados finales muestran un menor desplazamiento que con el primer método realizado, mejorando la media del desplazamiento en aproximadamente 3 metros. Las gráficas muestran los errores en los dos ejes de desplazamiento de los árboles detectados con respecto del árbol de referencia más cercano. La leyenda muestra los colores en función de la cantidad de árboles. En la Figura 21 se observa una mayor dispersión observando una concentración de árboles mayor en torno a los 4 metros. La Figura 22, correspondiente a la segunda fase de detección, se caracteriza por

una concentración de valores en el punto central de la gráfica indicando una mayor precisión en la localización.

Discusión de resultados y conclusiones

En el primer proceso se han obtenido valores aproximados que han permitido obtener mejores resultados con el segundo proceso más preciso.

En este primer proceso han intervenido tanto datos LiDAR filtrados como información multispectral en forma de índices de vegetación y de clasificaciones. Se podría haber conseguido una mejor aproximación tratando los parámetros utilizados de forma individual para cada una de las parcelas según su densidad arbórea.

El principal problema que se ha presentado en la aproximación es que el conteo y localización han dependido principalmente de la clasificación orientada a objeto, dándose casos en los que a pesar

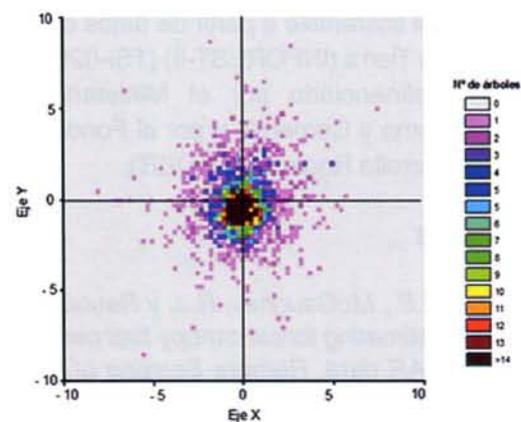


Figura 22. Gráfica de dispersión de los resultados finales tras el método de detección de máximos locales.

de haberse clasificado píxeles como árbol dentro de los segmentos, su valor de moda corresponde al de otra clase, por lo que se introduce un error por defecto. En cambio, en aquellas zonas de gran densidad se produce un exceso. Ambos errores se han corregido en su gran mayoría en el segundo proceso.

En la fase de mejora de la primera aproximación se han obtenido resultados muy satisfactorios tanto en conteo como en localización. Esta ha dependido básicamente de los segmentos obtenidos en la aproximación, los cuales se han tratado individualmente para conseguir un conteo y una locali-

zación más precisos. A la vista de los resultados, se plantea un método automático para detectar y localizar la unidad de árbol sobre zonas forestales con una fiabilidad en torno al 81% con un error medio de 1,2 metros.

Con la detección individual de árboles se puede obtener características de cada uno de ellos entre las cuales, se encuentran características dasométricas necesarias para estimaciones de biomasa, conocimiento de estructuras arbóreas, especie, etc., obtenidas tradicionalmente por campañas de campo exhaustivas y caras.

La metodología de detección y segmentación reduce parte del trabajo de campo y facilita el cálculo de estas características. Estos métodos tienen amplias posibilidades de futuro con aplicaciones orientadas a la gestión de zonas forestales, inventariado forestal, detección de cambios en los ecosistemas y otras aplicaciones similares.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto Desarrollo de técnicas y métodos para la gestión forestal sostenible a partir de datos de observación de la Tierra (INFOREST-II) (TSI-020100-2009-815), cofinanciado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

Andersen, H.E., McGaughey, R.J. y Reutebuch, S.E. (2005). *Estimating forest canopy fuel parameters using LiDAR data. Remote Sensing of Environment* 94, 441–449.

Baltsavias, E.P. (1999). *Airborne laser scanning: basic relations and formulas. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54, 199–214.

Estornell, J., Ruiz, L.A., Velázquez-Martí, B., Hermosilla, T., (2011) *IN PRESS. Analysis of the factors affecting LiDAR DTM accuracy in a steep shrub area. International Journal of Digital Earth.*

Heinzel, J.H., Weinacker, H. y Kock, B. (2008). *Full automatic detection of tree species based on delineated single tree crowns – a data fusion approach for airborne laser scanning data and aerial photographs. SilviLaser. Edinburgh. UK.*

Hirata, Y., Furuya, N., Suzuki, M. y Yamamoto, H. (2009). *Airborne laser scanning in forest management: Individual tree identification and laser*

pulse penetration in a stand with different levels of thinning. Forest Ecology and Management 258, 752–760.

Hudack, A.T., Evans, J.E. y Smith, A.M.S. (2009). *LIDAR utility for natural resource managers. Remote Sensing* 1, 934-951

Kraus, K., y N. Pfeifer (1998). *Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* 53, 193-203.

Leckie, D.G., Gougeon, F.A., Tinis, S., Nelson, T., Burnett, C.N. y Paradine, D. (2005). *Automated tree recognition in old growth conifer stands with high resolution digital imagery. Remote Sensing of Environment* 94, 311-326.

Popescu, S.C. y Wynne, R.H. (2004). *Seeing the trees in the forest: using LiDAR and multispectral data fusion with local filtering and variable window size for estimating tree height. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 70, 589–604.

Pouliot, D.A, King, D.J., Bell, F.W. y Pitt, D.G. (2002). *Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. Remote Sensing of Environment* 82, 322–334.

Recio, J. (2009) *Técnicas de extracción de características y clasificación de imágenes orientada a objetos aplicadas a la actualización de bases de datos de ocupación del suelo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.*

Suárez, J.C., Ontiveros, C., Smith S. y Snape, S. (2005). *Use of airborne LIDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry. Computer & Geosciences* 31, 253-262.

Tarabalka, Y., Chanossot, J. y Benediktsson, J.A. (2010). *Segmentation and classification of hyperspectral images using watershed transformation. Elsevier- ScienceDirect -Pattern Recognition* 43, 2367–2379.

Wulder, M., Nieman, K.O. y Goodenough, D.G. (2000). *Local Maximum Filtering for the Extraction of Tree Locations and Basal Area from High Spatial Resolution Imagery. Remote Sensing of Environment* 73, 103-114.

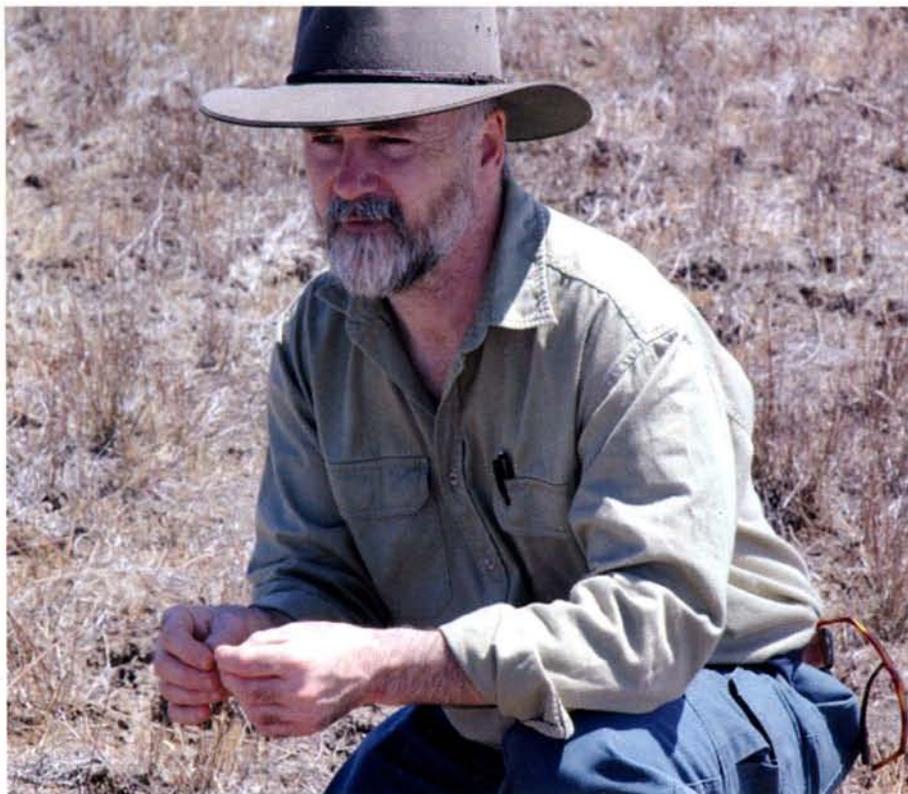
Yu, X., Hyyppä, J., Holopainen, M. y Vastaranta, M. (2010). *Comparison of Area-Based and Individual Tree-Based Methods for Predicting Plot-Level Forest Attributes. Remote Sensing* 2, 1481-1495.

Uso de gvSIG como principal Sistema de Información Geográfica para el análisis de los datos espaciales y la producción de mapas en una pequeña empresa de consultoría ecológica

Simon Cropper, Consultor Principal, Botanicus Australia Pty Ltd
Copyright: Simon Christopher Cropper 2010

Perfil del autor:

Simon Cropper trabaja como ecólogo profesional desde 1985, y ha participado en trabajos de investigación, en el desarrollo e implementación de programas de supervisión, en la investigación ecológica, y en la gestión de especies y ecosistemas importantes. También es autor del libro "Management of endangered plants" ("Gestión de plantas en peligro de extinción"), publicado por el CSIRO. En 1993, fundó la consultoría para el manejo de recursos naturales Botanicus, que ha dado servicio desde entonces a un amplio número de clientes de administración pública y del sector privado, y ha realizado numerosos estudios de flora y fauna en Victoria, Australia.



Simon Cropper inspeccionando una pradera en el oeste de Melbourne, Victoria, Australia.

Introducción

En septiembre de 2009, después de muchos meses probando diferentes Sistemas de Información Geográfica de escritorio libres y de código abierto para reemplazar ArcView 3.1, decidí que gvSIG (v1.9), junto con el módulo Sextante, podía realizar la mayor parte, si no todas las tareas que requería como parte de mi línea habitual de actividades (Cropper en la prensa).

Soy un ecólogo y necesito un Sistema de Información Geográfica confiable y robusto, tanto para uso en la oficina como en el campo. El trabajo de

oficina implica la preparación de base de datos espaciales de referencia en campo (por ejemplo, fotografías aéreas, contornos, datos catastrales, datos históricos de vegetación, etc), el análisis de los datos recogidos en el terreno, y la preparación de mapas para mostrar a mis clientes y a las autoridades apropiadas que he encontrado. El trabajo de campo implica con frecuencia referencias a datos históricos y el registro de puntos de muestreo (puntos, líneas o polígonos). La estratificación se realiza directamente en el slate computer (Tablet-PC sin teclado) utilizando la versión de escritorio de gvSIG con una pluma.



Observe las líneas que muestran la extensión de un desarrollo propuesto y la fotografía aérea de fondo. Los elementos que se observan en esta fotografía aérea se utilizan para colocar los límites de los estratos que muestran el alcance de diferentes tipos de vegetación.

Debate

Mis proyectos son diversos, ya que es lo que necesito de mi Sistema de Información Geográfica, por lo que he resumido algunos de los proyectos más recientes, sobre todo los que he desarrollado utilizando gvSIG (v1.9) con el módulo de Sextante instalado, con el objetivo de mostrar cómo este conjunto de aplicaciones puede ser utilizado por pequeñas empresas contratistas, agencias gubernamentales y organizaciones no gubernamentales para cubrir sus requerimientos geospaciales.

Por descontento, por razones de confidencialidad, los detalles exactos de cada proyecto no puede ser publicados, por lo que las descripciones se han generalizado para evitar la violación de la confidencialidad.

Como más adelante me referiré a una serie de procesos del sistema, cabe destacar que corría la versión 1.9 de gvSIG (Build 1253) en Ubuntu 9.10 © 'Karmic Koala' mientras trabajaba en todos estos proyectos, aunque recientemente he actualizado a Ubuntu © 10,4 'Lucid Lynx'. Todavía utilizo Windows © XP Professional, pero en una máquina virtual con VirtualBox, en lugar de arranque dual, para poder mover los datos de un lado a otro con rapidez.

El principal programa utilizado en Microsoft Windows © es Visual FoxPro ©, un sistema de base de datos que utilizo para almacenar y manejar los datos de flora y fauna de que recojo en campo.

Ejecuto gvSIG en este entorno virtual, pero necesito convertir los archivos del proyecto desde el formato del sistema de archivos de Ubuntu © al formato del sistema de archivos de Windows © antes de utilizarlos. Esto se consigue utilizando una rutina de conversión interna escrita en Visual FoxPro ©.

También utilizo una slate computer J3400 de Motion Computing, que se ejecuta sobre Windows Vista ©, para recoger datos sobre el terreno (Cropper 2010). Para la revisión histórica y para crear nuevos datos espaciales en campo utilizo gvSIG Desktop en este ordenador. Desde aquí se accede directamente a los archivos del proyecto, por lo que una vez que he sincronizado los ordenadores, toda la información que tengo en la oficina la tengo disponible en el campo, y todos los datos creados en campo los tengo disponibles en la oficina.

Proyecto 1: Gestión de prioridades en las reservas de conservación basadas en el análisis espacial de los activos de conservación y amenazas como las malas hierbas, las plagas o la gestión ecológica inadecuada.

El objetivo de este proyecto consistía en vigilar 251 zonas de gran importancia para la conservación en 11 reservas, en un Área de Gobierno Local (LGA) y luego utilizar los resultados de estas evaluaciones para dar prioridad a las obras en curso. Esta área de estudio era de 44 hectáreas.

gvSIG se utilizó para ayudar a localizar los límites de los puntos de control, para proporcionar algunos atributos básicos espaciales a cada zona, y para establecer la distancia entre cada zona. Estos datos podrían ser utilizados en el análisis posterior, y para preparar mapas que pudieran incluirse en el informe.

Algunas de las tareas específicas llevadas a cabo utilizando gvSIG incluyen:

1. Fotografías aéreas georreferenciadas, en formato ERMapper Compressed Wavelets (ECW) con los límites de la zona superpuestos, que se mostraban en gvSIG en un slate computer en campo. Como la resolución de las imágenes era de 0,15 metros por píxel, en gvSIG se podía ver fácilmente una única zona (por lo general ~ 0,2 hectáreas de extensión), el área próxima o toda la reserva, por lo que es muy fácil de utilizar como herramienta de navegación.

2. Los límites de los puntos de control que cambiaban, se iban ajustando fácilmente en campo en

el slate computer con la pluma. Para ediciones complejas o cuando convenía, la pantalla era "impresa" a Microsoft® Journal, se observaban los cambios en el archivo importado, y luego se implementaban una vez de vuelta en la oficina.

3. Para crear tablas de resumen de cada reserva se necesitan estimaciones de superficie. Éstas se obtenían fácilmente desde gvSIG, ya sea utilizando la opción del menú "Capa: Agregar información geométrica ..." o si tenía que utilizar un nombre único, la función "Área()" de la Calculadora de campos. Esta tabla de datos se exportaba después a Visual FoxPro® para el análisis adicional.

4. Parte del análisis espacial implica marcar aquellos lugares que contienen las malas hierbas, de alta amenaza, que necesitan un control activo, y que ponen en peligro la conservación de la vegetación de gran importancia en lugares cercanos.

Por lo tanto, es fundamental conocer la distancia entre las zonas. La opción 'Herramientas para capas vectoriales: Distancia y ángulos', del módulo de Sextante, se utilizó para calcular la distancia mínima entre las zonas, la distancia entre los centroides y la orientación de una zona a otra. Esta información fue utilizada con los datos disponibles para definir los lugares que necesitan una gestión activa (Cropper 2008).

5. Una vez se terminó el análisis, se realizaron los mapas de campo que muestran el alcance de cada punto de control con una cuadrícula que muestra las coordenadas espaciales del sistema local. Estos mapas se exportaron a imágenes por distintos medios, para su inclusión en el informe final (gvSIG no puede imprimir a imagen directamente y se necesitan varios trucos para obtener el resultado en el formato adecuado para la importación a un documento de procesador de textos). Además, para cada reserva se ha preparado mapas que muestran el tipo de vegetación, la calidad de la vegetación y la importancia de la conservación

Proyecto 2: Revisión regional de una Área de Gobierno Local (LGA)

El objetivo de este proyecto era revisar toda la información existente para la LGA (el terreno, la geología, la vegetación anterior a 1750, la vegetación existente, de plantas raras o amenazadas, poblaciones de animales, etc) y utilizar esta información para identificar las localidades administradas por la LGA que son de gran importancia para la conservación y que necesitan una gestión intensiva. El área de estudio era de 65 kilómetros cua-

drados.

gvSIG se utiliza para representar datos espaciales históricos de variedad de fuentes para la LGA, y posteriormente para realizar un análisis espacial básico. Obviamente se requieren mapas detallados en el informe y gvSIG se utilizaba para crear dichos mapas.

Algunas de las tareas específicas llevadas a cabo utilizando gvSIG incluyen:

1. Centralización de los datos espaciales proporcionados por el cliente y la agencia gubernamental responsable de los datos geoespaciales en Victoria. Donde los datos necesarios fueron reproyectados de AGD66 a GDA94, y / o de coordenadas geográficas a MGA Zona 55.

2. Los datos históricos de flora y fauna almacenados en tablas (con latitud y longitud) fueron importados al Sistema de Información Geográfica y superpuestos con los datos históricos como una capa de eventos.

3. Para crear un modelo digital de elevación con los datos del contorno de la LGA se utilizó Sextante. Estos datos fueron utilizados para crear datos raster que representasen la pendiente y la orientación. Estos conjuntos de datos se asociaron a continuación con otros atributos ambientales (por ejemplo, cursos de agua y geología) para crear regiones de similares características ambientales (subregiones).

4. Se recopilaron los atributos para cada subregión:

a) Los registros de especies amenazadas, que se almacenan en forma de puntos, se recopilaron para cada subregión utilizando enlaces espaciales.

b) Los datos de vegetación, que se almacenan en polígonos, fueron tabulados por recorte entre las dos capas, utilizando el geoprocso "Recortar", y resumiendo después.

c) Para una gran cantidad de conjuntos de datos, los atributos de las tablas se exportaron a archivos xbase separados, editados con Visual FoxPro® y después importados de nuevo en gvSIG a través del menú "Tabla: Importar campos".

5. El área de los polígonos que representan las subregiones o las unidades de vegetación se calculó utilizando la opción del menú "Capa: Agregar información geométrica...", posteriormente, se exportó a una tabla para que la información pudiera

ser resumida y puesta en un informe. Si no era necesario el post-procesamiento, las tablas se exportaron directamente a formato de hoja de cálculo (es decir, xls).

6. Se realizaron comparativas más elaboradas y análisis de déficits con el fin de identificar aquellos atributos ecológicos que actualmente no se encuentran dentro de las tierras administradas por el LGA, y para señalar aquellos sitios que están siendo gestionados y que son de la más alta prioridad para el seguimiento intensivo y la gestión específica.

Proyecto 3: Cartografiado de la vegetación de una reserva de conservación.

El objetivo de este proyecto era trazar un mapa de vegetación en un área, y establecer los cambios ocurridos a lo largo de un periodo de 20 años. El área de estudio era de 37 hectáreas.

Se usó gvSIG para visualizar información relativa a la vegetación histórica y para dar apoyo en la localización de los sitios mediante el uso de fotografías aéreas.

Algunas de las tareas específicas llevadas a cabo utilizando gvSIG incluyen:

1. Reunir datos espaciales dispares recogidos a lo largo de 20 años por varias personas y reproyectarlos para que pudieran ser superpuestos a una imagen actual georreferenciada de la reserva (formato ECW).

2. Los datos históricos se almacenaron en las proyecciones AGD66 geográfica, AGD66 AMG55, ambas geográficas y GDA94, MGA55, GDA95 y en el sistema de coordenadas espaciales GDA94 Vic-Grid; por lo que fue necesario reproyectar algunos archivos y otros, primero transformarlos y luego reproyectarlos. Ninguno de los conjuntos de datos disponía de metadatos por lo que los archivos reproyectados requirieron de referencias cruzadas con capas de proyecciones conocidas.

3. Parte de la información histórica fue almacenada en forma de tablas con las coordenadas de cada registro en dos campos de texto - latitud y longitud, "GGMMSS". Se usó Visual Foxpro® para crear campos numéricos, convertir los datos de texto a grados digitales y cambiar la información de latitud a valor en negativo para asegurar que gvSIG importara los datos al hemisferio correcto.

Esta información tabular se importó a gvSIG como capa de eventos y posteriormente se exportó a shapefile para ser reproyectado.

4. Esta representación pictórica de información histórica superpuesta sobre una imagen actual de la reserva se usó conjuntamente con otra información histórica (notas de campo, listas de localizaciones y fotografías) con la finalidad de ayudar a localizar los sitios históricos de las muestras y para posicionar cuadrículas adicionales para asegurar un muestreo adecuado del resto de la vegetación.

Proyecto 4: Modelado de los patrones de la vegetación previa a 1750 en una pequeña región

El objetivo de este proyecto consistía en revisar y actualizar un mapa de la vegetación existente con anterioridad al asentamiento europeo en una área en el perímetro de Melbourne. El área de estudio era de 48 km².

Se usó gvSIG para revisar información topológica y ecológica en la región, de periodos históricos y contemporáneos, identificar discrepancias y proponer ajustes sobre los datos espaciales o la información de atributos asociada, con el fin de relacionar dicha información con datos de la flora contemporánea en la región.

Algunas de las tareas específicas llevadas a cabo utilizando gvSIG incluyen:

1. Recolección de un amplio espectro de datos históricos y contemporáneos para la región y superposición de los mismos con el fin de deducir patrones ecológicos.

2. Se identificaron un conjunto de anomalías y un análisis complementario fue desarrollado para ayudar a modelizar su distribución. Por consiguiente se creó un modelo digital de elevaciones usando la extensión de Sextante y de dicho conjunto de datos se derivó la información de pendientes y orientación del terreno. Información de la distribución de los árboles dominantes de un número indefinido de tipos de vegetación fue usada para identificar la pendiente y la orientación de donde éstos crecían. El resultado de este análisis espacial se exportó a una hoja de cálculo y posteriormente se importó a una herramienta de cálculo estadístico para análisis complementarios.

3. Se dedujo que cierto tipo de árboles solo están presentes en ciertas orientaciones y que dicho

dato era estadísticamente significativo. Este resultado permitió la confección de un perfil ambiental que podría ser aplicado en gvSIG para ayudar a definir la distribución existente anterior a 1750 de lo que hoy es un ecosistema muy fragmentado.

4. La extensión de topología, usada como parte de la versión Oxford Archeology Digital Edition (OADE) de gvSIG, se usó para depurar la información y asegurar su correcto ensamblamiento con el resto de conjunto de datos pertinentes.

Proyecto 5: Prospección de flora y fauna de una zona destinada al desarrollo inmobiliario

El objetivo de este proyecto era cartografiar la vegetación autóctona, establecer su calidad y documentar hasta qué punto se degradaría la vegetación si la urbanización era llevada a cabo. El área de estudio era de 7 hectáreas.

Se usó gvSIG para estratificar el área de estudio, establecer el tamaño de cada estrato y comparar esto con la propuesta de desarrollo.

Algunas de las tareas específicas llevadas a cabo utilizando gvSIG incluyen ...

1. Definir los límites de los estratos - en el campo, en el slate computer - usando características observadas en las imágenes georreferenciadas (formato ECW).

2. Asignar información de los atributos - como tipo y calidad de vegetación, presencia de especies raras, área - a cada estrato tras un análisis con Visual Foxpro®. La información es tanto importada como exportada mediante varios scripts de automatización del proceso.

3. Un componente importante de este tipo de trabajo es establecer los recursos que se perderían si se produce el desarrollo propuesto. La información es comúnmente aportada por el cliente (mediante un topógrafo) en forma de ficheros de CAD en formatos DWG o DXF que normalmente pueden ser leídos en modo nativo por gvSIG. Si se requieren determinados elementos de una capa, estos pueden ser exportados a formato shape, lo que resulta en la consecuente obtención de los ficheros de elementos de geometrías de punto, línea y polígono. Estos shapefiles pueden entonces ser modificados para permitir un mayor análisis espacial.

4. Se usó gvSIG para crear mapas de (a) el área de estudio, (b) la vegetación actual y (c) la exten-

sión del área que se prevee despejar. Esta información sirve para conciliar las obligaciones legales del cliente en virtud de diversos mandamientos del Estado y de la Commonwealth.

Conclusión

gvSIG es una valiosa y útil herramienta geoespacial, que permite al usuario importar y reproyectar fácilmente conjuntos de datos históricos y crear ágilmente nuevos conjuntos de datos y realizar una amplia gama de análisis geoespacial. El programa también proporciona funcionalidades básicas de cartografía que permiten que los datos se impriman directamente con una impresora, se exporten a postscript o se exporten a formato PDF. La interfaz de usuario intuitiva hace a este paquete muy fácil de usar.

El único inconveniente real para la implementación en un entorno de producción es la falta de documentación en inglés y de ayuda contextual específica. Si utiliza el gvSIG original puede suceder que aparezcan algunas palabras en español en varias ocasiones por lo que es un poco difícil esclarecer la función de algunas herramientas, lo que está pasando o cuál fue el error sucedido. Al margen de esto, la comunidad gvSIG es muy activa y las preguntas a la lista de correo se contestan generalmente con celeridad. Si usted vive y trabaja en Australia, el factor de que la mayoría de las personas que utilizan el paquete se encuentre en Europa, conlleva que la retroalimentación pueda tardar 12 + horas. Aunque el paquete OADE gvSIG es una variante útil, con la mayor parte de la interfaz gráfica de usuario modificada para hacerla más intuitiva para los usuarios que no hablan español, por desgracia, también carece de la documentación detallada en inglés.

Referencias

Cropper, S. (in press) "gvSIG is a viable robust alternative to commercially available GIS packages" *OSGeo Journal* 6.

Cropper, S. (2010) "A technical review of the J3400 slate computer manufactured by Motion Computing" *Technology Blog by Botanicus Australia Pty Ltd.*

URL: <http://www.botanicusaustralia.com.au/Technology.html>

Cropper, S. (2008) "Targeted Priority Management" *EcoRamblings* 6: 1-2.

URL: <http://www.botanicusaustralia.com.au/Eco-Ramblings.html>

Integración de sensores de teléfonos en servicios de sensores OGC

M. Montesinos, Prodevelop SL,- Asociación gvSIG, Valencia

C. Sánchez, Prodevelop SL,- Asociación gvSIG, Valencia

J. Piera, Prodevelop SL- Asociación gvSIG, Valencia

Resumen

Actualmente, los teléfonos disponen de sensores cuya función principal es convertir a estos dispositivos en aparatos inteligentes, creando la generación de los denominados "SmartPhones". Estos sensores permiten al dispositivo conocer la posición, velocidad de movimiento, orientación, así como muchas otras características del mundo real.

La iniciativa SWE (Sensor Web Enablement) dentro del OGC (Open GeoSpatial Consortium) tiene la finalidad de redactar un conjunto de especificaciones para estandarizar el uso de la información generada por sensores. El objetivo es facilitar la publicación de las observaciones tomadas a partir de metodologías, instrumental y formatos diferentes, para que finalmente el consumidor consulte la información a través de un servicio con un formato común.

Dentro de estas especificaciones se encuentra SOS (Sensor Observation Service), cuya finalidad es la publicación de medidas y observaciones en tiempo real o pseudo-real y posicionados geográficamente. Además, dispone de un perfil transaccional (SOS-T) para registrar nuevos sensores que se desean publicar y agregar nuevas observaciones tomadas por los sensores previamente registrados.

Los teléfonos son una fuente importante de datos para los servicios de sensores OGC. Parece factible utilizar el estándar SOS-T para enviar la información obtenida por los sensores de los móviles, integrando los datos con la información del sensor dentro de una petición SOS de registro, e insertando los datos que produce éste sensor dentro de sucesivas peticiones SOS de inserción de observación.

Se presentará gvSIG Mobile Sensor, que integra esta tecnología en los dispositivos móviles a partir de una nueva extensión de gvSIG Mobile. Esta funcionalidad almacena las peticiones SOS en plantillas, representado a los distintos sensores registrados. Las plantillas sirven para transformar los

datos obtenidos por el sensor en un instante dado, en peticiones de inserción de observación válidas para el servicio SOS-T.

Palabras clave: teléfonos móviles, sensores, SWE, SOS, SOS-T, gvSIG Mobile

Abstract

Currently, the phones have sensors whose primary function is to turn these devices into intelligent devices, creating a generation of so-called "smart-phones." These sensors allow the device to know the position, movement speed, direction, and many other features of the real world.

The initiative SWE (Sensor Web Enablement) within the OGC (Open GeoSpatial Consortium) has the aim of drafting a set of specifications for standardizing the use of information generated by sensors. The aim is to simplify publishing the observations taken from different methodologies, instrumentation and formats, to finally see the consumer information through a service with a common format.

Within these specifications is SOS (Sensor Observation Service), whose purpose is the publication of measurements and observations in real time or pseudo-real and positioned geographically. It also has a transactional profile (SOS-T) to register new sensors to be published and want to add new observations taken by the sensors previously registered.

The phones are an important source of data for sensors OGC services. It seems feasible to use the SOS-T standard for sending the information obtained by the sensors of mobile data by integrating sensor information in an SOS request for registration, and inserting the data produced by this sensor in successive SOS requests insertion point.

GvSIG Mobile Sensor will be presented, integrating this technology into mobile devices from a new extension to gvSIG Mobile. This feature stores the template SOS requests, represented the various sensors registered. The templates are used to

transform data from the sensor at a given instant, in requests for inclusion of valid observation for SOS-T service.

Keywords: mobile phone, sensor, SWE, SOS, SOS-T, gvSIG Mobile

Introducción

Así como el siglo XX fue el siglo de la revolución industrial, el siglo XXI está resultando ser el siglo de la revolución tecnológica. Dentro de esta revolución no podía faltar la revolución de la telefonía móvil, que impulsada por la carrera espacial nos ha cambiado la forma de trabajar, de comunicarnos y también la forma de como ver el mundo que nos rodea.

Salta a la vista que los nuevos dispositivos móviles cada día son más potentes permitiendo su uso en más y más aplicaciones que antes era difícil de imaginar, excepto si se emplean caros equipos profesionales que habían de adquirirse muchas veces exclusivamente para una aplicación concreta.

La tendencia es a que los dispositivos móviles de uso cotidiano perciban el mundo que les rodea y de forma similar al ser humano que utiliza los sentidos para percibirlo, los dispositivos móviles usan los sensores, con la diferencia de que los sensores tienen una precisión cada día mayor y no descartan información.

Toda esta información recogida por los dispositivos móviles sería muy útil poder tratarla y aplicarla en diversos campos profesionales como por ejemplo en los Sistemas de Información Geográfica. La tecnología avanza a gran velocidad y el software que la soporta ha de poder evolucionar de la misma forma.

Estandares de sensores

Una vez están disponibles los dispositivos de toma de observaciones, surge la nueva problemática de como poder compartir la información entre sensores y datos heterogéneos.

Los miembros de la OGC (Open Geospatial Consortium) aportan la solución proponiendo una nueva forma de publicar los datos provenientes de sensores de manera estándar denominada SWE (Sensor Web Enablement), especificando interfaces de interoperabilidad y codificaciones de metadatos que permiten la integración en tiempo real de redes sensores heterogéneos en la infraestructura de información. Es posible el uso de estas especificaciones en la creación de aplicaciones,

plataformas y productos relacionados con dispositivos de conexión a Internet como indicadores de inundación, monitores de contaminación del aire, medidores de estrés en puentes, monitores de corazón móviles, webcams y robots, así como dispositivos de imágenes por satélite.

Los miembros de la OGC han desarrollado y probado las siguientes especificaciones de candidatas. Además de otras que están previstas:

Especificaciones para describir Sensores, Medidas y Observaciones

•**Observaciones y mediciones (O & M)** Modelos estándar y esquema XML para codificar observaciones y mediciones de un sensor, archivado y en tiempo real. Los datos recogidos por los sensores conectados al dispositivo móvil habrán de codificarse mediante este modelo para que el servicio de publicación estándar pueda operar con ellos.

•**Idioma de modelo de sensor (SensorML)** Modelos estándar y esquema XML para describir procesos y sistemas de sensores asociados con observaciones de sensor; proporciona la información necesaria para el descubrimiento de sensores, ubicación de observaciones de sensor, procesamiento de observaciones de sensor de bajo nivel y listado de propiedades en forma de tabla, así como admite procesamiento bajo demanda de observaciones de sensor. Este estándar será el utilizado para describir los proveedores de sensores que se quieran registrar o describir de un dispositivo móvil.

•**Idioma transductor modelo (TransducerML o TML)** El modelo conceptual y el esquema XML para describir los transductores y soporte de transmisión en tiempo real de datos hacia y desde sistemas de sensor. Usado para codificar flujos de datos como imágenes de video.

Especificaciones para servicios web de publicación de datos de sensores

•**Servicio de observaciones del sensor (SOS)** Interfaz para solicitar, filtrado y recuperar las observaciones y la información del sistema sensor de servicios de web estándar. Esto es el intermediario entre un cliente y un repositorio de observación. También se permite la inserción de observaciones a través del protocolo transaccional SOS-T.

•**Sensor de planificación servicio (SPS)** Estándar web interfaz de servicio para solicitar observaciones y adquisiciones generado por el usuario. Esto es el intermediario entre un cliente y un entorno de administración de colección de sensor. Su uso se corresponde con una planificación de reco-

gida de los datos de sensores registrados en el servicio.

• **Servicio de alertas de sensor (SAS)** Interfaz de servicios web estándar para publicación y suscripción a alertas de sensores.

• **Servicios de notificación de Web (AMDF)** Interfaz de servicios web estándar para entrega asincrónica de mensajes o alertas de SAS y SPS de servicios web y otros elementos de servicio de flujos de trabajo. Especifica la metodología de comunicación de notificaciones con los clientes de un servicio web.

Extensión recogida datos de sensores para gvSIG mobile

gvSIG Mobile 1.0 está basado en OSGi, lo cual hace que sea altamente extensible, es decir, facilita la creación de nuevas extensiones y su aplicación. Además gvSIG Mobile funciona sobre Windows Mobile, sistema soportado por un amplio número de dispositivos móviles. Por tanto gvSIG Mobile 1.0 parece el entorno idóneo para generar una nueva extensión que dé el soporte a la recogida de datos de los sensores del dispositivo para más tarde permitir comunicarse con un servidor con soporte SOS-T (Transactional - Sensor Observation Service) y enviarle los datos recogidos por los distintos sensores del dispositivo.

Vista la aplicación sobre la que funcionará la extensión, queda ver que funcionalidades nuevas aportará. El objetivo es simplificar al máximo el funcionamiento, ya que no se espera que el usuario tenga un conocimiento exhaustivo de los protocolos de comunicación SWE (Sensor Web Enablement).

Funcionalidades de la Extensión

• Seleccionar un sensor de entre una lista de los proveedores disponibles en el dispositivo móvil.

• Establecer mediante la URL el servidor con capacidad SOS-T, bien seleccionando uno de entre los preconfigurados, o bien mediante la inserción de una URL de otro servidor no configurado previamente.

• Registra el sensor seleccionado para la recogida de datos en el servidor remoto si este no lo está previamente.

• Establece el intervalo que tiempo que existirá entre inserciones medido en segundos. A cada intervalo se recogerá la última medida existente del sensor seleccionado para ser enviada al servidor seleccionado formateada mediante el estándar SOS.

• Permite comenzar y detener el envío de datos a voluntad del usuario.

Descripción de la Extensión

gvSIG Mobile dispone de una extensión que implementa el soporte de GPS, con la recogida de la localización espacial del dispositivo (waypoint) y localización temporal de la medición del dato (fecha y hora). Aprovechando esta extensión se ha creado el primer proveedor de sensor soportado por la extensión de sensores.

Utilizar la extensión de sensores es una tarea sencilla ya que se ha querido simplificar al máximo la interfaz de usuario, de tal forma que solo hay que seleccionar un proveedor por ejemplo GPS, luego un servidor que recogerá los datos y finalmente el tiempo en segundos en cada cuanto se van tomando los datos, pudiéndose parar o comenzar la inserción en el servidor como un proceso independiente.

Configurar el proveedor de GPS

Para utilizar un proveedor de sensor configurado en la extensión de sensores es necesario que este sensor se encuentre habilitado y recogiendo datos para que el proveedor pueda leer esa información recogida. En el caso del GPS para habilitarlo es necesario acudir al correspondiente menú en la aplicación y configurar correctamente el protocolo y el puerto serie donde "escuchar" el GPS de acuerdo con cada dispositivo.

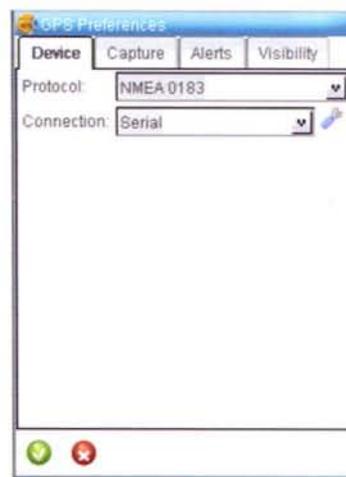


Figura 1: gvSIG Mobile Sensor Extensión. Configuración GPS

Una vez configurado, hay que habilitar la toma de datos del GPS en el dispositivo por parte de la aplicación. En el menú anterior es posible hacer esto pulsando en el icono "GPS connect". Esta extensión de GPS permite además ver la posición que va tomando el GPS en una barra de estado pulsando en el icono "GPS view coordinates" además de ver la última posición que va adquiriendo el GPS pulsando en el icono "GPS view position".

Con el GPS habilitado además de las visualizaciones opcionales antes mencionada se mostrará algo similar a la Figura 2 asegurando que el GPS está en marcha pudiendo usar el proveedor de *GPS de la nueva extensión de sensores*.

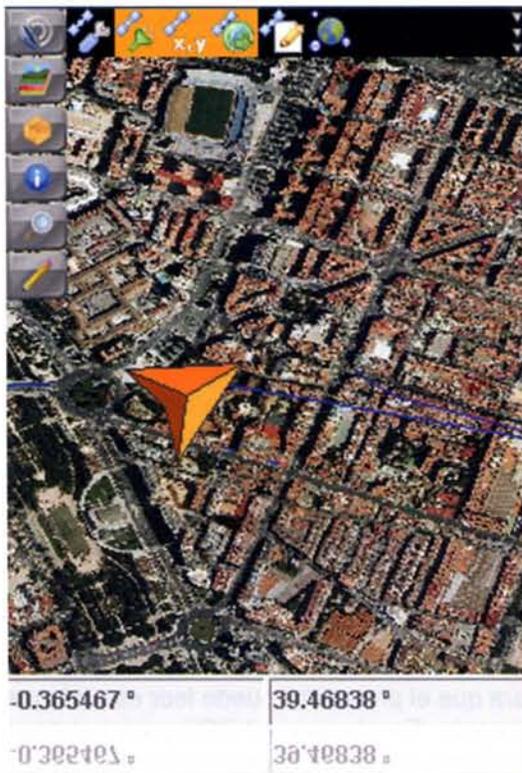


Figura 2: gvSIG Mobile Sensor Extensión. Habilitar GPS

Configurar sensor de GPS

El siguiente paso es configurar el sensor, para ello hay que acceder al nuevo dialogo "Send Sensor Data" y seleccionar el proveedor de gps.

Una vez seleccionado el sensor, podemos seleccionar un servidor de entre los configurados o bien añadir un servidor nuevo mediante la caja de texto y el botón agregar.

Finalmente el solo quedará introducir el tiempo del intervalo cada cuanto se va a consultar el sensor y se va a enviar el dato recogido al servidor. El proceso es posible verlo gráficamente en la Figura 3.

Una vez realizada toda la configuración solo queda habilitar el proceso de inserción de observaciones en el servidor mediante el botón verde de inserción. Comenzará entonces a recoger los datos del GPS en este caso cada cuanto de tiempo configurado en la etiqueta Time, y enviándolo al servidor. Una vez el usuario considera que hay suficientes datos, pulsando el botón verde de inserción de nuevo se para el envío de datos con el servidor.

Si se sale del dialogo con la inserción en estado arrancado esta continuará mientras se hacen otras operaciones con gvSIG como un proceso en segundo plano.

Visualización de Resultados

Para visualizar los resultados almacenados en el servidor mediante la extensión de gvSIG Sensor, es necesario un cliente SOS. En el caso de la Figura 5 se muestra un prototipo de cliente ligero

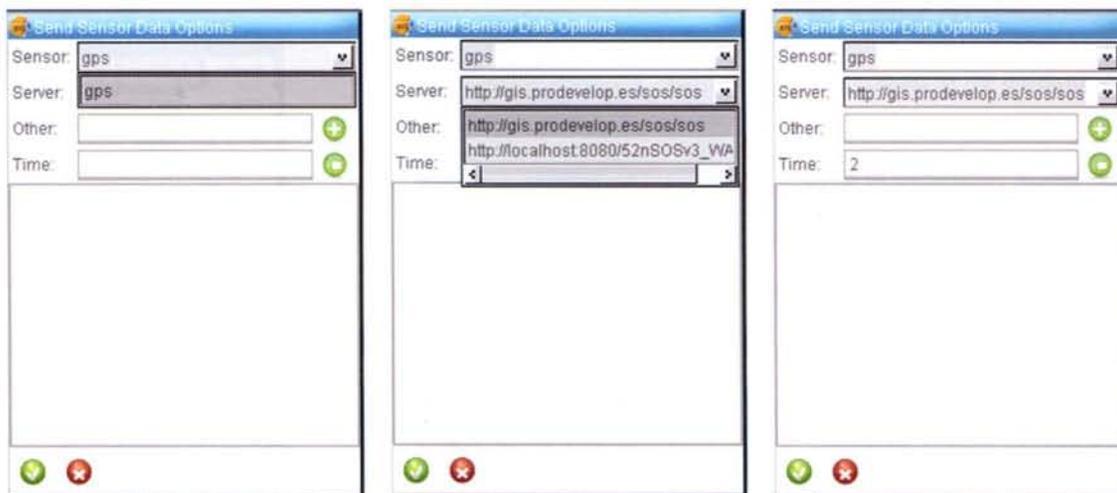


Figura 3: gvSIG Mobile Sensor Extensión. Configuración Sensor GPS



Figura 4: gvSIG Mobile Sensor Extensión. Habilitar y Deshabilitar Sensor GPS

para consultar desde un navegador implementado con OpenLayers. Cualquier cliente SOS es válido para visualizar los datos ya que en el caso del GPS estos se almacenan como Datos de Observación así como waypoints relacionados con estos datos conteniendo la posición tomada por el GPS.



Figura 5: Prototipo de cliente SOS. Visualización de datos publicados por gvSIG Mobile

Conclusiones

Las nuevas tecnologías móviles incluyen sensores que permiten observar y medir el entorno del dispositivo. Para compartir la información producida por estos sensores es posible el uso de estándares ya desarrollados por el OGC como pueda ser SOS Transaccional, por tanto se puede publicar de forma remota desde el mismo lugar de toma de datos gracias a la combinación de los nuevos dispositivos móviles, estándares SWE, y un software en el dispositivo que lo permita. Este software es gvSIG Mobile 1.0, sobre el cual ha sido desarrollada una nueva extensión que permite recoger de momento los datos del GPS del dispositivo y publicarlos mediante SOS-T en un servidor remoto, además de permitir el desarrollo de proveedores para publicar los datos de otros sensores que se desee publicar.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a la Asociación gvSIG por la coordinación y seguimiento del proyecto realizado por Cesar Ordiñana, Joaquín José del Cerro, Gabriel Carrión.

Agradecimientos a Francisco Peñarrubia de Software Colaborativo y a Alain Tamayo de la Universidad Jaume I de Castellón por las primeras aproximaciones de al uso de estándares SOS de SWE.

Agradecer al equipo de desarrollo de gvSIG Mobile 1.0 de Prodevelop S.L. compuesto por Miguel Montesinos, Javier Carrasco, Juan Lucas Domínguez, Carlos Sánchez Perifán.

Por último agradecer al responsable del proyecto de sensores Jorge Piera Llodrá.

Referencias

<http://www.opengeospatial.org/standards/sos> (2007), OpenGIS Sensor Observation Service Versión 1.0.0, IS.

<http://www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorweb>, Sensor Web Enablement WG General Documentation.

Los modelos de Elevación Digital (DEM) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como Herramientas en el Estudio Geomorfológico de Humedales Andinos

Luis R. Fonseca, Mirla J. Godoy, Omar A. Guerrero

Resumen

Los datos suministrados por los sensores remotos se han vuelto una fuente muy popular para las investigaciones geomorfológicas a causa el aumento del nivel de detalle y la apertura con respecto a la acceso libre a estos datos, lo cual permite que junto a software libre de sistemas de información geográfica como el GvSIG se cuenten con herramientas importantes en el análisis espacial.

En el contexto de este trabajo se uso una imagen satelital Spot 5, en la cual se realizo un análisis visual; así mismo se uso un modelo de elevación digital SRTM con un intervalo de muestreo de 3 segundos y se integraron técnicas SIG para la evaluación geomorfológica de los humedales andinos en la zona sur del poblado de Mucuchíes, Municipio Rangel, Estado Mérida, Venezuela. La metodología expuesta en el presente artículo se baso en un primer análisis visual de la imagen spot y la digitalización de los elementos de interés (lagunas y humedales de fondo de valle), posteriormente se obtuvo el modelo de elevación digital y se le realizaron las correcciones necesarias se clasifico el DEM y finalmente se aplicaron las herramientas de análisis espacial.

Finalmente se lograron reconocer los humedales andinos presentes el área de estudio producto del contraste entre ellos y la roca circundante, lo cual genera un respuesta característica que permite diferenciarlos del resto del ambiente, por otro lado, el uso de las herramientas de análisis espacial demostró que es posible detectar la existencia de humedales con las herramientas de acumulación y cuencas, lo que permite a su vez delimitar las áreas de mayor aporte a cada uno de los humedales.

Así mismo, se observo la existencia de intervalos de mayor ocurrencia de los humedales, en donde, las lagunas o espejos de agua presentan mayor frecuencia entre los 3800 y 4000 m.s.m. mientras

que los humedales de fondo de valle se presentan en mayor medida en el intervalo que va desde los 3600 hasta los 3800 m.s.n.m. La validez de los datos obtenidos esta siempre en función de las resoluciones espaciales de los datos usados y de la extensión de los elementos de interés en el área considerada.

Palabras clave: Software Libre, Mucuchíes, Análisis Espacial, Mixteque

Abstract

The data provided by remote sensors have become a popular source for geomorphological investigation because the increased level of detail and openness to the free access to these data, which allows free software with systems geographic information as you have GvSIG important tools in spatial analysis.

In the context of this work was used SPOT 5 satellite image, which was performed a visual analysis, so it is using an SRTM digital elevation model with a sampling interval of 3 seconds and integrated GIS techniques for geomorphic assessment Andean wetlands in the southern town of Mucuchies Rangel Municipality, Merida State, Venezuela. The methodology described in this article was based on a first visual image analysis and scanning spot of the elements of interest (lakes and wetlands in valley bottoms), later received the digital elevation model and corrections were performed necessary was classified DEM and finally applied the tools of spatial analysis.

Finally able to recognize the present Andean wetlands study area product of the contrast between them and the surrounding rock, which generates a response characteristic that allows them apart from the rest of the environment, on the other hand, the use of spatial analysis tools showed that is possible to detect the existence of wetlands to build tools

and basins, which in turn allows to delimit the areas of greatest contribution to each of the wetlands.

Similarly, we observed the existence of intervals greater occurrence of wetlands, where the gaps or bodies of water have frequently between 3800 and 4000 msl while the valley bottom wetlands are more in the range of from the 3600 to 3800 m. The validity of the data is always based on the spatial resolution of data used and the extent of the elements of interest in the area concerned.

KeyWords: Open Software, Mixteque, Mucuchíes, Spatial Analysis.

Introducción

En las últimas décadas, el uso de los modelos de elevación digital (DEM) han sido ampliamente usados en diversas áreas de las ciencias de la tierra, y de manera muy especial en la geomorfología y la geología estructural, estos DEM tradicionalmente se han usado con múltiples propósitos, como lo han sido, estudios de riesgo de inundaciones, estimación de cortes y rellenos, interpretación de fallas, y en algunos casos posicionamiento de obras de ingeniería (Sarapirome, A. 200).

Los DEM combinados con información de imágenes de satélite han sido aplicados ampliamente en el reconocimiento de unidades geomorfológicas, especialmente en zonas áridas y glaciares (Manning, J., 2007) Por otra parte, varios autores han establecido fuertes vínculos con la topografía generada a partir de DEM y rasgos de interés como deformaciones de la corteza y otros elementos estructurales (Ganasa, A. 2004).

En los andes venezolanos, se han usado modelos de elevación digital obtenidos a partir de imágenes de radar para delinear rasgos estructurales a gran escala (Audemard, F., 2003).

Con la finalidad de obtener datos que sirvan para establecer criterios morfológicos, se analizaron datos de los modelos de elevación provenientes de la misión topográfica del transbordador espacial (SRTM), y se compararon con las interpretaciones obtenidas a partir de imágenes satelitales del sensor Spot 5, posteriormente se integro esta información en el software libre GvSIG por medio del cual se realizaron análisis morfométricos que permitieron definir parámetros tales como los intervalos

de altitud en el cual se presentan los humedales y métodos de análisis espacial que permiten caracterizar estos ambientes.

Área de estudio

En base a un estudio realizado por Fonseca y Román (2009), se ubico un sistema de humedales a lo largo de 5 microcuencas hidrográficas al sur de Mucuchíes, poblado de los andes centrales venezolanos, ubicado en el Municipio Rangél, estado Mérida. El área de estudio se delimito uniendo las áreas de captación de las cuencas Mixteque, El Royal Michurao, Sai Sai y la Mucuchaché (Figura 1).

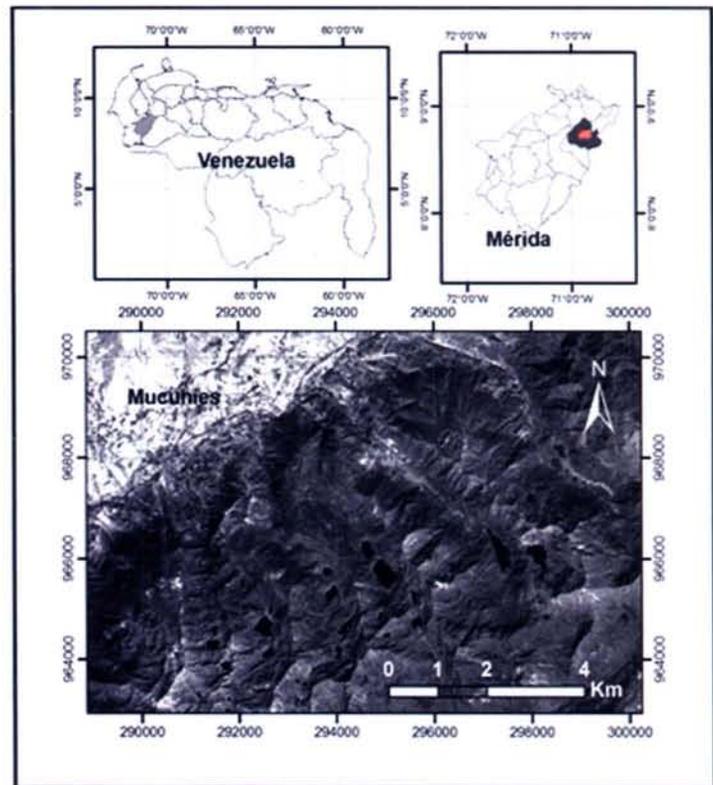


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio

Metodología

Etapas Digitalización: Mediante el uso de imágenes satelitales tomadas por el sensor Spot 5, y proporcionados por el Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes Satelitales (LPAIS), se realizó una fusión de las bandas multiespectrales con la banda pancromática, lo que genera una imagen en falso color de alta resolución (2,5 m), la cual permitió digitalizar los elementos de interés usando el software de acceso libre GvSIG. Posteriormente a la digitalización se calcularon mediante el uso de la extensión SEXTANTE, los parámetros como áreas y longitudes de los elementos previamente digitalizados.

Etapa II Obtención del Modelo de Elevación Digital (DEM): haciendo uso de los datos de la misión topográfica del transbordador espacial (SRTM por sus siglas en ingles), los cuales están disponible en la web del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS SEAMLESS SERVER) se descargo un modelo de elevación digital del terreno con un intervalo de muestreo de 3 segundos, lo que equivale a una resolución de 90 metros, se suavizaron las imperfecciones y corrigieron las zonas donde existían déficit de datos; se rectificó el datum a WGS-1984 y se corto usando como mascara el área de captación de las quebradas de interés digitalizadas en la etapa I.

Etapa III Clasificación de DEM: con el fin de visualizar por intervalos de elevación se realizo una clasificación por bandas con una diferencia de 100 metros, se procedió a crear un archivo reclasificado según los intervalos establecidos anteriormente y finalmente se realizo la transformación de archivo raster a archivo vectorial.

Etapa IV. Análisis Espacial: en primer lugar se realizo la intersección de los humedales y lagunas con los polígonos del DEM clasificado y se relacionaron las áreas calculadas con el nivel altitudinal de cada polígono separándolas en cada microcuenca.

Haciendo uso de las herramientas de análisis hidrológico básico de la extensión SEX-TANTE para GvSIG, se obtuvo a partir del DEM las cuencas de aporte más importantes y las principales zonas acumulación de flujo para su posterior correlación con las áreas en donde se presentan los humedales.

Resultados

Se lograron identificar una cantidad de 39 humedales, de los cuales 17 corresponden a humedales de fondo de valle, mientras que 22 corresponden a lagunas o espejos de agua, cada uno de los polígonos fue identificado según la microcuenca en la que se presentan y enumerados según el orden en que se identificaron. Observando la ocurrencia de los humedales se hace evidente que en la mayoría de los casos los humedales de fondo de valle se encuentran altitudinalmente por debajo de las lagunas, solo con excepción de los presentes en la quebrada El Royal. En la figura 2, se puede observar la distribución de los humedales y la microcuenta a la cual pertenecen.

Como resultado del reconocimiento realizado se genero un inventario de los humedales existentes, y se tabularon los valores de área acumulada según cada una de las microcuencas (Tabla 1), mientras que se genero un mapa de ubicación de los humedales en el área estudiada (Figura 2).

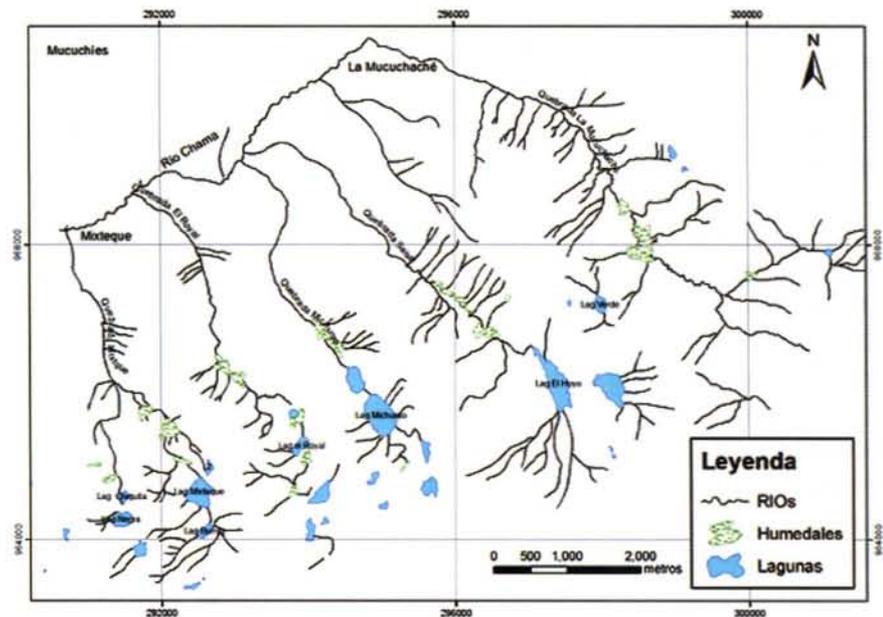


Figura 2. Ubicación de los Humedales

Tabla 1. Inventario de los Humedales al sur de Mucuchías

Cuenca	Cantidad de Humedales		Área Total		%	
	Fondo de valle	Espejos de Agua	Fondo de valle (Ha)	Espejos de Agua (Ha)	% Fondo de Valle	% Total Espejos de agua
Mixteque Brazo Este	3	3	8.5	13.61	16.9%	14.6%
Mixteque Brazo Oeste	2	3	2.04	8.08	4.1%	8.7%
El Royal	4	5	11.71	12.5	23.3%	13.4%
Michurua	2	4	5.34	26.43	10.6%	28.4%
Saisai	3	3	7.65	27.06	15.2%	29.1%
La Mucuchache	3	4	15.1	5.3	30.0%	5.7%
Total	17	22	50.34	92.98		

De la tabla anterior, se pudo observar que a rasgos generales la distribución de los humedales es relativamente constante a lo largo de las quebradas estudiadas, siendo la cantidad de espejos de agua ligeramente mayor o igual a los humedales colmatados (Figura 3).

Así mismo, observando la figura 4, podemos observar la distribución porcentual de espejos de agua y humedales en las cuencas hidrográficas estudiadas. De esta manera se refleja que las cuencas con mayor área cubierta por espejos de agua son las quebradas Michurua y Saisai, mien-

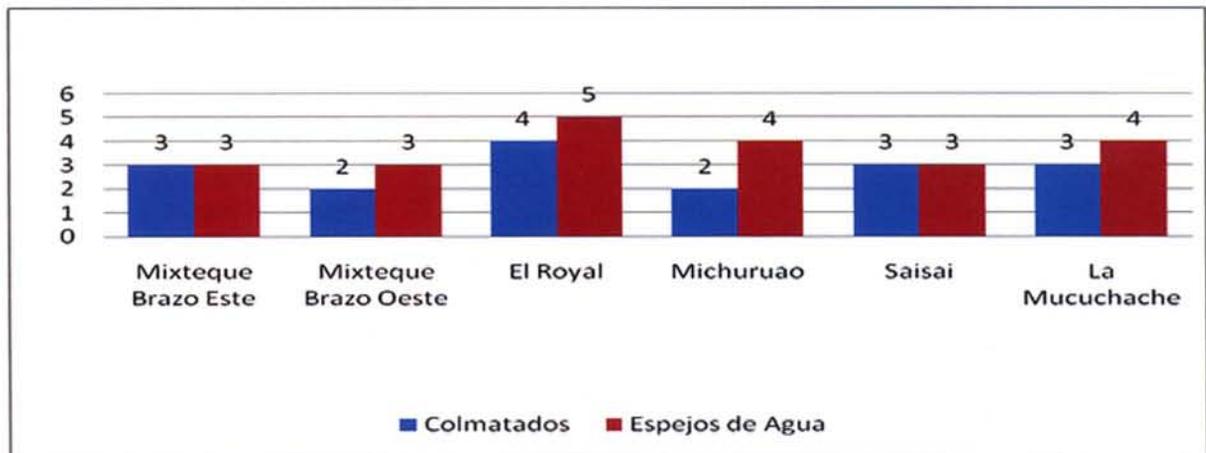


Figura 3. Frecuencia de los Humedales en cada microcuenca

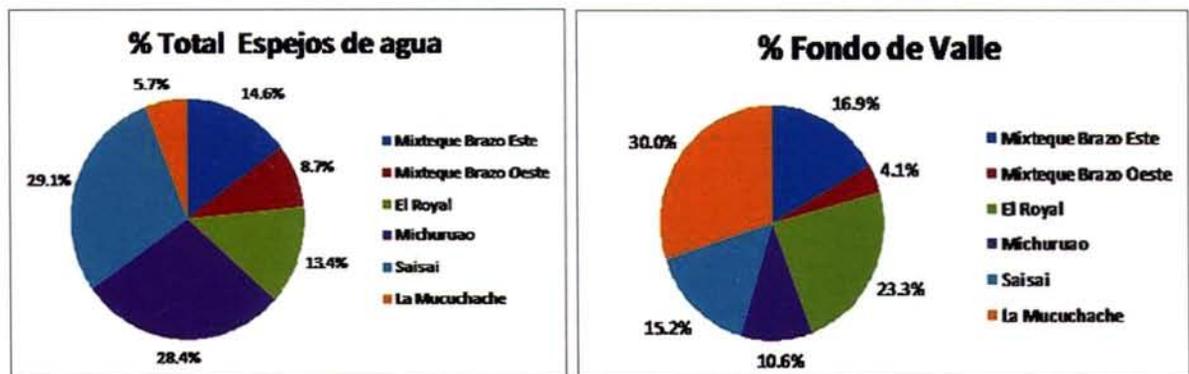


Figura 4. Porcentaje en Área de los Humedales según la cuenca Hidrográfica

Los humedales en el área sur de Mucuchías ocupan una extensión importante, 143 Hectáreas aproximadamente (1,43 km²), lo cual, aunque solo representa el 2,6% del áreas que comprende las 6 microcuencas consideradas, es un valor importante ya que estos humedales constituyen una fuente reguladora de la capacidad hídrica de estas cuencas hidrográficas.

De las 143 Hectáreas mencionadas anteriormente, 92,98 Ha (65%) corresponden a espejos de aguas o lagunas mientras que el restante, 50,34 Ha (35%) corresponden a humedales de fondo de valle, mostrando, que localmente la relación entre espejos de agua y humedales de fondo de valle se puede simplificar en una relación aproximada de 3:1.

tras que las cuencas de las Quebradas El Royal y La Mucuchache poseen una mayor área dominada por los humedales de fondo de valle.

Relación de los Humedales con la topografía: en base a la información generada por el modelo de elevación digital y luego de realizar una clasificación de la elevación en nueve intervalos (Figura 5) se obtiene que: de las 22 lagunas(espejos de agua) en el área de estudio 13 (correspondiente a un 65%) se encuentran en el intervalo entre los 3800 y 4000 ms.n.m, 7 (correspondiente a un 32%) se encuentran por encima de los 4000 m.s.n.m y solo 2 (9 %) se encuentran por debajo de los 3800 m.s.n.m; mientras que en el caso de los humedales de fondo de valle esta relación se invierte, 5 (29 %) se encuentran entre los 3800 y 4000 m.s.n.m, solo uno de estos (6%) se encuentra por debajo de los 3600 m.s.n.m, mientras que 12

(65%) se encuentra en la franja de los 3600 a 3800 m.s.n.m, lo cual indica que esta altitud es la que mas favorece a la formación y/o preservación de los humedales de fondo de valle en esta región de los andes venezolanos.

procedimiento lograron identificar 28 puntos de concentración de un total de 39 humedales, lo cual implica una aproximación de 72% del total de los humedales.

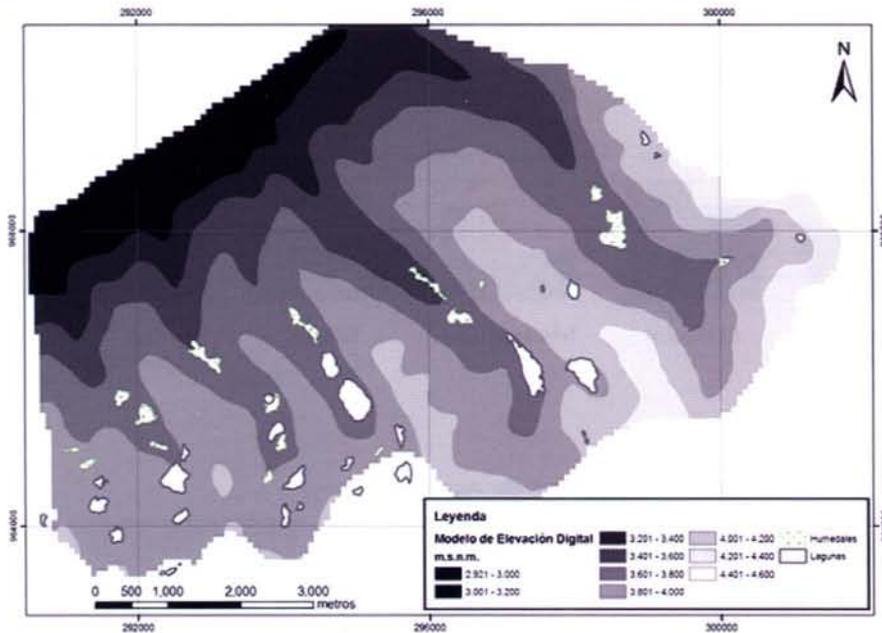


Figura 5. Modelo de Elevación Digital Clasificado

Es importante destacar que los parámetros calculados en base al modelo de elevación digital, el cual tiene una resolución máxima, producto de interpolaciones de 30 metros; lo cual hace muy difícil que se detecten depresiones de pequeño tamaño, lo cual es una posible razón por la cual no se logro detectar un 28% de los humedales como puntos en donde de alta concentración de acumulación.

Conclusiones

El uso de imágenes satelitales analizadas en un sistema de información de software libre como el GvSIG, permitió reconocer los humedales en la

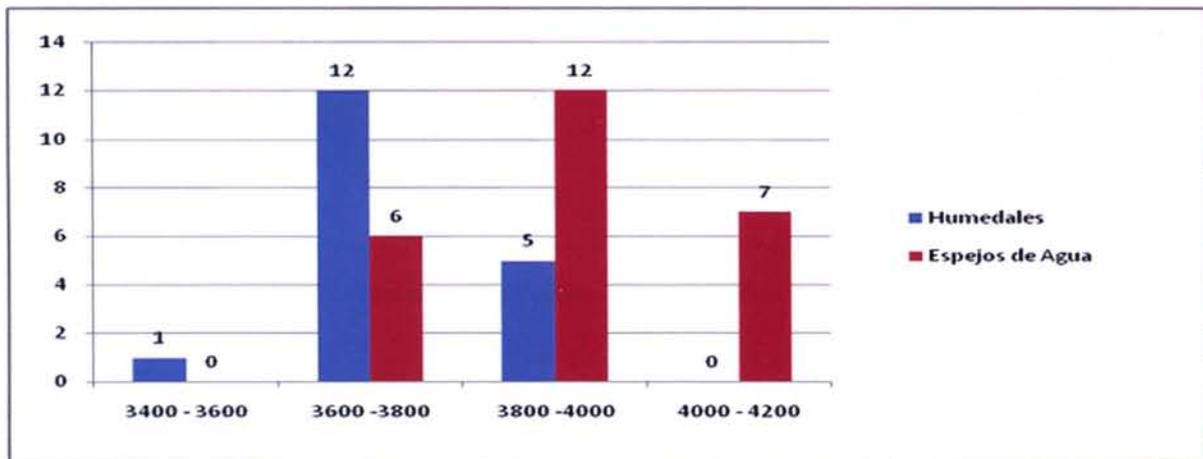


Figura 6. Frecuencia de Humedales Vs. Intervalos de Elevación

A partir del DEM, se creo un archivo raster determinando las áreas de captación y escorrentía mediante la herramienta "cuencas", esta herramienta genero 10 zonas de captación (figura 7) las cuales, se relacionaron con los humedales presentes en la zona, mostrado así la correlación existente entre el área de captación y las áreas cubiertas por los humedales (ver tabla).

Así mismo se uso la herramienta "sink" o puntos de concentración con el fin de determinar los puntos de mayor concentración de escorrentía, este

zona de estudio, al mismo tiempo que proporciono las herramientas necesarias para realizar la medición de áreas, así como también, se lograron realizar procedimientos de corrección al modelo de elevación digital como preparación para un análisis posterior. Todo esto con un costo prácticamente nulo en lo que a software se refiere sin la existencia de limitantes en el análisis.

Los datos de elevación digital (SRTM) a intervalo de 3 segundos proporcionaron datos de libre acceso y mediana calidad que pudieron ser usados para el análisis morfométrico, sin embargo, es recomendable el uso de datos de mayor resolución

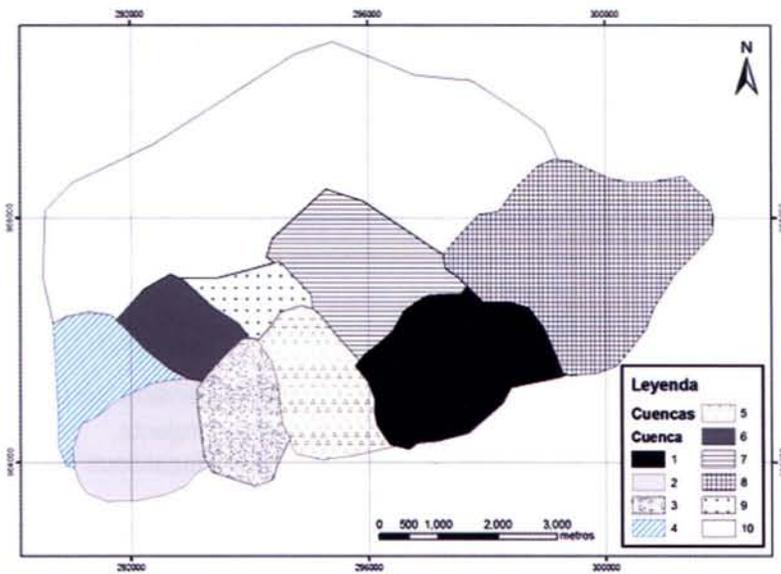


Figura 7. Áreas de captación generadas partir del DEM

espacial como los productos SRTM (Intervalo 1 s) de alta resolución o los DEM del satélite ASTER de mucha mayor resolución en detrimento de la economía del proyecto.

El análisis de los humedales sobre el modelo de elevación digital clasificado mostró que los humedales andinos presentan rangos definidos de ocurrencia, en el caso de los espejos de agua el rango optimo se encuentre desde los 3.600 hasta los 4.000 m.s.n.m. Mientras que los humedales de fondo de valle se emplazan en su mayoría por debajo de los 4.000 y hasta 3.800 ms.n.m. Fuera de estos rangos se pueden presentar humedales aunque con una área y fre-

Tabla 2. Distribución Areal de los Humedales en las cuencas determinadas por el GvSIG

Cuenca	Humedales		Area Total (Km2)	Area Humedales (Km2)		Area (Km2)	Area (Km2)	% humedales por Area
	Fondo de Valle	Lagunas		Lagunas + Fondo de Valle	Lagunas			
1	0	3	5.71	0.28	0.28	0	4.9%	
2	1	7	3.42	0.23	0.22	0.01	6.7%	
3	3	5	2.70	0.19	0.13	0.06	7.0%	
4	4	0	2.53	0.09	0	0.09	3.6%	
5	1	6	3.39	0.32	0.31	0.01	9.4%	
6	1	0	2.13	0.06	0	0.06	2.8%	
7	3	0	4.70	0.08	0	0.08	1.7%	
8	2	1	9.49	0.14	0.01	0.13	1.5%	
9	1	0	1.40	0.01	0	0.01	0.7%	
10	1	0	20.10	0.02	0	0.02	0.1%	

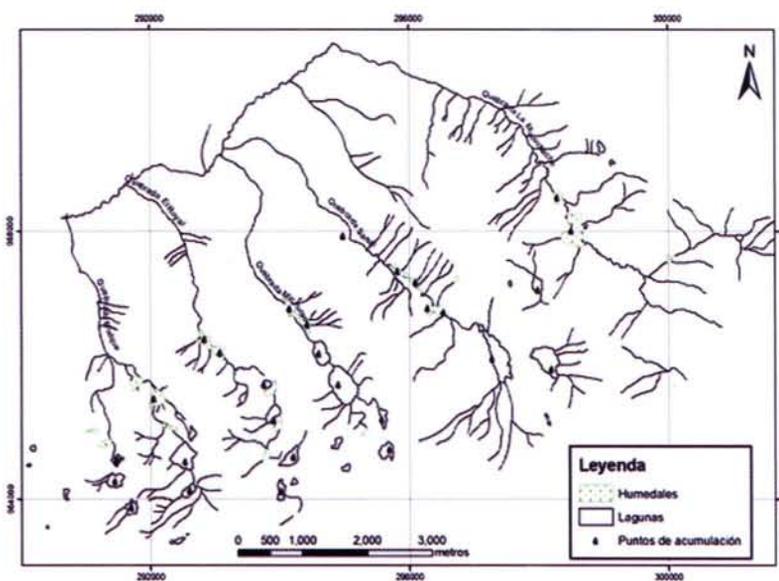


Figura 8. Puntos de Acumulación

cuencia mucho menor.

Lo mencionado anteriormente no pretende establecer a la elevación como único control sobre los humedales andinos, sin embargo, es evidente la altitud juega un papel importante en la presencia de los humedales aunque es necesario determinar la existencias de factores litológicos o estructurales que puedan afectar de igual manera la presencia de estos ambientes.

El uso de la herramienta SEX-TANTE permitió establecer áreas de captación y las zonas de mayor acumulación dentro de cada unas de las cuencas pudiéndose establecer una relación entre la ubicación de los humedales y la

topografía de las cuencas. Estos procesos pueden ser optimizados usando modelos de elevación con mayor resolución, lo cual disminuiría los errores por interpolación y aumentaría la eficiencia de los algoritmos usados.

Agradecimientos

A la Ilustre Universidad de Los Andes, nuestra eterna casa de estudios.

A la organización GvSIG, gracias a su misión de difundir el software de acceso libre que permitió el uso de un sistemas de información geográfico de manera gratuita.

A la Fundación Instituto de Ingeniería, cuyo Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes Satelitales proveyó las imágenes Spot usadas en este trabajo.

Referencias

Audemard, F., 2003 Geomorphic and geologic evidence of ongoing uplift and deformation in the Merida Andes, Venezuela. *Quaternary International*. 101, 43- 65

Centro de Procesamiento Digital de Imágenes. Disponible: <http://lpais.fii.gob.ve/paginas/index.php> Consulta: 2009, Enero, 30

Fonseca, L y Román, L., (2009) Caracterización

Sedimentológica y Geomorfológica de los Humedales de la quebrada Mixteque, Municipio Rangel, Estado Mérida. Tesis para optar al título de Ingeniero Geólogo. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Inédito

Ganasa, A. (2004) DEM-based morphometry of range-front escarpments in Attica, central Greece, and its relation to fault slip rates. *B. Geodynamics*.

Manning, J., 2007. Remote sensing for terrain analysis of linear infrastructure projects. In: Teeuw, R. (Ed.), *Mapping Hazardous Terrain Using Remote Sensing*. Special Publications, vol. 283. Geological Society London, pp. 135–142.

National Seamless Server. Disponible: <http://seamless.usgs.gov/> Consulta: 2010 Febrero, 15
Sarapirome, A. (2002) Application of DEM Data to Geological Interpretation: Thong Pha Phum Area, Thailand. 23rd Asian Conference on Remote Sensing,

Siart, C. (2009). Combining digital elevation data, high resolution satellite imagery and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*. 112, 106-121

BOLETIN DE SUSCRIPCIÓN MAPPING

Deseo suscribirme a la revista MAPPING por 1 año al precio de 120 euros para España
Forma de pago: Talón nominativo o transferencia a nombre de REVISTA MAPPING, S.L.
CAJA MADRID: Pº. de las Delicias, 82 - 28045 MADRID Nº 2038-1732-55-3001376203
Enviar a: REVISTA MAPPING, S.L. - C/ Hileras, 4, 2º, Of. 2 - 28013 MADRID.

Nombre NIF ó CIF
Empresa Cargo
Dirección Teléfono

Evolución temporal en altura de estaciones permanentes GNSS y su relación con el cambio climático

Temporal changes in height of permanent stations and its relationship with climate change

Ana Belén Anquela, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría. UPV, España
Angel Martín, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría. UPV, España
José Luis Berné, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría. UPV, España
Jorge Padín, Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y fotogrametría. UPV, España
Lourdes Monfort, España

Resumen

Este trabajo combina aspectos geodésicos con otros de actualidad, como son el cambio climático y el deshielo de los casquetes polares. Así, se trata de emplear datos GNSS para analizar el posible efecto causado por el deshielo en los polos sobre las placas tectónicas. Al desaparecer la masa helada, el peso de ésta debe ser compensado por movimientos isostáticos de las placas tectónicas en las zonas polares, haciendo que las placas asciendan en estas zonas. Se busca un aumento de la velocidad de ascenso con el tiempo.

Actualmente existen estudios al respecto en zonas como el mar Báltico y la península Escandinava.

Por ello, se han recopilado datos de observaciones GNSS de todas las estaciones de referencia cercanas al Polo Norte, con datos disponibles como mínimo de los últimos 8 años. Finalmente, estos datos han sido procesados para estudiar la evolución de su posición en altura de dichos puntos.

Abstract

This work combines aspects of geodetic surveying with other such as climate change and postglacial land uplift. GNSS data is used to analyze the possible effect caused by the melting of the poles on the Tectonic Plates. The disappearance of ice in Polar regions must be compensated by isostatic movements of tectonic plates as many studies in areas like Baltic sea, Scandinavia and Canadian, have been demonstrated, but if the ice

disappears increasing its velocity with the time, an increase of the land uplift with time can be expected.

Therefore, International GNSS service (IGS) weekly solution of all GNSS reference stations near the North Pole, with data available at least the last 8 years, have been compiled and processed in order to study the height evolution.

Introducción

El cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales, la aparición de nuevas enfermedades y la pérdida de la diversidad geológica son el principal problema en la actualidad, 70 gobiernos y 40 asociaciones han unificado esfuerzos, mediante el GEO, para establecer el GEOSS (Global Earth Observation System of Systems). El resultado final de esta iniciativa ha de ser una amplia infraestructura pública mundial que genera, casi en tiempo real, datos de información ambiental y análisis de los mismos para una amplia gama de usuarios.

Junto a otros muchos organismos, la NASA también está estudiando el efecto que está causando el derretimiento del Polo Norte. Es por ello que ha realizado diversos estudios al respecto.

El objeto de este trabajo es conocer cómo está afectando el deshielo del Polo Norte a las distintas estaciones permanentes GNSS cercanas a él en los últimos años. Mediante este estudio se podrá ver la tendencia de la coordenada h de las estaciones así como la velocidad de cambio de dichas coordenadas, es decir, se podrá comprobar la

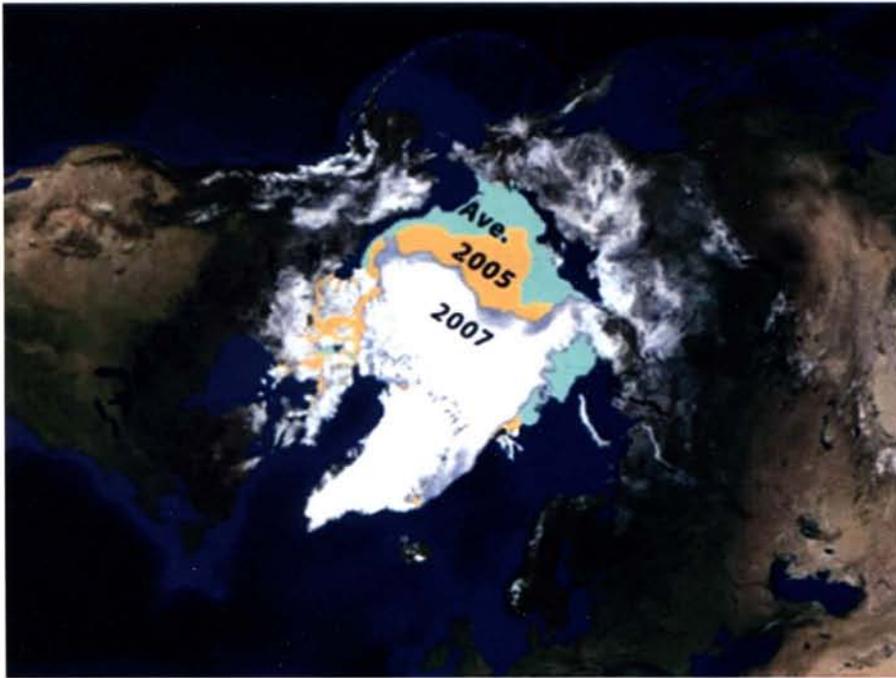


Figura 1: Resumen cambios en el Polo Norte desde 1979. Fuente: NASA

evolución de deshielo y comprobar nuestros resultados con otros que se están haciendo al respecto.

Este estudio se basa fundamentalmente en el concepto teórico de isostasia. Las placas tectónicas están en lo que se llama equilibrio isostático, el cual puede romperse por un movimiento tectónico o por el deshielo de un inlandsis, como es el caso estudiado en este documento, el efecto del deshielo del Polo Norte. La rotura de este equilibrio provoca cambios en el relieve de la Tierra, los cuáles pasaremos a analizar al final del trabajo, siempre bajo un punto de vista geométrico.

Si observamos el efecto producido por el deshielo en los últimos años, se puede apreciar que entre los años 2005 y 2007 se ha producido un aumento exponencial del deshielo (Ver Fig. 1)

Este trabajo no se centra en justificar la existencia o no del cambio climático, sino que se pretende comprobar el efecto que ha producido en los últimos años el derretimiento del Ártico, hecho estudiado por diversas instituciones, sobre las estaciones permanentes GNSS cercanas a él.

Metodología

Recopilación de datos

Para el estudio se consideró conveniente emplear únicamente datos de las estaciones permanentes GNSS cuya latitud fuera mayor o igual a 550N, ya que el trabajo se centra en evaluar el efecto del Polo Norte sobre las estaciones cercanas a éste. Así, el primer paso para realizar el estudio fue hacer una recopilación de estaciones que superasen esta latitud, y así mismo, de los datos disponibles de éstas.

Existen diversas estaciones que carecen de continuidad de datos, o cuyos datos se han ido registrando desde

hace menos de 8 años, y por tanto se ha considerado que no deberían aparecer en el estudio. Para realizar un análisis significativo, deberíamos tener datos de las estaciones de, como mínimo, los últimos 8 años, comprobando de esta forma cómo ha ido evolucionando la posición de las estaciones. Por tanto, se han empleado para el estudio las siguientes estaciones GNSS:

Tabla 1: Estaciones GNSS empleadas en el estudio

País	ID	Placa tectónica	Domo IERS	EUREF	Datos
Canada	HOLM	North American	40148M001	No	8 años
Iceland	REYK	North American	10202M001	Sí	11 años
Canada	SCH2	North American	40133M002	No	11 años
USA	FAIR	North American	40408M001	No	11 años
Canada	INVK	North American	40150M001	No	9 años
Canada	RESO	North American	40149M001	No	9 años
Greenland	THU3	North American	43001M002	Sí	8 años
Greenland	KELY	North American	43005M002	Sí	11 años
Sweden	KIRU	Eurasian	10403M002	Sí	11 años
United Kingdom	MORP	Eurasian	13299S001	Sí	8 años
Norway	NYA1	Eurasian	10317M003	Sí	11 años
Sweden	ONSA	Eurasian	10402M004	Sí	11 años
Sweden	SPT0	Eurasian	10425M001	Sí	8 años
Norway	TRO1	Eurasian	10302M006	Sí	11 años
Russian Federation	NRIL	Eurasian	12364M001	No	9 años
Russian Federation	TIXI	Eurasian	12360M001	No	11 años
Russia	NVSK	Eurasian	12319M001	No	8 años

Los datos de las estaciones de referencia del IGS se han obtenido de la web del International GNSS Service <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>. Así mismo, se ha descargado la solución de las coordenadas de un día de cada semana del año (en concreto de cada miércoles). Estas coordenadas son cartesianas geocéntricas. Además, se descargaron los ficheros log de cada una de las estaciones. Estos ficheros son de gran importancia, ya que en ellos aparecen registrados los cambios instrumentales producidos sobre el punto, tal y como los cambios de antena, receptor, firmware, offset, etc.

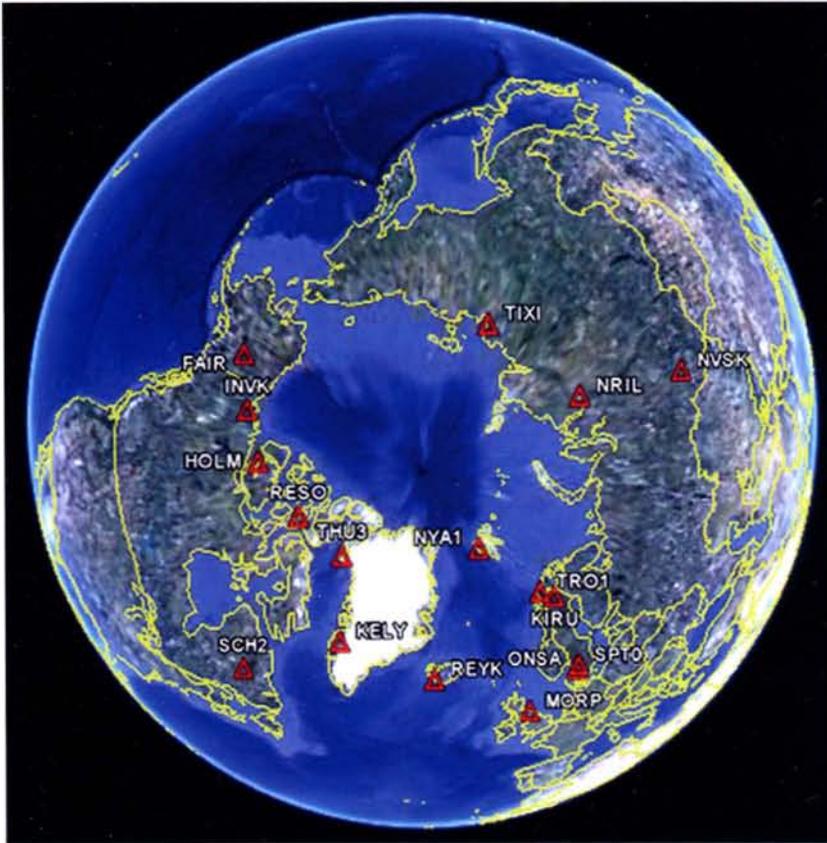


Figura 2: Situación estaciones GNSS

Para cada punto se ha transformado la solución de las coordenadas cartesianas geocéntricas (X, Y,Z) a incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas (N,E,h).

Procesado

En los ficheros log de cada una de las estaciones, aparecen multitud de datos en los ficheros correspondientes a cada estación, por ello es importante saber qué datos son relevantes y cuáles no. Con este objeto, se han consultado trabajos realizados en la misma línea por EUREF, [\[ries/ITRS_ETRS.php\]\(http://www.epncb.oma.be/-dataproducs/timeseries/ITRS_ETRS.php\), que ha realizado gráficos de cada una de sus estaciones para, posteriormente, 'limpiarlos'.](http://www.epncb.oma.be/-dataproducs/timese-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Así, se han considerado relevantes cambios de receptor y antena (tanto modelo como número de serie), firmware, elevation cutoff, punto de referencia de la antena, posición up, north, east de la antena, así como el random type y, por supuesto, el sistema de referencia a los que están referidos los datos.

Ya que para la realización de dichos gráficos se ha seguido el modelo planteado por EUREF, la leyenda de colores de los saltos es la elegida por dicho organismo. Por tanto, planteamos cuatro casos distintos: Cambios en la antena (y sus componentes), cambios en el receptor (y sus componentes), ambos casos o cambios en el sistema de referencia. En los siguientes gráficos aparece la serie temporal correspondiente al punto REYK (Islandia). (Ver tabla 2 y figuras 3, 4 y 5)

El siguiente paso, ha sido depurar la serie temporal, para realizar este trabajo se han corregido las discontinuidades de cada una de las estaciones, para posteriormente pasar a analizar la componente h de cada una de ellas. Esta es la componente que utilizamos en el análisis.

En la figura 5, puede verse que la distribución de los puntos tiene una marcada tendencia estacional, para que estos efectos no influyesen en este análisis, hemos empleado una función polinómica de grado 3 para ajustar una línea de tendencia a la distribución de puntos. (Ver figura 6)

Análisis de los resultados

Análisis de las líneas de tendencia

Para realizar el estudio, se han representado únicamente las líneas de tendencia de cada una de las estaciones, separándolas según la placa tectónica a la que pertenecen. Además, aparece resaltada la zona perteneciente a los años 2005 y 2007, ya que según la NASA era donde se produjo un mayor cambio en el Ártico.

Tabla 1: Estaciones GNSS empleadas en el estudio

País	ID	Placa tectónica	Domo IERS	EUREF	Datos
Canada	HOLM	North American	40148M001	No	8 años
Iceland	REYK	North American	10202M001	Sí	11 años
Canada	SCH2	North American	40133M002	No	11 años
USA	FAIR	North American	40408M001	No	11 años
Canada	INVK	North American	40150M001	No	9 años
Canada	RESO	North American	40149M001	No	9 años
Greenland	THU3	North American	43001M002	Sí	8 años
Greenland	KELY	North American	43005M002	Sí	11 años
Sweden	KIRU	Eurasian	10403M002	Sí	11 años
United Kingdom	MORP	Eurasian	13299S001	Sí	8 años
Norway	NYA1	Eurasian	10317M003	Sí	11 años
Sweden	ONSA	Eurasian	10402M004	Sí	11 años
Sweden	SPT0	Eurasian	10425M001	Sí	8 años
Norway	TRO1	Eurasian	10302M006	Sí	11 años
Russian Federation	NRIL	Eurasian	12364M001	No	9 años
Russian Federation	TLXI	Eurasian	12360M001	No	11 años
Russia	NVSK	Eurasian	12319M001	No	8 años

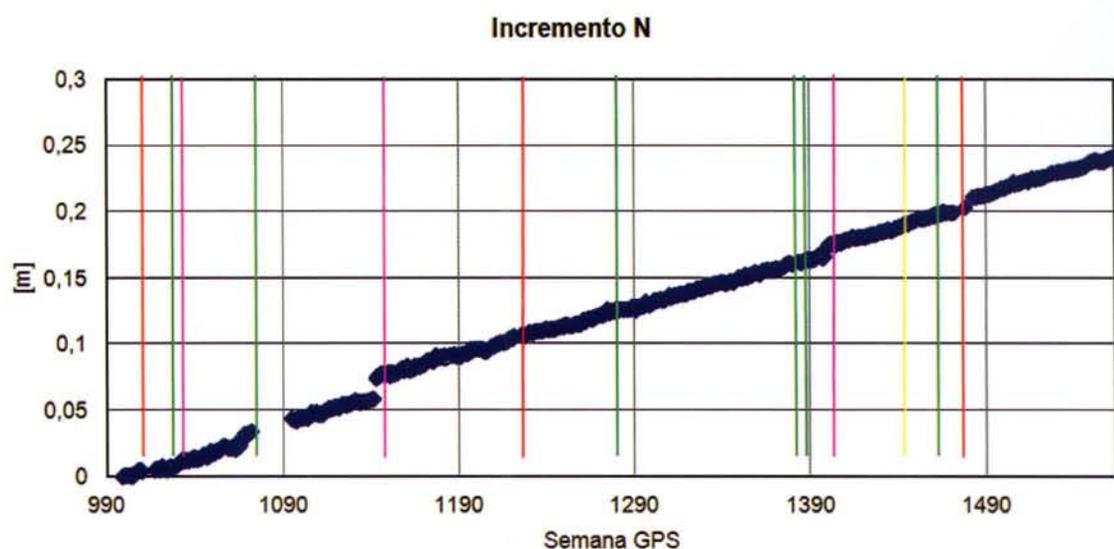


Figura 3: Cambios en ΔN de REYK

Incremento E

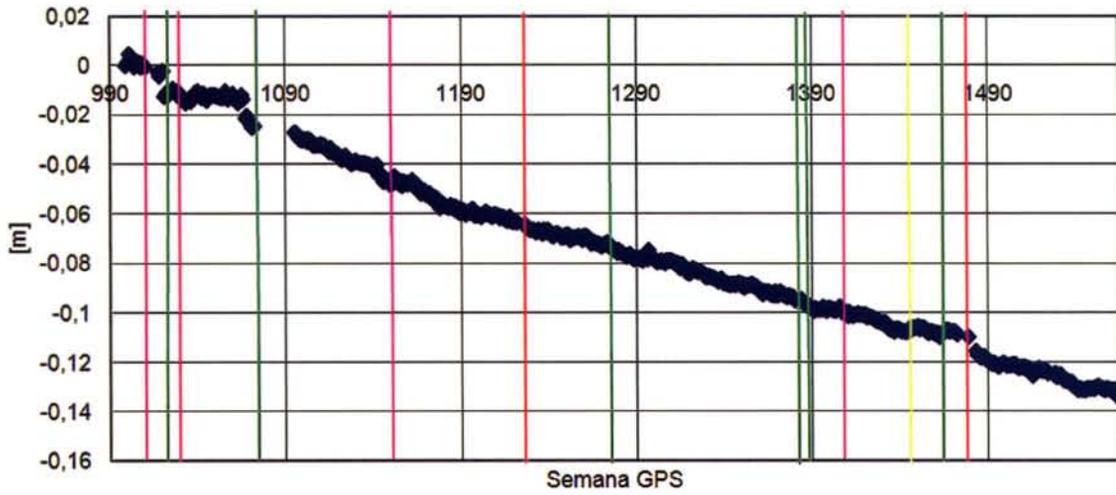


Figura 4: Cambios en ΔE de REYK

Incremento h

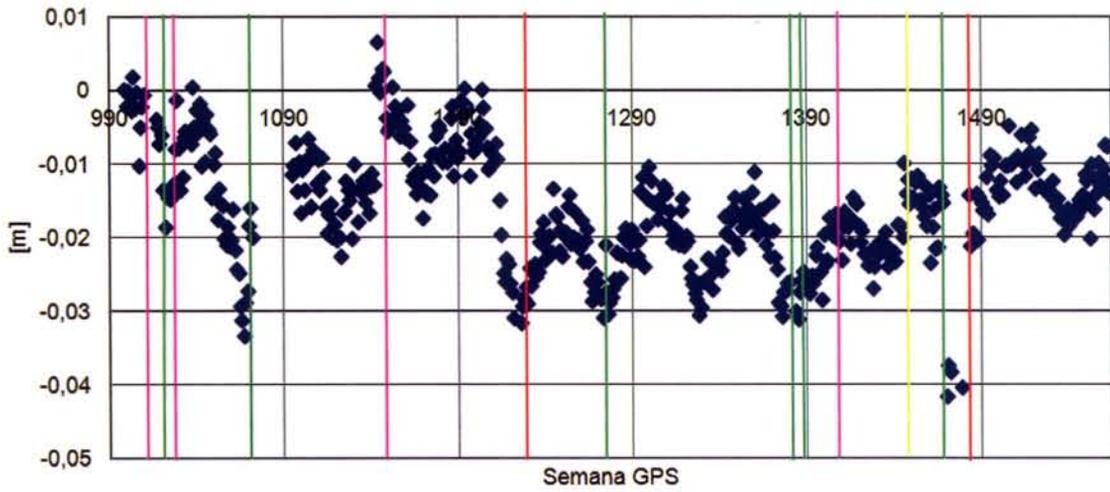


Figura 5: Cambios en Δh de REYK

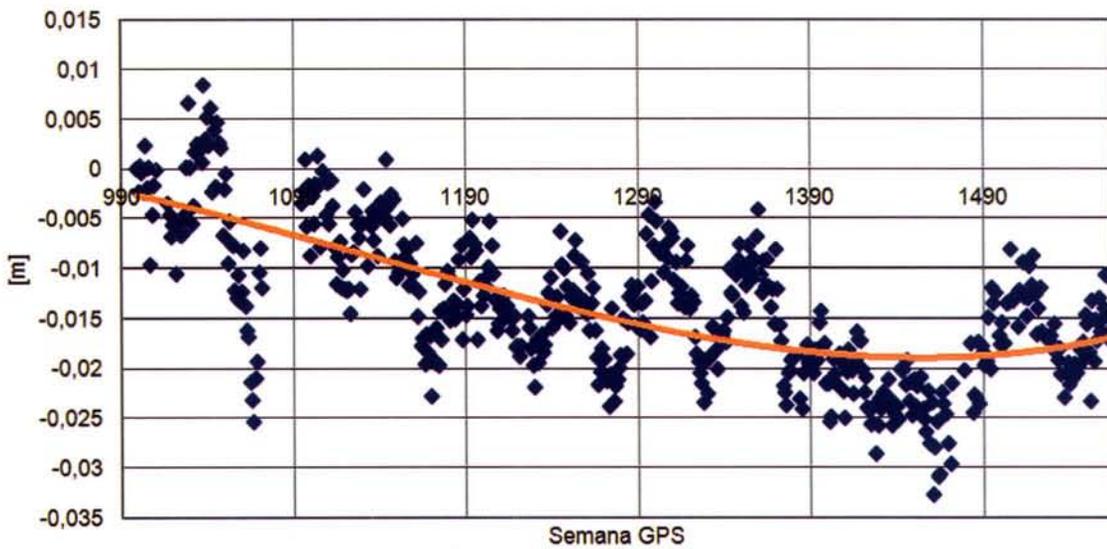


Figura 6: Δh en REYK y línea de tendencia

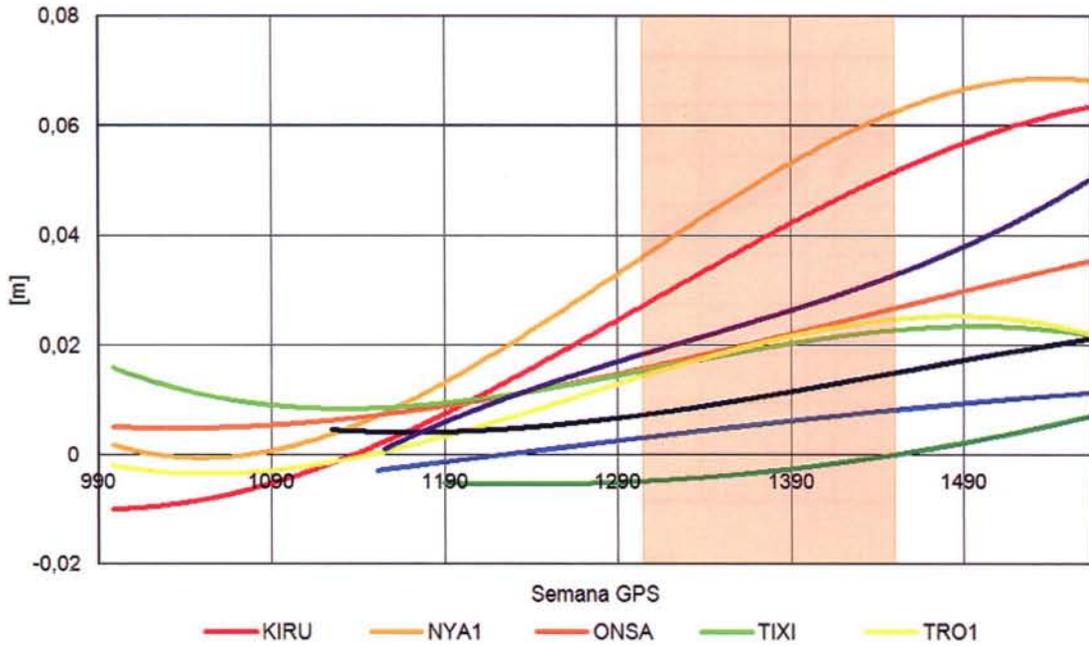


Figura 7: Líneas de tendencia de la placa europea

En la placa europea, todas las estaciones estudiadas (excepto MORP, cuyo descenso no es excesivamente significativo) tienen un aumento positivo del Δh . Del mismo modo, no podemos asegurar cuál de ellas ha aumentado más o menos, ya que el rango de datos que disponemos de cada estación es distinto, es decir, cada una tiene una 'semana 0' de referencia distinta, por lo tanto no podemos comparar cuánto ha aumentado o disminuido una respecto a las demás. Es por ello que a continuación pasaremos a analizar las velocidades medias por año de cada una de las estaciones, en las distintas placas.

En la placa americana podemos observar que sí se registran incrementos negativos. A parte, los valores extremos de latitud se corresponden con los mayores incrementos de altura en valor absoluto. Esto se produce por el movimiento isostático de las placas. (Ver fig. 9)

En la figura 10 podemos ver esta situación de forma más clara, donde los mayores incrementos se corresponden con las estaciones de mayor y menos latitud respectivamente, es decir, SCH2 y THU3.

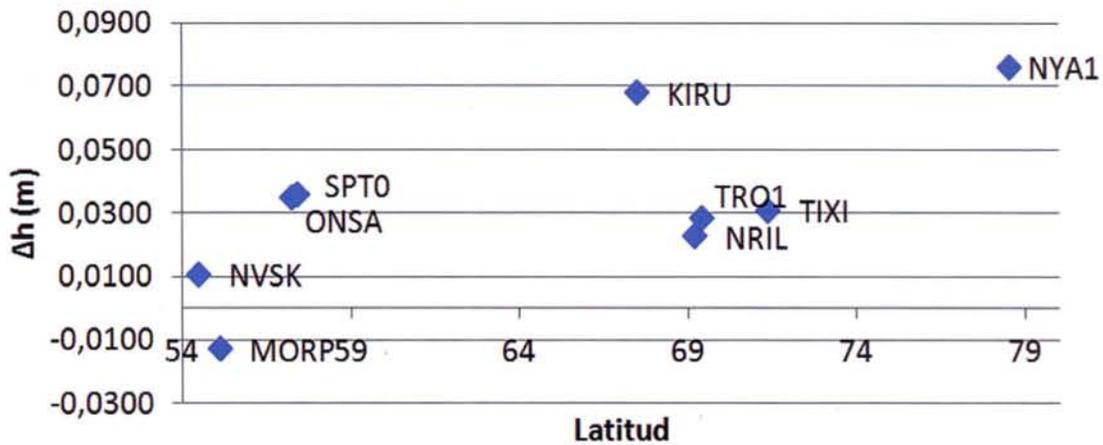


Figura 8: Relación latitud-h placa europea

Podemos observar que los mayores cambios se han registrado en la mayor latitud, y viceversa, los menores cambios se han producido a menor latitud. Esto nos puede llevar a intuir cómo se está moviendo esta placa debido a los movimientos isostáticos provocados por el deshielo del Polo Norte.

Podemos observar que a medida que INVK baja, sube muy ligeramente la estación FAIR, lo que también nos puede dar una primera impresión de cómo está afectando el derretimiento del casquete polar a la placa americana bajo un punto de vista geométrico.

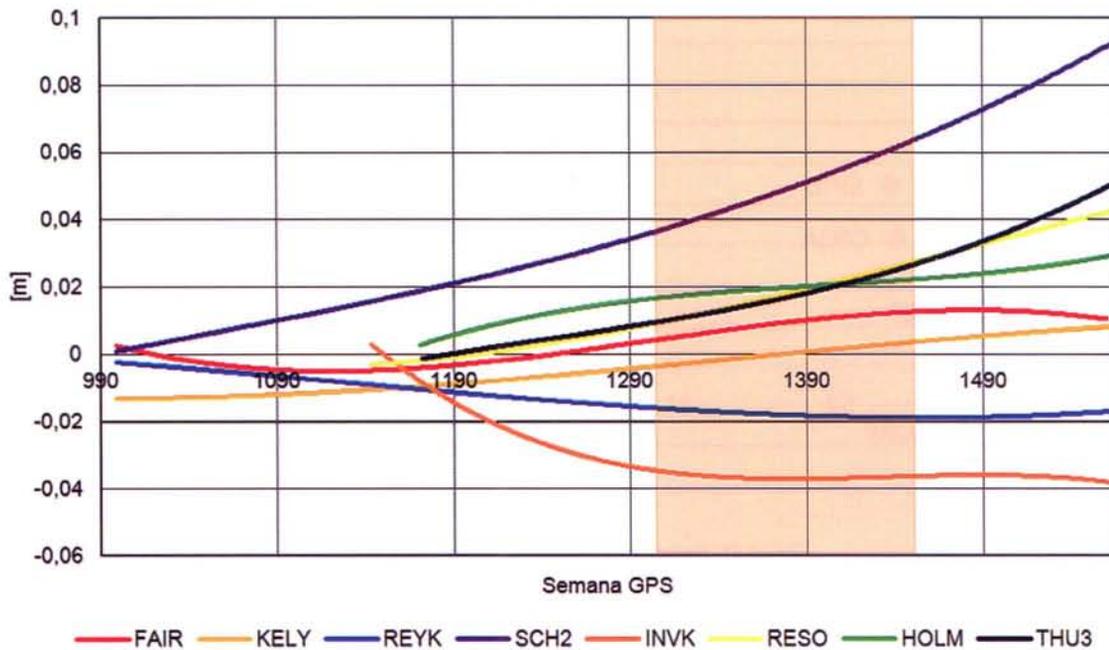


Figura 9: Líneas de tendencia de la placa americana

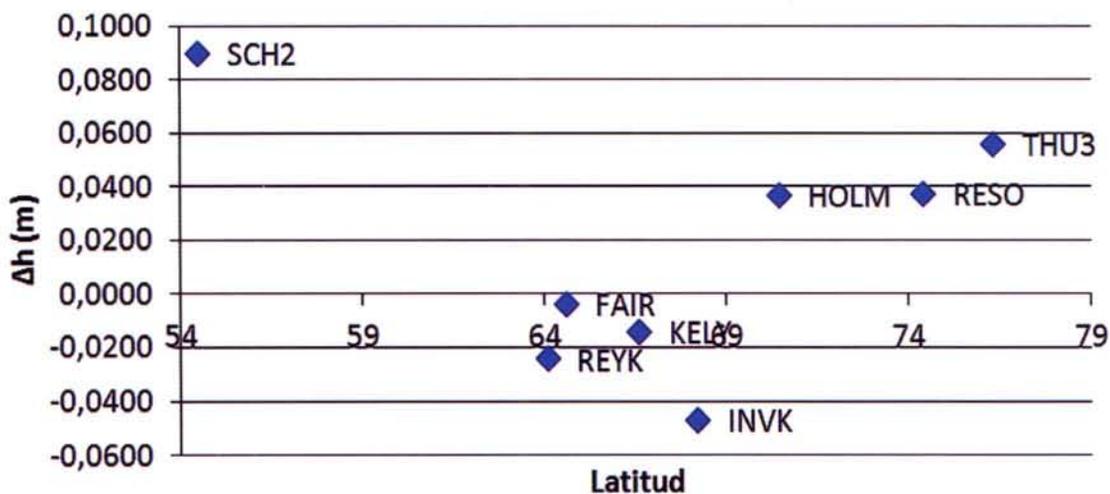


Figura 10: Relación latitud-h placa americana

Análisis de las velocidades

Con el objetivo de analizar el movimiento de cada placa debido al deshielo del Ártico, se han calculado las velocidades medias para cada una de las estaciones. El cálculo de la velocidad de cada estación se ha calculado con el Δh de cada una y los años empleados en el estudio de cada placa.

Para la placa europea obtenemos los siguientes resultados, observando que, del mismo modo que pasaba únicamente con los Δh , las velocidades más extremas (menor y mayor) se corresponden también con las latitudes más extremas. (Ver fig. 11)

En la placa americana se observa la diferencia de velocidad que hay entre unas estaciones y otras. Mientras que SCH2 presenta la mayor velocidad por año, siendo de 0,8164cm/año, FAIR presenta la velocidad menos significativa, de -0,0328cm/año. Así, podemos observar lo que se ha expuesto anteriormente: los mayores valores de velocidad anual aparecen en las estaciones de mayor y menor latitud. (Ver fig. 12)

Con el objeto de hacernos una idea más global de qué está sucediendo en ambas placas por el deshielo del Polo Norte, se ha confeccionado el siguiente gráfico donde cada estación tiene asociada una flecha, que indica la velocidad de cada

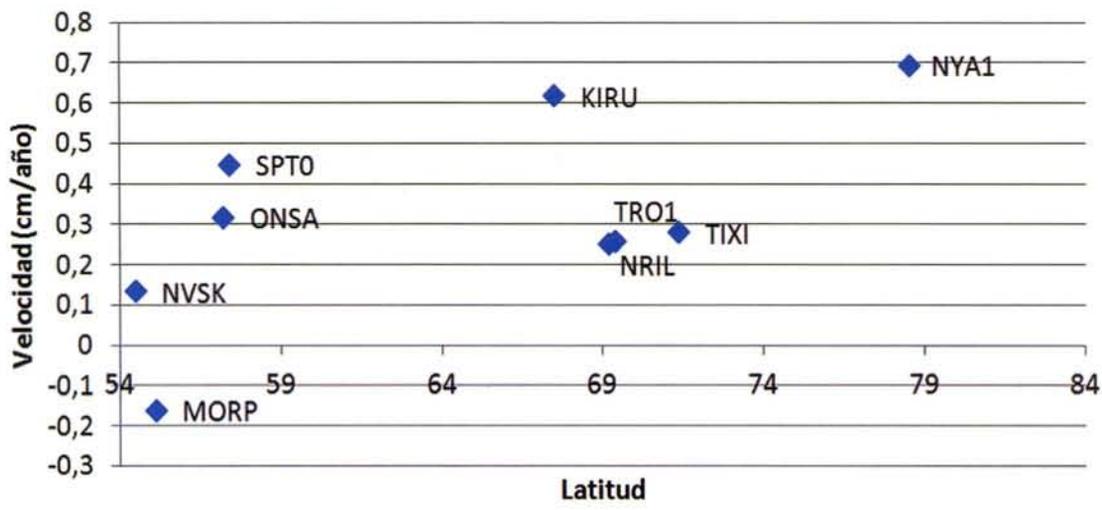


Figura 11: Relación latitud-velocidades placa europea

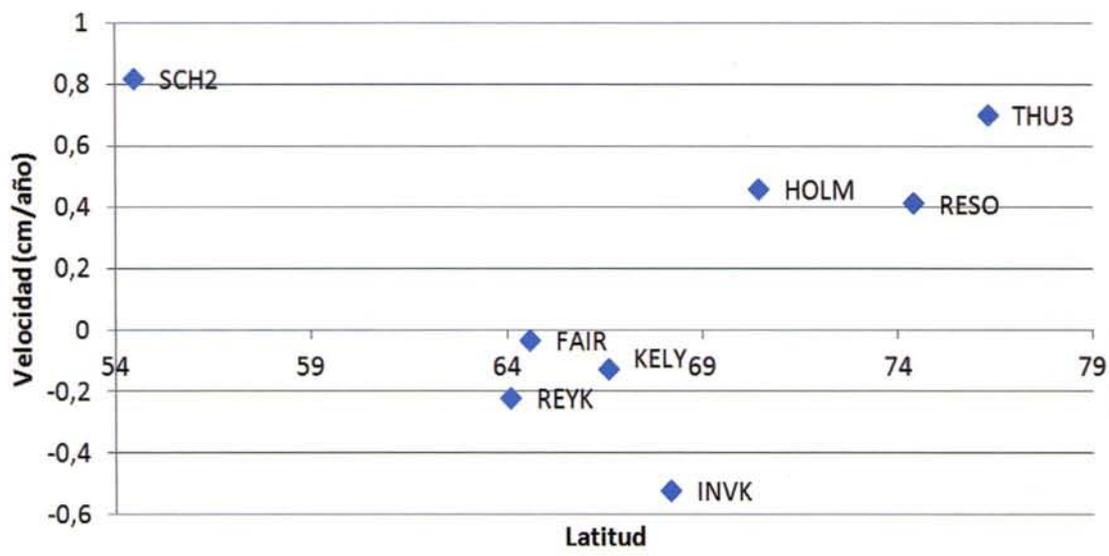


Figura 12: Relación latitud-velocidades placa americana

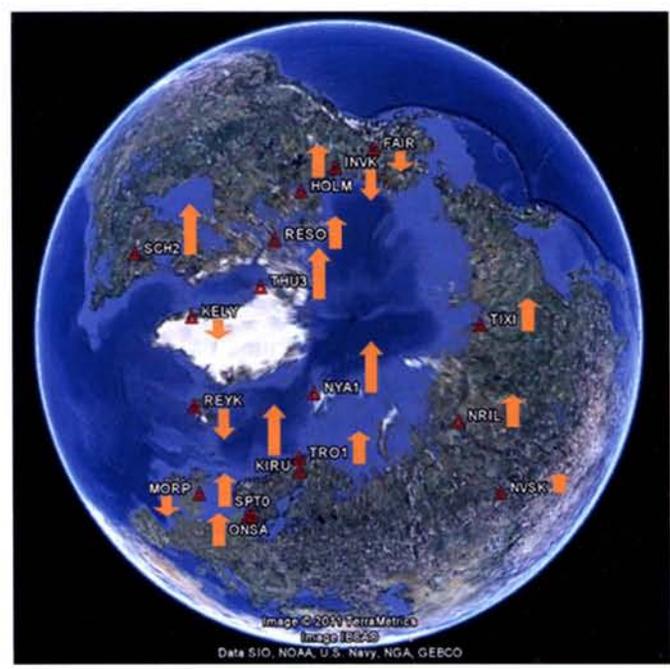


Figura 13: Situación velocidades estaciones GNSS

estación (clasificados en tres tamaños: bajo, medio, alto) y su sentido, en aumento o descenso.

Así, aunque la mayoría de estaciones están aumentando su cota con más o menos velocidad, se puede observar que algunas de ellas están descendiendo. La mayoría de ascensos se están produciendo en la placa europea, mientras que en la americana aparecen los aumentos y descensos de forma más variada. Del mismo modo, observamos que las estaciones que se están viendo más afectadas son las más cercanas al casquete polar Ártico.

Conclusiones

En primer lugar, y para verificar, con ello, que hemos llegado a un resultado correcto, se ha observado que aparece un mayor incremento de altitudes entre los años 2005 y 2007, tal y como afirmaba la NASA en diversos estudios. Así, podemos comprobar que se ha realizado de forma óptima el trabajo, pudiendo contrastar nuestros resultados con otros estudios realizados por diferentes organismos.

Analizando la evolución de cada una de las estaciones respecto a sus colindantes, podemos observar los efectos del deshielo del casquete polar Ártico en cada una de las dos placas tectónicas estudiadas.

Hemos trabajado con las estaciones del IGS con una latitud superior a los 55°N. Si quisiésemos conocer el efecto del deshielo en toda una placa, desde el punto de vista geométrico, habría que ampliar el estudio a todas las estaciones permanentes que aparecen en la placa a estudiar.

Por último, y atendiendo al objeto principal de este proyecto, podemos afirmar que el deshielo del Polo Norte sí está afectando a las distintas estaciones GNSS cercanas a él. Debido a los movimientos isostáticos, algunas estaciones sufren un aumento y otras un descenso de cota. Así mismo, destacar que las estaciones que se están viendo más afectadas por este problema son las que están más próximas al casquete polar.

Referencias

A revision of the parameters of the NNR-NUVEL-1A plate. Jin, Shuanggen and Zhu, Wenyao. 2002. 38, s.l. : Journal of Geodynamics, 2002.

BIFROST Project: Observing the postglacial rebound in Fennoscandia using continuous GPS. Scherneck, Hans-Georg. 2001. s.l. : Journal of Geophysical Research, 2001.

CODE IGS Analysis Center Technical Report 2002. Hugentobler, U., et al. 2003. Bern : Astronomical Institute, University of Bern, 2003.

Continuous GPS measurements of postglacial adjustment in Fennoscandia. Johansson, J. M., et

al. 2002. B8, 2157, s.l. : Journal of Geophysical Research, 2002, Vol. 107.

Error correction models and their effects on GPS Precise Point Positioning. Chen, Wu, et al. 2009. 41, Shanghai, China : Survey Review, 2009.

García-Asenjo Villamayor, Luis and Hernández López, David. 2005. Geodesia. 2005.

Heiskanen, W.A. and Moritz, H. 1985. Geodesia Física. s.l. : Editorial IGN, 1985.

Hoffman-Wellenhof, J. C. B. and Lichtenegger, H. 2001. GPS Theory and Practice. New York : Springer-Verlag, 2001. ISBN 3-211-83534-2.

New Products of the EPN Time Series Special Project: Status Report. Kenyeres, Ambrus. 2009. 2009, FÖMI Satellite Geodetic Observatory.

Observation of glacial isostatic adjustment in "stable" North America with GPS. Sella, Giovanni F., et al. 2007. L02306, s.l. : Geophysical Research Letters, 2007, Vol. 34.

Phase-Based GNSS data processing (PPP) with the GPSTk. Salazar, D., Sanz-Subirana, J. and Hernandez-Pajares, M. 2009. Barcelona : Survey Review, 2009.

Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products. Kouba, Jan and Héroux, Pierre. 2001. Ottawa, Canadá : Geodetic Survey Division, 2001.

Present rate of uplift in Fennoscandia from GRACE and absolute gravimetry. Holger, Steffen, et al. 2009. Hannover, Germany : Tectonophysics, 2009, Vol. 474.

Tests of glacial rebound models for Fennoscandia based on instrumented sea- and lake-level records. Lambeck, Kurt, Smither, Catherine and Ekman, Martin. 1998. s.l. : Journal of Geophysical Research, 1998, Vol. 135.

Trimble's RTK and DGPS Solutions in Comparison with Precise Point Positioning. Landau, Herbert, et al. 2009. Höhenkirchen, Germany : International Association of Geodesy Symposia, 2009, Vol. 133.

NORMAS PARA AUTORES

CONTENIDO

Mapping es una revista internacional en lengua española que publica artículos sobre Ciencias de la Tierra con un enfoque tanto investigativo como profesional. Mapping no es una revista especialista sino generalista donde se publican artículos de Topografía, Geodesia, SIG, Medio Ambiente, Teledetección, Cartografía, Catastro, Turismo y Ciencias de la Tierra en general. El amplio campo cubierto por esta publicación permite que en ella el lector, tanto científico como técnico, pueda encontrar los últimos trabajos publicados con las nuevas investigaciones y desarrollos en el campo de las Ciencias de la Tierra en la comunidad hispanohablante.

La revista Mapping invita a los autores de artículos en el campo de las Ciencias de la Tierra a la colaboración mediante el envío de manuscritos para su publicación, según las siguientes normas:

ESTILO

El artículo será enviado como documento de texto con las siguientes normas de estilo:

- La fuente será "Times New Roman" a tamaño 12.
- Interlineado a doble espacio.
- Sin espaciado adicional al final o al principio de los párrafos.
- Justificación en ambos laterales.
- Títulos de los diferentes apartados y subapartados del artículo ordenados de manera numérica, en mayúsculas y en negrita.
- Tamaño del papel DIN A4.
- Márgenes verticales y laterales de 2,5 cm.
- No se admiten encabezados ni pies de página.

LONGITUD

La longitud de los artículos no está establecida, recomendándose una extensión en torno a las 10 páginas para el texto con el estilo propuesto.

SISTEMAS DE UNIDADES

Salvo excepciones que serán evaluadas por el Comité Editorial el sistema de unidades será el Sistema Internacional.

FORMULAS MATEMÁTICAS

Las fórmulas matemáticas se incluirán en el cuerpo de texto en una línea aparte y con justificación centrada. Las fórmulas se numerarán correlativamente por su orden de aparición con su número entre paréntesis a la derecha.

TABLAS

Las tablas se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación del texto, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final se incluirá una línea con la palabra "tabla" y su número en mayúsculas, con justificación centrada.

El diseño de las tablas será tal que permita su lectura con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho).

En ningún caso se admitirán tablas en formato apaisado.

FIGURAS

Las figuras se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación de las tablas, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final y se incluirá una línea con la palabra "figura" y su

número en mayúsculas, con justificación centrada. El diseño de las figuras será tal que permita su visibilidad con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho). Se admiten figuras en blanco y negro y color.

REFERENCIAS

En el cuerpo del texto del artículo las referencias se citarán por el apellido del autor y el año de publicación separados por una coma y entre paréntesis. Las referencias se incluirán al final del texto como un apartado más del mismo y se documentarán de acuerdo al estándar cuyo modelo se incluye a continuación:

LIBROS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título. Edición. Editorial, ciudad de publicación. Número de páginas pp.

REVISTAS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del artículo. Revista, número (volumen), pp: pagina de inicio-pagina final.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del documento. Enlace de Internet.

En todos los casos se incluirán tantos autores como figuren en las referencias.

No se admitirán artículos sin referencias.

FORMATO DEL MANUSCRITO

El documento que será enviado al comité editorial en el siguiente formato:

HOJA DE PORTADA

En la hoja de portada se incluirán los siguientes datos
TÍTULO

El título del artículo deberá tener menos de 15 palabras y estar escrito en español e inglés.

AUTORES Y FILIACIÓN

A continuación del título se incluirán los autores en el orden de aparición, sus datos de filiación y contactos en el siguiente formato:

Apellido, nombre.

Institución o empresa. Teléfono.

Correo electrónico. País

ARTÍCULO

El artículo estará formado por el cuerpo del texto, las tablas y figuras. **Irà precedido de su título en mayúsculas, un resumen de 100-200 palabras y palabras claves, todo ello en español e inglés.** El artículo comenzará en una hoja aparte y no contendrá ningún dato de los autores para la revisión anónima del mismo. La estructuración de los artículos es decisión de los autores pero se recomienda la estructura habitual en los artículos en publicaciones científicas.

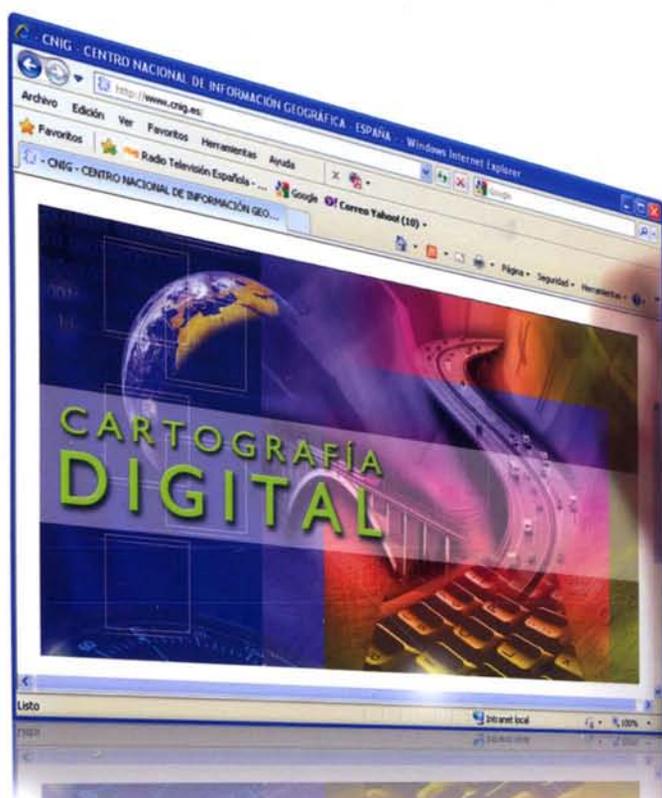
ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

Los manuscritos serán enviados en formato digital, preferentemente PDF o WORD a la dirección de correo electrónico manuscritos@mappinginteractivo.com

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital

www.cnig.es



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN1000, 500, 200, 25),
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),
LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,
ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS,
<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es