

INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES (IDE) PARA EL ESTUDIO Y ANÁLISIS AMBIENTAL: UNA EXPERIENCIA EN EL SUR DEL ECUADOR.

Víctor H. González ^{1 a}, Fernando Oñate Valdivieso ^a

^(a)Sistemas de Información Geográfica, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una aplicación del concepto de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para la elaboración de una herramienta destinada al estudio y análisis de variables mediambientales, que se constituya en un apoyo en la toma de decisiones para un manejo ambiental sostenible y sustentable de la región sur del Ecuador. El sistema planteado ha sido desarrollado con herramientas open source tales como: servidor Apache, MapServer 4.6, y estándares OpenGis para publicación de información georeferenciada a través del Internet. La información temática presentada ha sido recopilada en varios organismos de desarrollo y en su mayor parte ha sido derivada de imágenes satelitales tales como ASTER, LANDSAT y MODIS. El sistema permite la visualización de la información geográfica, la consulta de datos temáticos asociados, con sus correspondientes metadatos y la descarga de las capas temáticas.

Palabras claves: IDE, Mapserver, GIS

ABSTRACT

In the present work, we make an application of the idea of an infrastructure of spatial data for the elaboration of a tool with the purpose of studying and analyzing the environmental variables, which will constitute a support in making decisions for a sustainable and tenable environmental handling in the south region of Ecuador. The stated system has been developed with Open source tools such as: Apache Server, MapServer 4.6 and OpenGis standards for publishing georeference information through internet. The presented information has been collected from different developmental organizations and mainly it has been derived from satelital images such as ASTER, LANDSAT; and MODIS. The system allows visualizing the geographical information, the consultation of related data with their corresponding metadata and download of different thematic layers.

Keyboards: IDE, Mapserver, GIS.

¹ Contacto autor: Te: 00593 7 2570275 ext 2613 Fax: 00593 7 25

Correo electrónico: vhgonzalez@utpl.edu.ec

Copyright: Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

ISBN xx-XXXX-xx

Introducción a una infraestructura de información geográfica

Día a día se incrementa la necesidad de manejar dentro de los proyectos el uso de mapas, de datos espaciales y características geográficas que nos ayudan a describir un determinado fenómeno, un área de estudio o simplemente un objeto dentro de nuestro entorno. Estos acontecimientos que parecen en cierta medida aislados, se ven cada vez más en nuestra vida cotidiana, por lo cual estamos convencidos de la necesidad de aumentar la disponibilidad de datos espaciales y de compartirlos para su uso en múltiples proyectos.

La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es considerada como un conjunto de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales destinados a facilitar el acceso a información espacial, constituyéndose en una base para la búsqueda, visualización, análisis y aplicación de datos espaciales a todos los niveles; teniendo en cuenta que sus componentes son: tecnologías, marco institucional, políticas de datos y los estándares establecidos (Fig. 1.) (Bosque Sendra, 2007).

En este contexto cabe mencionar las iniciativas europeas de INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in Europe) y GMES (Global Monitoring for Environment and Security) (Perez Gómez, 2004). El Reino Unido recientemente ha producido legislación en esta misma línea, ha subvencionado la creación de una infraestructura de información geográfica bajo el programa "Invertir para ahorrar" de su Ministerio de Tesorería, y el gobierno promete publicar el 100% de la información pública en Internet para el año 2008. La Unión Europea también ha dado los primeros pasos en este tipo de iniciativa (European Standardization Strategies for Geographic Information dentro del 2nd Geodata For All in Europe EUROGI Workshop de Marzo del 96, documento de trabajo del GI2000 "Towards a European Policy Framework for Geographic Information") La propuesta de los Estados Unidos para la

creación de su Infraestructura Nacional de Información Espacial ha sido puesta en práctica por el FGDC a través del National Geospatial Data Clearinghouse (Bañares J. A., 2001)

Un Clearinghouse fue establecido como un Catálogo "en línea", distribuido, y que oferta servicios de búsqueda. El Clearinghouse permite a un usuario de Internet visitar uno de los numerosos Gateways, o puntos de entrada a un sitio Web, acceder a un formulario de consulta, y efectuando una única pregunta, obtener la respuesta sobre la base de la información geoespacial que será atendida por numerosas colecciones de datos

Todas estas iniciativas pretenden abastecer a las crecientes necesidades de datos espaciales, cubriendo necesidades en la implementación de un amplio abanico de aplicaciones como el medio ambiente, la agricultura, el transporte, el desarrollo sostenible, la seguridad, entre otras.

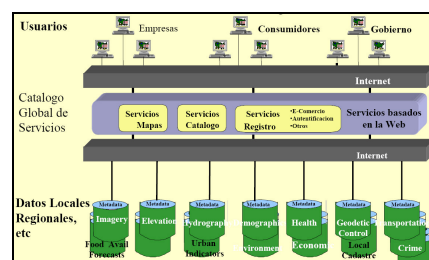


Fig. 1 Estructura de una IDE.

La importancia de implementar una IDE radica en que:

- Los metadatos son esenciales, pues sin ellos no se puede proporcionar datos globales.
- Existe una gran heterogeneidad de los datos, lo cual dificulta los procesos a realizarse con la información espacial.
- Se debe permitir el acceso a la información por parte de usuarios especializados y público en general.

Existen diferentes estándares que regulan la información geográfica publicada. Un

ejemplo es el ISO 19115:2003 – que fue recientemente aprobado como un estándar internacional. (ISO, 2003), define el esquema requerido para describir información geográfica y servicios. Este provee información acerca de identificación, extensión, calidad, esquema temporal y espacial, referencia espacial, y distribución digital de los datos geográficos.

La OGC (Open GIS Consortium), ha definido los siguientes estándares: WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) y WCS (Web Coverage Service); actualmente WCS se encuentra en estado de desarrollo.

Web Map Service (WMS) define tanto un formato para hacer la petición del mapa así como el estándar para recibirlo, se tienen algunos comandos con lo cual se realizan dichas operaciones (Documentación Web Map Service):

GetCapabilities.- Retorna un documento XML que describe las capas temáticas de información disponible y las proyecciones que soporta.

GetMap.- Retorna la imagen del mapa en formato gif, jpeg, swf o png

GetFeatureInfo.- Retorna información sobre el objeto geográfico en XML, GML, HTML o texto

DescribeLayer.- Retorna un documento XML que describe las capas disponibles e indica cuales son WFS y WCS.

La utilización práctica de WMS se lo pueda aplicar a:

- Restringir el acceso físico a los datos ya que solo retorna una imagen
- Servicio de publicación rápida: terremotos, riesgos, clima etc.
- Distribución de Mapas en un URL ya que los mapas son configurables.

Web Feature Service.- Una petición WFS consiste en una descripción de la consulta y operaciones de transformación de datos. La petición de datos es generada en el cliente y enviada a la Web a un servidor http, existen comandos similares a los expuestos en WMS (Documentación Web Feature Service).

Altos porcentajes de las decisiones públicas y privadas se basan en aspectos con

algún componente espacial y la cartografía en Internet presenta unas características inmejorables de accesibilidad, facilidad de actualización, interactividad e integración.

Un GIS basado en Web permite reducir los costos del software, reduce considerablemente la carga e instalación de software así como su soporte y mantenimiento, reduce la curva de aprendizaje de los usuarios y provee un entorno superior para la presentación e integración de DBMS (Richard W. Greenwood, 2002).

El presente trabajo tiene por finalidad el dar a conocer una experiencia sobre la implementación de una IDE en la región sur del Ecuador, la que permite visualizar, consultar y descargar información georeferenciada de variables medioambientales. A la misma puede accederse con la dirección: <http://sig.utpl.edu.ec/ide>

Información procesada

La información topográfica 1: 50 000 (IGM, 1980) fue digitalizada elaborándose mapas temáticos con información de elevación, centros poblados, red hídrica, red vial, etc.

Como información Ráster se posee tres modelos de elevación digital de la zona de estudio:

Un DEM con una resolución de 90 m elaborado por el proyecto SRTM a partir de pares estereoscópicos de imágenes radar mediante interferometría. Un DEM con una resolución de 50 m, elaborado a partir de la información topográfica del IGM, construyendo un TIN, el que fue rasterizado posteriormente. Un DEM con una resolución de 15 m extraído de imágenes ASTER (Bandas 3N y 3B) mediante un remuestreo aplicando ecuaciones de colinearidad, que permiten obtener imágenes epipolares normalizadas, sobre las que se determina el paralaje que permite el cálculo de las elevaciones.

A partir de los modelos de elevación se derivaron mapas de pendientes a las escalas mencionadas, se realizó la delimitación automática de cuencas hidrográficas y el correspondiente cálculo de sus principales parámetros morfométricos.

Con el registro histórico de precipitaciones en 42 estaciones pluviométricas se procedió a

elaborar mapas de isoyetas anuales de la zona de estudio, mediante interpolación Kriging. Para el caso del registro de temperaturas máximas, media y mínima del aire, se procedió a correlacionar los valores registrados con la elevación de las estaciones en las que se recogió la información a fin de elaborar mapas de variación espacial de la temperatura.

Se ha recopilado imágenes LANDSAT de los años 1985, 1986, 1987, 1996, 1999, 2000 y 2001, ASTER de los años 2001, 2003 y 2004 y MODIS, las que han sido corregidas radiométricamente, geoméricamente, y topográficamente.

A partir de los compuestos temporales MODIS se procedió a calcular los valores de evapotranspiración aplicando la ecuación operativa propuesta por Rivas y Caselles.

$$ET_{o_T_s} = a \cdot T_s + b$$

$$a = \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{T_c}{T_a} \right)} \right) \cdot \left(\frac{-c \cdot e_s - \sigma}{\lambda} \right)$$

$$b = \left(\frac{1}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{T_c}{T_a} \right)} \right) \cdot \left[\frac{(\Delta) \cdot ((1-\alpha)R_s + \epsilon_s \cdot \sigma (T_s^4 - d) - G) + \rho \cdot C_p \cdot \left(\frac{e_s - e_a}{T_s} \right)}{\gamma} \right]$$

El parámetro *a* representa la emisión media de la superficie de referencia para unas condiciones atmosféricas dadas, y el parámetro *b* representa los efectos aerodinámicos sobre la superficie hipotética, que recibe una cierta cantidad de radiación solar. Estos parámetros son propios del área de aplicación y pueden ser calculados usando datos meteorológicos medidos, en estaciones convencionales (Rivas y Caselles, 2004).

Se procedió a derivar los valores de NDVI de las imágenes LANDSAT y ASTER

Elementos tecnológicos e implementación de la propuesta

Para la implementación de un sistema de IDE para el análisis ambiental primeramente se debe tener una aplicación o sistema que permita visualizar y consultar la información espacial en una aplicación con un entorno compartido, al cual puedan acceder todos los usuarios. Para ello se implementa un sistema

de geovisualización, en el cual se usan los siguientes componentes:

- Servidor Web
- Servidor de mapas
- Datos espaciales
- Frontal para presentación de resultados

El sistema de geovisualización tiene la capacidad de integrar información vectorial y raster, así como de vincular la información alfanumérica que se relaciona con las capas vectoriales (Repositorio de datos espaciales).

Este sistema permite compartir datos por medio de la Internet, lo cual facilita el acceso a la información sin la necesidad de software propietario ni especializado. También es importante recalcar que los usuarios de la información espacial ya no requieren estar físicamente en el lugar donde se encuentra el repositorio de dicha información.

Para los primeros dos componentes del sistema se utilizó: el Servidor Apache 1.3.24 y el Servidor de mapas MapServer 4.6.1.

MapServer es un ambiente OpenSource desarrollado para construir aplicaciones espaciales de Internet. MapServer no tiene todas las características de un sistema GIS y no aspira a serlo. El software se construyó sobre otros populares OpenSource como Freetype, Proj4, GDAL/ORG (MapServer home page).

Las características de MapServer son: salida avanzada de cartografía, soporta scripts desarrollados en entornos populares como PHP, Pitón, Perl, Java, Rubi y C#, es una aplicación multiplataforma que funciona bajo sistemas operativos como Windows, Unix/Linux, MacOS, Solaris, entre otros, múltiple formatos raster y vectoriales así como soporte de proyecciones para datos espaciales (MapServer home page).

La aplicación utiliza los siguientes recursos para su correcto funcionamiento:

- * Un servidor de aplicaciones http como Apache o Internet Information Server.
- * Software MapServer.
- * Archivo de inicialización para enviar parámetros iniciales a la aplicación CGI (Archivo de inicialización).
- * Un archivo que controle como se trabajará con los datos (Mapfile). El Mapfile define los datos a ser usados y que se desea realizar

con estos, se definen objetos como: mapas, leyendas, scalebar, consultas entre otros.

* Un archivo que muestra la salida de los - datos espaciales y los controles que el usuario tendrá sobre los mismos (Template File en html). El Template File controla la salida de los mapas. Es el modo de presentación definido en el archivo Mapfile.

* Un repositorio de datos en el cual se almacena la información espacial. Como se mencionó entre las características de MapServer, este soporta múltiples formatos tanto vectoriales como raster, lo cual es indispensable para mostrar la información espacial, en este caso nuestra zona de estudio, ubicada en la Provincia de Loja – región sur de Ecuador.

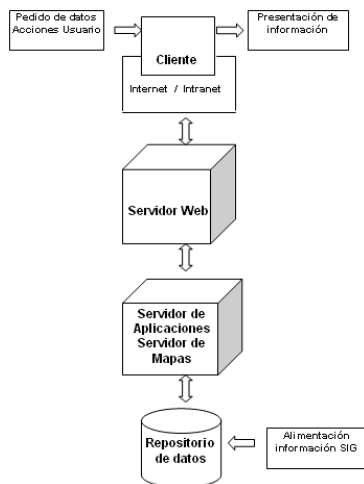


Fig. 2 Estructura del sistema de geovisualización para implementación de una IDE.

En la Fig. 2 se muestra la estructura del sistema de geovisualización para la implementación de una IDE que funcione en Internet usando el servidor de mapas MapServer, este sistema fue implementado y probado bajo un entorno Windows, adicionalmente se realizaron pruebas bajo Linux y en ambos casos los resultados fueron satisfactorios. MapServer trabaja como un módulo CGI con un servidor de aplicaciones http, el usuario accede a las aplicaciones desde un navegador web e interactúa con la interfaz de la aplicación; las acciones son enviadas al servidor, ejecutadas por el CGI MapServer que accede al repositorio de de

información y devuelve la información al navegador Web (González V, 2005).

Los metadatos necesarios para la distribución de información espacial pueden ser anexados mediante una base de datos, archivos XML, archivos HTML o simplemente archivos de texto.

Entre los parámetros considerados para anexar los metadatos tenemos:
 Información de la identificación
 Extensión
 Calidad
 El esquema temporal y espacial
 Referencia espacial
 Distribución de los datos geográficos digitales

Una vez que se ha establecido la estructura del sistema se procede al desarrollo de la solución. Iniciamos con un script que pertenece a la página o archivo de inicialización en donde se define la llamada a la aplicación CGI, se indica la ruta del archivo MapFile que se usa para la definición de los datos que serán utilizados y el modo de navegación del servidor de mapas. En el siguiente script muestra el link hacia el CGI.

```

<html>
<head>
<title>Infraestructura de Datos Espaciales</title>
</head>
<body bgcolor="#ffffff">
<p ><a href="/cgi-bin/mapserv.exe? map=c:/Archivos
de programa/Apache Group/Apach/mapa.Map
&mode=browse">Implementación IDE</a><br> </p>
</body>
</html>
  
```

Este hipervínculo se puede descomponer en tres partes: la llamada al CGI, un path que indica la ubicación del archivo Mapfile para obtener las instrucciones que se aplica sobre los datos a usar y el tercer parámetro que hace referencia al modo en el que se hace uso del CGI (modo Map o Browse).

A continuación se trabaja sobre el archivo Mapfile, este archivo está compuesto principalmente por objetos y cada uno posee palabras claves y otros objetos. El archivo estudiado tiene una estructura jerárquica por encima de otros. El objeto principal es MAP y bajo este se encuentran los demás, esta jerarquía se observa en la Fig. 3.

Con el trabajo sobre los archivos de formatos raster se puede acceder a algunos tipos de archivos entre ellos se tiene: TIFF/GeoTIFF, EPPL7 u otros tipos de archivos raster de menor calidad como BMP y JPEG, ver Fig. 4.

Presentación visual y de los atributos en una consulta espacial

En las aplicaciones de SIG como en cualquier Sistema de Información es necesario poder realizar consultas en el repositorio de datos.

Como se puede apreciar en la Fig. 5, el entorno gráfico para representación de datos es muy útil, ya que en ella se puede diferenciar rápida y claramente los objetos geográficos como representaciones de la realidad y las posibles relaciones que existen entre ellos.

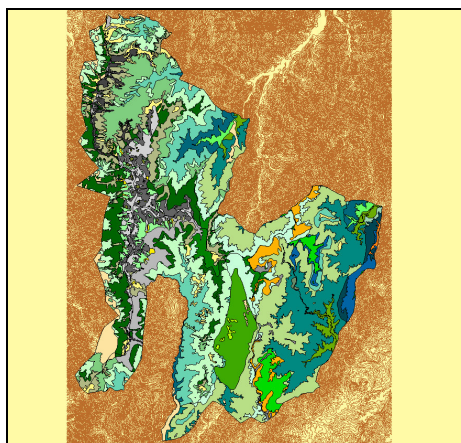


Fig. 5 Visualización de ecosistemas dentro de la zona de estudio.

Esto es un ejemplo de geovisualización de mapas, elemento visual de ayuda en la toma de decisiones que debe ser acompañado por las consultas de datos temáticos; para la representación de los resultados se recomienda los formatos GIF, PNG, JPEG ya expuestos anteriormente, de los cuales se comprueba que el mejor es JPEG, que es un formato considerablemente liviano y con una compresión de colores aceptable para la representación de los datos.

Para la consulta de datos tanto en formato texto como modo gráfico se deberá establecer la consulta a la tabla de datos dentro del archivo Mapfile, definiendo un archivo TEMPLATE y un objeto QUERY. A continuación se muestran scripts de la definición del objeto QUERY y del archivo template.

```

QUERYMAP
  SIZE 360 300
  STATUS ON
  STYLE HILITE
  COLOR 255 0 0
  OUTLINECOLOR 255 0 0
  END
  
```

El resultado de la consulta es visualizado en la Fig. 6. Éste comprende los datos almacenados dentro de la capa de Áreas Protegidas, así como la zona geográfica comprendida sobre el mapa.

NOMBRE DE ÁREA PROTEGIDA	Bosque Petrificado de Puyango
UBICACIÓN	En el límite de Loja con la Provincia de El Oro
EDAD APROXIMADA	68 a 84 millones
CULTIVOS DE LA ZONA	No apto para agricultura o ganadería
SUPERFICIE	2658 has
TIPO DE SUELO	Árenoso - Árenoso arcilloso
CLIMA	Invierno y verano
ALTITUD	250 a 750 m
TEMPERATURA	25
ERA	Cretáceo Superior - Terciario Palaeoceno
SOPORTE LEGAL	Acuerdo Ministerial #022 del 9 de Enero de 1987

Resultado de la consulta

Fig. 6 Consulta y visualización de datos espaciales – IDE para el estudio y análisis ambiental.

Toda la información ya sea en formato raster o en formato vectorial esta disponible para que los usuarios puedan descargarla, adicionalmente cada una de ellos posee un archivo que contiene sus respectivos metadatos, con lo cual se cumple con las expectativas de una IDE.

Finalmente se expone una parte de la información que se adjunta en el archivo de metadatos, la misma pertenece a la información de referencia.

```

Metadata_Reference_Information:
  Metadata_Date: 20070410
  Metadata_Contact:
    fronate@utpl.edu.ec
  Contact_Information:
    vhgonzalez@utpl.edu.ec
  Contact_Organization_Primary:
    Contact_Organization:
      Universidad Técnica Particular de Loja,
      Equipo de Sistemas de Información
      Geográfica
  Contact_Person: Fernando Oñate
  Contact_Address:
    Address_Type: mailing and physical
    address
    Address: Marcelino Champagnat
    City: Loja
    State_or_Province: Loja
    Postal_Code: 1101608
    Country: Ecuador
  
```

Conclusiones y recomendaciones

- La herramienta CGI MapServer es multiplataforma y ha sido probada (Versiones 4.0 4.1 4.2 4.6) en el sistema operativo Windows XP Profesional y Linux con el servidor http Apache versión 1.3.24, la cual ha resultado estable y confiable.
- Cuando un cliente se conecta al servidor http y accede a la aplicación, el usuario obtiene como resultado una imagen en formato raster de los datos y no los datos, la operación de descarga es configurable, manteniendo la seguridad y confidencialidad de los datos geográficos.
- Mapserver puede trabajar con datos vectoriales y raster, obteniendo buenos resultados y tiempos de respuesta aceptables para publicaciones en Internet; los formatos de imágenes generadas por el software va desde formatos JPEG, PNG - PNG24, GIF, WBMP entre otros, estas se cargan con rapidez, por lo cual se recomienda los tres primeros formatos dependiendo si se ha recuperado datos raster o vectoriales (GIF para datos vectoriales; JPG, PNG – PNG24 para datos raster).
- A la hora de publicar cartografía en Internet se deben elegir servidores de mapas o un entorno informático que facilite la “interoperabilidad” la “escalabilidad”, así como el uso de formatos y lenguajes abiertos.
- Dentro de la presentación visual de la información espacial, los aspectos estéticos juegan un papel destacado en el uso de los mapas, pues una simbología clara y estandarizada facilita la comprensión por los usuarios.
- La implementación de una IDES es indispensable, esto para la distribución de datos espaciales, solucionando el problema de integración de datos de distintas regiones, y accedidos por distintos tipos de usuarios.

Referencias.

Bosque Sendra Joaquin (2006) Universidad de Alcalá .

González Víctor H. (2005) MapServer y su aplicación a SIG, Universidad Técnica Particular de Loja.

Greenwood. Richard W. (2002) “Using MapServer to Integrate Local Government Spatial, Data.” Greenwood Mapping, Inc.,

<http://mapserver.gis.umn.edu/>
MapServer home page.- Sitio oficial de MapServer.

<http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=3D26=020&ICS1=3D35&ICS2=3D240&ICS3=3D70>
International Organization for Standardization.

<http://www.opengeospatial.org/>
OGC.- Desarrollo de estándares para la implementación de aplicaciones geoespaciales.

<http://www.opengeospatial.org/docs/01-68r2.pdf>
WMS.- Documentación Web Map Service

<http://www.opengeospatial.org/docs/02-058.pdf>
WFS.- Documentación Web Feature Service.

J.A.Bañares, M.A. Bernabé, M.Gould, P.R.Muro-Medrano, F.J.Zarazaga. (2001) “Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica”. Universidad de Zaragoza.

Pérez Gómez Rufino, Martínez Marín Rubén (2004). “Análisis Semiológico De Mapas Temáticos Complejos, Su Programación En Entorno De Cartografía Digital Y Su Publicación En Internet. Aplicación A Los Mapas Geomorfológicos.”. UPM

Rivas, R., Caselles, V. A simplified equation to estimate spatial reference evaporation from remote sensing –based surface temperature and local meteorological data. Remote Sensing of Environment, v. 93, p. 68-76, 2004.

