

JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN

Presidente de la República de Colombia

ANGELINO GARZÓN

Vicepresidente de la República de Colombia
Presidente Comisión Colombiana del Espacio, CCE

IVÁN DARÍO GÓMEZ GUZMÁN

Director General Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC
Secretario Ejecutivo Comisión Colombiana del Espacio, CCE

Consejo Directivo

JORGE BUSTAMANTE ROLDÁN

Director General
Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE

HERNANDO JOSÉ GÓMEZ RESTREPO

Director General
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, DNP

BEATRIZ URIBE BOTERO

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

RODRIGO RIVERA SALAZAR

Ministro de Defensa Nacional

JUAN CAMILO RESTREPO

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

ALEJANDRO GAVIRIA URIBE

Representante de la Presidencia de la República

ALBERTO MENDOZA MORALES

Representante de la Presidencia de la República
Presidente de la Sociedad Geográfica de Colombia

MERCEDES VÁSQUEZ DE GÓMEZ

Secretaria del Consejo Directivo
Secretaría General del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC

Comité Editorial

Iván Darío Gómez Guzmán	<i>Director General</i>
Mercedes Vásquez de Gómez	<i>Secretaria General</i>
Miguel Ángel Cárdenas Contreras	<i>Subdirector de Geografía y Cartografía</i>
Julián Serna Giraldo	<i>Subdirector de Agrología</i>
Gladys Pinzón Daza	<i>Subdirectora de Catastro</i>
Dora Inés Rey Martínez	<i>Jefe Oficina Asesora de Planeación</i>
Lilia Patricia Arias Duarte	<i>Jefe Oficina del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF</i>
Ivanna Nussika Agudelo Padilla	<i>Jefe Oficina de Difusión y Mercadeo de Información</i>
Johana Trujillo Moya	<i>Asesora Dirección General</i>

Editores

Iván Darío Gómez Guzmán
Lilia Patricia Arias Duarte

Diseño y Diagramación

Lorena Maryeth Rodríguez Martínez, Oficina Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF
Alba Giraldo, Oficina Centro de Difusión y Mercadeo de Información

Revisión y Corrección de Estilo

Juan David Mosquera, Lina Rojas Camargo, Jonás Cirilo León, Johana Trujillo Moya, Felipe Fonseca Fino, Andrés Herrera Pérez, Leonardo Cano

Impresión

Imprenta Nacional de Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Análisis Geográficos: Semana Geomática 2009, acceso al conocimiento geoespacial
El Instituto. - - Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia, No. 47, 2010
ils. Mapas a colores, cuadr.
Incluye Referencias Bibliográficas
Texto bilingüe español-inglés
ISSN 0120-8551

1. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) - Cuba 2. Sistemas de Información Geográfica (SIG) - Santiago de Cali 3. Old Point Regional Mangrove Park - San Andrés 4. Ecosistemas Marinos 5. Sistema de Información Geográfico y Cartográfico (GEOCARTO) 6. Parque Nacional Natural Isla de Salamanca - Atlántico 7. Deserción - Valle del Cauca 8. Regresión Ponderada Geográfica 9. Incendios Forestales 10. Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana (SIAT-AC) 11. Gestión Integral de Información 12. Gestión de Información Geográfica

ES PROPIEDAD DEL ESTADO

Los trabajos presentados se han preparado respetando los originales enviados por los autores, salvo algunas correcciones relacionadas con la ortografía. En consecuencia, la responsabilidad de los contenidos y la calidad de las imágenes son exclusivamente de los autores y no comprometen al Comité Editorial ni al Editor de la Revista.

Comité Organizador

Iván Darío Gómez Guzmán	<i>Director General</i>
Mercedes Vásquez de Gómez	<i>Secretaría General</i>
Miguel Ángel Cárdenas Contreras	<i>Subdirector de Geografía y Cartografía</i>
Julián Serna Giraldo	<i>Subdirector de Agrología</i>
Gladys Pinzón Daza	<i>Subdirectora de Catastro</i>
Dora Inés Rey Martínez	<i>Jefe Oficina Asesora de Planeación</i>
Lilia Patricia Arias Duarte	<i>Jefe Oficina del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF</i>
Ivanna Nussika Agudelo Padilla	<i>Jefe Oficina de Difusión y Mercadeo de Información</i>
Johana Trujillo Moya	<i>Asesora de Comunicaciones – Dirección General IGAC</i>

Comité Técnico

Lilia Patricia Arias Duarte	<i>Jefe Oficina del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF</i>
Elena Posada	<i>Jefe (e) CIAF - Coordinadora del Grupo Percepción Remota y Aplicaciones Geográficas</i>
Alberto Boada Rodríguez	<i>Coordinador del Grupo de Gestión del Conocimiento en Tecnologías Geoespaciales - CIAF</i>

Comité de Difusión y Logística

Johanna Trujillo Moya	<i>Asesora de Comunicaciones - Dirección General IGAC</i>
Elena Posada	<i>Jefe (e) CIAF - Coordinadora del Grupo Percepción Remota y Aplicaciones Geográficas</i>
Alberto Boada Rodríguez	<i>Coordinador del Grupo de Gestión del Conocimiento en Tecnologías Geoespaciales - CIAF</i>
Luz Mery Gómez Contreras	<i>Coordinadora del Grupo de Sistemas de Información Geográficas y Modelamiento Espacial</i>
Nyrian Ubaque Ubaque	<i>Coordinadora Grupo Infraestructura de Datos Espaciales y Gestión de la Información Geográfica</i>
Juan Camilo Urbina Higuera	<i>Líder Grupo Gestión de Tecnologías de la Información y la Comunicación</i>
Gina Marcela Popayán	<i>Grupo Gestión Administrativa y Talento Humano</i>
Jonás Cirilo León Pérez	<i>Coordinador Técnico</i>

Contenido

Presentación	8
Presentation	10
Sociedades digitales y software libre y solidario: Un nuevo paradigma también geoinformático	12
Introducción y antecedentes del software libre	14
El software libre como nuevo paradigma económico	15
Sociedades digitales del conocimiento	17
Posibilidades y proyectos en Colombia	18
Conclusiones	19
Referencias Bibliográficas	19
Lecciones aprendidas en gestión de información técnica no estructurada heterogénea	20
Objetivos de negocio	23
Conclusión	28
Los estándares de información como elemento fundamental para la gestión de información geográfica	30
Introducción	32
Análisis situacional	32
La gestión de información geográfica en el marco de la ICDE	34
La estandarización de la información geográfica como elemento de modernización institucional	35
Conclusiones	38
Referencias bibliográficas	38
Modelamiento en web de geoinformación de la Amazonía colombiana con el uso de software libre	40
Introducción	43
Métodos y materiales	45
Resultados y discusión	48
Conclusiones	52
Referencias bibliográficas	53

El monitoreo de la actividad solar	54
Introducción	57
Materiales y métodos	60
Resultados y discusión	63
Conclusiones	67
Bibliografía	68

Implementación de iSMART para la actualización, edición y validación de información geográfica y alfanumérica en ambiente web de repositorios ORACLE	70
Introducción	72
Referencias bibliográficas	75

Urbanismo en red, nuevas técnicas para el mantenimiento distribuido de territorios virtuales	76
Introducción	78
Diseño funcional propuesto	79
Componentes	84
Premisas de diseño del Registro Urbano	84
El instrumento digital	89
Ficheros de intercambio	95

Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT)	96
Introducción	99
Metodología aplicada	100
Principales resultados	102
Lecciones aprendidas	108
Referencias Bibliográficas	109

Sistema de información geográfica para la toma de decisiones de Corpoica	110
Introducción	112
Materiales y métodos	112
Resultados y discusión	113
Conclusiones	114
Referencias bibliográficas	115

Design and simulation of a star tracker for the Aramis nanosatellite	116
Introduction	118
Architecture overview	119
Algorithms	120
Conclusions and future work	124
Acknowledgment	124
References	125

Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión municipal. La implementación del Sistema Georreferenciado de Información Socioeconómica y el Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de Montería (SIGISOT), Córdoba, Colombia	126
Introducción	128
Antecedentes	128
Problema	129
Objetivos	130
Metodología	130
Resultados	132
Conclusiones	140
Citas bibliográficas y referencias	141

Transformación de la cobertura forestal en el Valle del Magdalena Medio en el período 1987-2001	142
Introducción	144
Materiales y métodos	145
Resultados y discusión	148
Conclusiones	154
Referencias bibliográficas	155

Identificación de altos valores de conservación y su incorporación en la zonificación provincial de uso de la tierra en el norte de Esmeraldas, Ecuador	158
Introducción	160
Materiales y métodos	162
Descripción y análisis de la mapificación general	162
Identificación y caracterización de los AVC	163
Resultados y discusión	168
Conclusiones	171
Referencias bibliográficas	173

Presentación

La Geomática es reconocida como una disciplina integradora de los conocimientos técnicos y científicos que hacen referencia a la captura, manipulación, análisis y difusión de la información geográfica para que los tomadores de decisiones seleccionen las mejores alternativas en función de los objetivos de sus empresas, organizaciones y, principalmente, que apunten al desarrollo del país.

Más específicamente, la Geomática incluye las más modernas herramientas y técnicas interrelacionadas, tales como: Los sistemas satelitales de posicionamiento global (GPS, GLONASS, GALILEO, etc.), fotogrametría digital, cartografía digital, percepción remota, sistemas de información geográfica, sistemas de toma de decisiones, geoestadística, SIG bajo web, etc., que están en constante desarrollo, lo que a su vez genera importantes avances en el conocimiento de sus campos de aplicación.

Este continuo avance de la Geomática y sus aplicaciones hacen que sea necesaria una continua actualización y formación de los técnicos, científicos y planificadores. Es en este contexto que se desarrolló la Semana Geomática en su tercera edición, entre el 26 y 30 de octubre de 2009, con el objetivo general de "Ofrecer un espacio de intercambio de experiencias relacionadas con la investigación en ciencias espaciales y la geomática, tanto a nivel nacional como internacional, que permita fortalecer la capacidad de Colombia para avanzar en el desarrollo de Sistemas de Observación de la Tierra y de información geográfica, en el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)". Este certamen consolidó la iniciativa nacida en 2005 bajo el liderazgo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con la colaboración de organismos internacionales como la Comisión de la Unión Europea, las entidades que hacen parte de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), la Sociedad Colombiana de Ingenieros, entre otras, y con el decidido apoyo del Gobierno Nacional.

El éxito rotundo alcanzado en este evento se refleja en la realización de 22 talleres teórico-prácticos, bajo la dirección de profesores nacionales e internacionales; 5 conferencias magistrales; 76 conferencias dictadas por profesiona-

les de alto nivel académico, abordando 23 temas, incluyendo aquellos como análisis y modelamiento espacial, planificación y desarrollo territorial, gestión ambiental, catastro, astronomía y astronáutica, geología y gestión de riesgos, educación virtual, ingeniería mecatrónica e inteligencia artificial. También se realizaron dos paneles titulados "Educación en Tecnologías Espaciales" y "Agencias de Industria Espacial en Tecnologías Satelitales de Observación de la Tierra". Además, luego de las conferencias y en horario nocturno, se implementaron talleres de observación astronómica, algunos de ellos orientados a los niños, bajo la dirección y coordinación de profesionales de la Universidad Sergio Arboleda, la Asociación de Astrónomos Autodidactas de Colombia (ASASAC) Parque Explora, Club de Astronomía de Maloka, el Planetario de Bogotá, entre otros. Asistieron más de 750 personas interesadas en el tema.

Cabe destacar la participación activa, tanto en los talleres como en las conferencias, de profesionales de reconocido prestigio internacional de países como Estados Unidos de Norte América, Francia, España, Brasil, México, Cuba, Australia, Bélgica, Corea del Sur, Reino Unido, Alemania, Canadá, entre los que se mencionan a: César Ocampo (Texas University - USA), Jaime Ocampo (Purdue University - USA), Mauricio Hoyos (Centre National de la Recherche Scientifique - Francia), Alexander Ariza (Universidad Alcalá de Henares - España), Sergio Soares (Orbisat - Brasil), Francis Billon (SPOT - Image - Francia), José Vicente Higón (España), José Vicente Capote (CYTED - Cuba) y Jorge Lira (UNAM - México).

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) considera necesario divulgar los trabajos presentados en este evento, a través del No. 47 de su Revista Análisis Geográficos, con la finalidad de favorecer el diálogo constructivo y la estrecha colaboración entre científicos, gobiernos, sectores públicos y privados, organizaciones no gubernamentales y asociaciones e instituciones internacionales, buscando siempre que la Geomática, con su alto potencial, nos ayude a construir una sociedad de la información enfocada hacia las personas y orientada al desarrollo integral de la comunidad.



Iván Darío Gómez Guzmán

Director General del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC
Secretario Ejecutivo Comisión Colombiana del Espacio - CCE

Presentation

Geomatics is recognized as an integrative discipline of the scientific and technique knowledge which makes reference to the capture, processing, analysis and distribution of the geographic information, so the decision makers can select the best alternatives in function of both the objectives of their companies and organizations, and the development of the country.

More precisely, Geomatics includes the most modern tools and techniques interrelated, such as: the GPS systems (GPS, GLONASS, GALILEO), digital photogrammetry, digital cartography, remote sensing, geographic information systems (GIS), systems for decision making, geostatistics, online GIS, among others, which are in constant development, and that at the same time generate important progresses in the knowledge of its application fields.

This continuous progress of the Geomatics and its applications makes absolutely necessary a constant update and formation of technicians, scientists and planners. In this context the Geomatics Week was developed, between October 26th-30th 2009, with the general objective of "Offering a space for the exchange of experiences related to the investigation of spatial sciences and geomatics, in national and international levels, that allows to strengthen the capacity of Colombia to progress in the development of Earth Observation Systems and geographic information, in the framework of Spatial Data Infrastructures (SDI).

This event consolidated the initiative born in 2005 under the leadership of the Instituto Geográfico Agustín Codazzi, with the collaboration of international organisms such as the European Commission, the entities that make part of the Colombian Space Commission (CCE); the Colombian Society of Engineers, among others, and with the decided support of the Colombian Government.

The success of this event is clearly reflected in the making of the 22 theoretical-practical workshops, under the direction of national and international experts;

5 outstanding conferences; 76 conferences given by high level academic professionals, covering 23 topics, including spatial analysis and modeling, territorial planification and development, environmental management, cadastre, astronomy and astronautics, geology and risk management, virtual education, mecatronic engineering and artificial intelligence. Also there were two panels named "Education in Spatial Technologies" and "Agencies of Spatial Industries in Satellite Technologies for Earth Observation". Also, after the conferences, some workshops about astronomic observation were made at night; some of them were oriented to kids, under the direction and coordination of professionals of the Sergio Arboleda University, the Association of Self-Taught Astronomers of Colombia-ASASAC, the Explora Park, the Club of Astronomy of Maloka, and the Planetarium of Bogotá, among others. 750 people, who were interested in these topics, participated.

It is important to emphasize the active participation in the workshops and conferences, of important and distinguished international professionals from countries like United States, France, Spain, Brazil, Mexico, Cuba, Australia, Belgium, South Korea, United Kingdom, Germany, and Canada, such as: César Ocampo (Texas University - USA), Jaime Ocampo (Purdue University - USA), Mauricio Hoyos (Centre National de la Recherche Scientifique - Francia), Alexander Ariza (Universidad Alcalá de Henares - España), Sergio Soares (Orbisat - Brasil), Francis Billon (SPOT - Image - France), José Vicente Higón (Spain), José Vicente Capote (CYTED - Cuba) y Jorge Lira (UNAM - Mexico).

For the Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, it is very important the disclosure of the papers presented in this event, through the edition N° 47 of its Geographic Analysis Journal, with the objective of favoring the constructive dialogue and the close collaboration between scientists, governments, public and private sectors, non governmental organizations and international associations and institutions, searching always that Geomatics, with its highest potential, can help us to build an information society focused to the people and oriented to a integral development of the community.



Iván Darío Gómez Guzmán

General Director of Geographic Institute Agustín Codazzi - IGAC
Executive Secretary of Colombian Space Commission - CCE

Sociedades digitales y software libre y solidario: Un nuevo paradigma también geoinformático

José Lubín Torres Orozco¹

Resumen

Colombia es un país megadiverso y complejo en su relieve y dinámicas territoriales, lo cual exige llegar más allá de los modelos reduccionistas tradicionales al momento de hacer cualquier estudio que involucre información espacial. En las últimas décadas ha evolucionado un nuevo paradigma en el área de las tecnologías de la información -IT, conocido bajo la figura de software libre, abierto o de dominio público -GNU o GPL. Este software aparte de ahorrar costos brinda múltiples ventajas por su flexibilidad y adaptabilidad, las cuales todavía no han sido lo suficientemente visualizadas y explotadas en nuestro país. Esta posibilidad beneficia enormemente sobre todo a países en vía de desarrollo, que cuentan con pocos recursos para adquirir las herramientas informáticas más modernas a altos precios y que están obligados a quebrar, tarde o temprano, la línea de la dependencia tecnológica. En la última década las tecnologías libres y abiertas han evolucionado aún más hacia sociedades digitales de generación de conocimiento, sobre todo como desarrolladoras de software con un sentido solidario. El futuro de este nuevo paradigma vinculado a otras IT emergentes como Google Earth, los SIG en línea (webmapping), entre otras, su potencial en nuestro país, y algunas experiencias, son el tema de esta ponencia.

Palabras clave:

Software Libre, OPENGIS, Tecnologías de la Información, Sociedades digitales, modelación espacio temporal del territorio.

Abstract

Colombia is a megadiverse and complex country in his relief and territorial dynamics which demands to come beyond the traditional restricted models at the moment of doing any study involving spatial information. During the last decades a new paradigm has evolved in the field of the information technologies -IT known under the name of free or open source software, or general public license software -GNU or GPL. This software apart from saving costs offers multiple advantages for his flexibility and adaptability, which has not been yet sufficiently appreciated and taken advanted of it in our country. This possibility could help enormously mainly to developing countries which have very money shortcomings to achieve and keep updated the most modern computer technologies at high prices and which are forced to break, sooner or later, the line of the technological dependency. In the last decade the free and open technologies have evolved moreover towards knowledge generation digital societies, mainly like software developers with a solidarity sense. The future of this new paradigm linked to other emergent IT like Google Earth, webmapping, between others, his potential in our country and some experiences, are the topics of this paper.

Key words:

Free software, OPENGIS, information technologies, digital societies, spatio-temporal territory modeling.

¹ Profesor asociado UNAL Sede Medellín - Coordinador Grupo de Investigación SIG y Territorio, Candidato a Doctor en Geografía Física - Instituto de Geografía - Universidad de Düsseldorf - Alemania. Escuela de Medios de Representación, Facultad de Arquitectura 2º piso, UNAL Sede Medellín. jltorres@unal.edu.co - Tel: (57)(4)4309369.

1 Sociedades digitales y software libre y solidario:
Un nuevo paradigma también geoinformático



Introducción y antecedentes del software libre

El movimiento internacional GNU/Linux que algunos quieren llevar hasta "conocimiento y producción intelectual libre" (libre en el sentido de libertad - freedom, y no de gratuito - free), está esparciéndose como un gran tornado con consecuencias difíciles de prever.

El software GPL (General Public License o licencia de dominio público, o sea no es que no tenga licencia sino que todos nosotros o la humanidad es la propietaria), otra forma de llamar al software libre, tuvo sus orígenes en 1971 cuando Richard Stallman tuvo una disputa por la mejora de un software en el departamento de Inteligencia Artificial del Tecnológico de Massachusetts, del cual hacía parte, Stallman acérrimo patrocinador del software libre, como respuesta a esta disputa construyó un sistema operativo basado en Unix mediante un proyecto que él llamó GNU, queriendo significar: "GNU is not UNIX", y llevando como logo el ñu o antílope africano.

En 1989 el mismo Stallman organizó los seguidores del software libre en la hoy conocida Fundación para el Software Libre o FSF por sus siglas en inglés (ver www.fsf.org o www.gnu.org). Poco a poco esta organización fue llevando su disputa del terreno del software a un universo mucho más amplio, el de la propiedad intelectual. Incluso se llega a tener lemas como: "Mentes Libres, Hombres Libres". Ejemplos del tipo de preguntas en las que muchos "gnunólogos" basan sus reclamos, se-

rían: ¿Qué pasaría si la utilización del Teorema de Pitágoras o de un algoritmo matemático fuera patentado y se cobrara por el beneficio que cualquier persona sacara de ellos?; ¿acaso se les patentó o pagó a los matemáticos, físicos, biólogos, y otros intelectuales, sus inventos y desarrollos en las primeras etapas de la ciencia moderna?, ¿quién nos protegerá contra el monopolio del software?, entre otros.

Y para no perder su romanticismo, la historia del software libre se vio favorecida fuertemente a principio de la década del 90 por el desarrollo realizado por un joven estudiante finlandés en la universidad de Helsinki, Linus Torvalds, quien, a "partir de cero", escribió un sistema operativo para PC's con la misma calidad del sistema operativo UNIX, el cual llamó Linux. Básicamente Linux fue el primer kernel (núcleo básico de un sistema operativo) de dominio público.

Por este camino fue como se ha llegado a las modernas distribuciones de Linux: OPENSUSE, DEBIAN, FEDORA, MANDRIVA, UBUNTU, GENTOO, SLACKWARE, etc.; a lenguajes especializados ampliamente utilizados como: OPENGL, PHP, PERL, PYTHON, MYSQL, OCTAVE, a programas mundialmente conocidos como APACHE, POSTGRES, MAPSERVER y cada vez son más las aplicaciones que a diario se liberan para cada disciplina. Por ejemplo, en el área de la geoinformática son conocidos los programas GRASS, OPENJUMP, R y POSTGIS.

Aunque hay ventajas al usar el software libre como economía y libertad de modificación y copia, también hay reclamos por su contraparte, el software propieta-

rio o comercial, como la inseguridad: Lo cual se discute por el hecho que muchas empresas militares y comerciales usan software libre incluso en sus nuevos desarrollos tecnológicos; la incompatibilidad de los programas GPL con mucho hardware y software comercial: lo cual se ha superado con la nueva aceptación y generalización, y el soporte: el cual puede llegar a ser muchas veces mejor que el del comercial por las sociedades de conocimiento relacionadas. Adicionalmente se alega que si no hay una motivación económica la tecnología del software no podría mejorar, lo cual es discutible por las falencias del software comercial, y según los gnunólogos, por el círculo vicioso: Tecnología produce dinero entonces dinero produce tecnología, lo cual en muchas instancias de la civilización no se cumple o ha cumplido.

Hoy al hablar de software libre se llega a una realidad que es un poco confusa y difusa respecto a su libertad, aunque se dice que el software GNU/Linux se puede copiar, distribuir, ejecutar y modificar, existen un sinnúmero de leyes que mueven esta libertad en un rango difuso, desde un umbral "totalmente libre" hasta un umbral que raya con el software comercial. Así, llegan a encontrarse por lo menos 30 tipos de licencias GPL y un estudio detallado de estas es importante para cualquiera que quiera profundizarse en el uso y creación de esta clase de software.

En términos generales podríamos mencionar las siguientes ventajas del software libre:

- Tiene bajo costo o ninguno.

- No acarrea obligaciones por licenciamiento propietario.
- Puede ser redistribuido libremente.
- Desarrollado, probado o mejorado a través de colaboración pública.
- Asegura su futura distribución y mejora mediante el trabajo colaborativo.
- Se asegura su internacionalización y traducción.
- Se reutiliza el código y los paquetes.
- Desarrollo muy dinámico (muchos programas con miles de colaboradores en todo el mundo).
- Software robusto, extensivo y soportado por el trabajo colectivo.
- Respaldado por la licencia GPL (tú también tienes parte de la licencia).

El software libre como nuevo paradigma económico

Hoy en día se está cansado de escuchar y leer sobre sociedades del conocimiento digital, redes globales y científicas en línea, aprendizaje grupal en Internet, que estas sociedades tendrán consecuencias poco predecibles pero trascendentales para cualquier comunidad o país, incluso que hay una ola de revistas digitales y publicación en línea con crecimiento exponencial; sin embargo, dentro de esa voracidad capitalista o

consumista que rodea al crecimiento de estas sociedades digitales, surgieron algunas otras muy particulares, con muy poca propaganda y realizando una revolución invisible sobre todo en sus inicios, la cual sólo ahora empieza a tener efectos trascendentales no sólo para la economía global sino para la forma como se coincide el conocimiento, la cooperación en el trabajo grupal y la libertad.

Hace poco se publicó un artículo donde se afirma que las 500 empresas más poderosas de EE.UU. perdieron un 10% de sus ingresos en el 2006 debido a la utilización de las tecnologías de software estándares² y que esta tendencia aumentará en los próximos años, así como el crecimiento en número de usuarios y líneas de código para sistemas de información que usan software abierto o de libre acceso y modificación. La explicación para este fenómeno no la esgrimen muy directamente en el artículo, pero en mi caso particular la encuentro más familiar porque precisamente en uno de los recientes congresos para estas tecnologías libres y abiertas aplicadas a la geoinformática, en septiembre del 2006 en Lausanne - Suiza (FOSS4G 2006)³, tuve la oportunidad de presentar un modelo para el reconocimiento y modelación de geoformas en glaciares tropicales en Colombia [TORRES 2006], en el cual se utilizan precisamente estas tecnologías. Y precisamente es en el modelo "tipo bazar", un modelo de crecimiento aleatorio de adaptarse a nuevos desafíos y condiciones de ambientes supremamente complejos como las sociedades digitales, al parecer el desarrollo de software abierto parece estar enfocado en esta dirección mejor que sus contendientes.

Por la experiencia obtenida con el SIG libre GRASS (Geographic Resources Analysis Support System)⁴, la palabra **adaptación** no abarca suficientemente

el universo del software libre; al considerar el modelo tipo bazar sería más preciso usar el concepto "**coevolución**"; esto significaría un grupo de cientos y hasta miles de personas comunicándose por un foro normal como el que podemos crear cualquiera de nosotros, generando nuevos módulos, depurándolos, traduciéndolos a otros lenguajes, enlazándolos a otros programas que se desarrollan paralelamente (GRASS, POSTGIS, POSTGRESQL, MAPSERVER, R ...), generando manuales de ayuda, realizando cientos de congresos y seminarios alrededor del mundo, etc.; quizás sea aún más sorprendente cuando nos damos cuenta de que en esta sociedad no hay un interés económico por la mayoría de sus desarrolladores, ni de acumular patentes, gruesas sumas bancarias o monopolios de software, y que sólo se cuenta con apoyos de beneficencia para ciertos eventos y proyectos de la red, que se han generado más de 200.000 líneas nuevas de código en los últimos 2 años sólo para el GRASS (el padre de este programa, Markus Neteler, 600.000 en la historia del mismo), casi cada mes hay una versión nueva del programa y diariamente nuevos módulos disponibles en línea sin preguntar por claves, nombres o números de licencia. Creo que nos cuesta creerlo, en un mundo diseñado para que casi nada sea gratuito, sin embargo, lo gratuito también es pequeño en la onda del software abierto porque lo que se promueve es la "**libertad del código**", incluso a veces del conocimiento mismo, se busca un software que se pueda transformar, especializar o mejorar y que a su vez esta espiral siga extendiéndose en Internet, poniendo, el nuevo software al servicio de todos⁵, pero especialmente de esas comunidades que encuentran dificultades para invertir grandes sumas de dinero en software; por esta razón se suele denominar también software "**solidario**".

Sociedades digitales del conocimiento

Como se mencionó con anterioridad, quizás uno de los logros más importantes de la corriente software libre, es haber puesto a miles de académicos a trabajar juntos detrás de una pantalla de computador por un fin común y sin ánimo de lucro, así, fuera de las comunidades que trabajan en el kernel de Linux y sus aplicaciones básicas, es ampliamente reconocida la comunidad científica del lenguaje estadístico R que suministra módulos para: Estadística multivariada, geoestadística, señales de tiempo, inteligencia artificial, análisis de imágenes, waletes, sensores remotos, etc.⁶, el cual sólo es un ejemplo de muchas comunidades de este tipo.

Sin embargo, pensar sólo en software evolutivo, inteligencia artificial y otros paradigmas del software tradicional se vuelve obsoleto ante esta nueva emergencia de las sociedades digitales, precisamente por la fe y el deseo de ayudar a millones de personas a ningún costo, con todo su esfuerzo, de enredarse digitalmente sin contratos laborales y trabajar a cualquier hora y de sentirse felices por lo que se hace solidariamente. Paradójicamente gobiernos de países industrializados, por ejemplo Canadá, España e Italia, son los más interesados en estas tecnologías, empiezan a ver las ventajas de usar estos programas y ya se habla del ahorro de miles de millones de euros en la educación pública al usarlas, dineros que podrían ser invertidos en otras necesidades más apremiantes. En Alemania hay cientos de congresos al año sobre el tema y ya hay toda una explosión de nuevos programas con código abierto que dejan sin palabras a cualquier programador normal. En Colombia existen por el momento pocas comunidades que marchan en esta línea. En el laboratorio de sistemas complejos de la Universidad Nacional - Sede Medellín se han realizado y realizan investigaciones

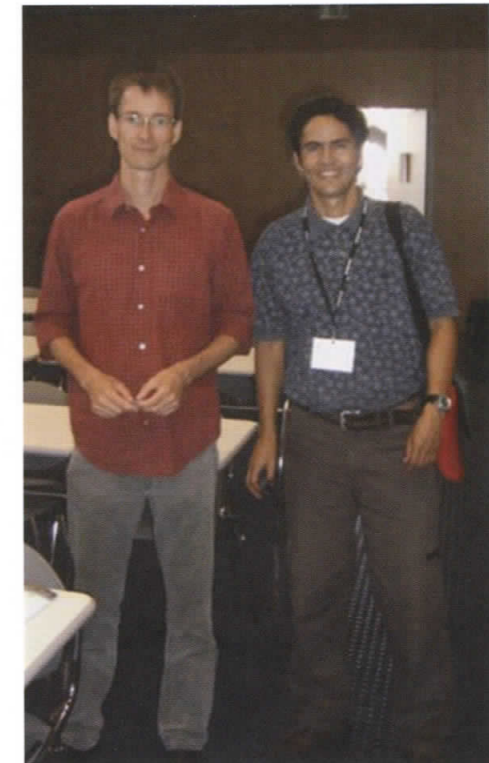


Figura 1.
Markus Neteler
(izquierda - Padre
del GRASS) y José
Lubín Torres en
Lausanne - Suiza.

y tesis de posgrado siguiendo esta dirección y se desea regar la semilla de este proyecto solidario. Países como Brasil empiezan a ser potencia en este nuevo paradigma. ¿Será que podremos seguir y potenciar este ejemplo coevolutivo en Colombia y en Latinoamérica?: Software libre y abierto adaptado a nuestras necesidades, que apoye las labores científicas, educativas y empresariales a bajo costo, y que una toda la energía de cientos de personas que quieren enredarse en semejante proyecto y apoyar nuestro país, creciendo solidaria y colaborativamente.

Ventajas del software libre para las sociedades digitales del conocimiento

- Asegura el libre acceso de los ciudadanos a la información pública.
- Asegura la durabilidad de la información pública.

2 Tomado del artículo: <http://news.moneycontrol.com/india/newsarticle/stocksnews.php?autono=235936>.
3 <http://www.foss4g2006.org>
4 <http://grass.itc.it>
5 <http://www.opensource.org/> - <http://www.gnu.org/> - <http://www.freegis.org>

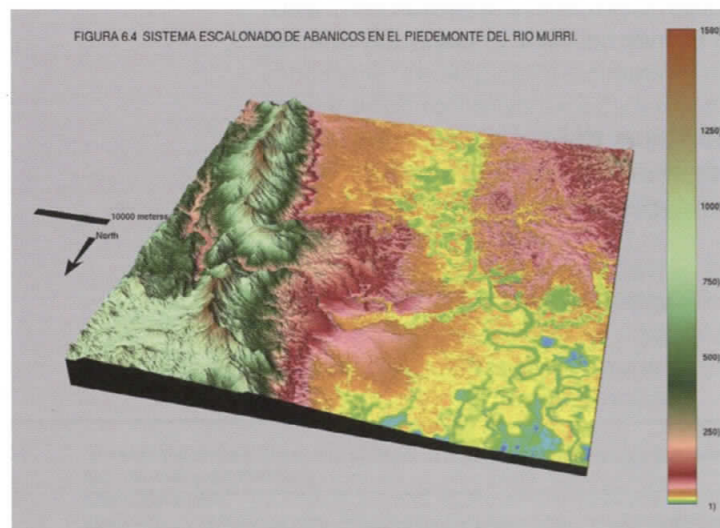
6 <http://www.r-project.org>

Figura 2. Escenas de la parte occidental en el MDT logrado para la Sierra Nevada del Cocuy, después del reconocimiento de geoformas logrado mediante un nuevo clasificador difuso implementado para GRASS versión 6.3.



- Ofrece mayor independencia y evita manipulación fraudulenta del software.
- Impulsa un modelo de desarrollo tecnológico, económico y social basado en: Innovación, Desarrollo Tecnológico Local, Competitividad, Cooperación, Calidad.
- Mejora vínculos y aptitudes sociales.

Figura 3 abajo. Análisis geomorfológico realizado en el laboratorio de sistemas complejos con el programa GRASS



Posibilidades y proyectos en Colombia

Colombia no se ha quedado a la zaga de este fenómeno y el acceso a la información digital ha evolucionado en todos los sentidos, incluso convirtiéndose en un país líder en América Latina en lo que se refiere a la industria del software; sin embargo, en proyectos relacionados con dinámicas espaciales de todo tipo: Planeación territorial, modelación de ecosistemas, análisis ambiental, etc.; a nivel educativo y empresarial, todavía falta mucho por hacer para aprovechar las ventajas que pueden brindar las tecnologías libres. En las universidades públicas, el interés ha venido en aumento desde finales de la década del 90, y al momento se contabilizan muchas salas y laboratorios que tienen todo su funcionamiento sobre GNU/Linux. En el caso específico del Laboratorio de Sistemas Complejos Naturales, donde se gestó un proyecto por la difusión de este software, ha sido una experiencia de aprendizaje y crecimiento constante proyectando esta experiencia a todas las comunidades relacionadas. El objetivo principal de este proyecto es popularizar el uso del software libre, el cual presenta múltiples ventajas en nuestro país por la bien conocida carencia de suficientes recursos para comprar software a altos costos, lo cual a su vez se convierte en una de las principales barreras en el momento de realizar procesos de planeación, modelación, simulación y optimización en el estudio de recursos y sistemas naturales. A principios de la creación del laboratorio en el año 2002 se dictaron los primeros cursos de Linux, R, GRASS y otro software GNU (software libre y abierto), popularizando y familiarizando a la comunidad universitaria con las ventajas académicas de esta nueva opción. Este fue el inicio de otros cursos de extensión que se han ido ofreciendo en los años posteriores.

También en laboratorio se han adelantado investigaciones relacionadas con modelos para cambio climático y evo-

lución geodinámica del relieve, usando estas herramientas [TORRES 2008] [VÉLEZ 2006].

Conclusiones

Por la experiencia adquirida con este software en Colombia y en el exterior, se podría afirmar que hay un vínculo directo hoy en día entre el conocimiento de las nuevas herramientas informáticas de uso libre y la extensión del trabajo académico y científico. En otras palabras, estas herramientas brindan la capacidad a muchos investigadores y estudiantes de crear sus modelos más libremente de barreras económicas o aquellas relacionadas con derechos de autor o patentes.

Adicionalmente, lejos de ser un esnobismo más en sistemas informáticos, la filosofía de "ciencia reproducible" está en el corazón de las tendencias científicas modernas que propenden por lograr una claridad verificable de todos los resultados científicos; esta meta sólo es posible lograrla cuando las bases de datos originales, los métodos de procesamiento y el software estén a disposición del público en un código de dominio público. En las instituciones y universidades públicas esta tarea debería ser más promovida ya que de otro modo sólo una pequeña parte de la población tendría acceso a información privilegiada en sus labores académicas, profesionales o investigativas.

Referencias Bibliográficas

- TORRES OROZCO, José Lubín; GONZÁLEZ, Javier; EKKEHARD, Jordan, PARRA; Luis N. Reconstrucción Climática en la Sierra Nevada del Cocuy desde la última edad de hielo mediante un MDT de alta resolución: VII ENCUENTRO INTERNACIONAL DE NIEVES Y HIELOS ANDINOS. Ago. 2008. Manizales, Colombia.
- TORRES OROZCO, José Lubín; EKKEHARD, Jordan, PARRA; Luis N. Evolutionary Objects for landforms recognition in glaciers: GRASS Possibilities. International Congress for Open Source Software for Geoinformatics: FOSS4G2006. Sept 12-15, 2006. Universidad de Lausanne, Suiza.
- VÉLEZ R., Mauricio. 2006. "Caracterización de facetas en un sector del cañón del río Buey mediante MDE. Tesis maestría Geomorfología y Suelos". Escuela de Geociencias, Laboratorio de Sistemas Complejos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Abr. 2006.

2

Lecciones aprendidas en gestión de información técnica no estructurada heterogénea

Lecciones aprendidas en gestión de información técnica no estructurada heterogénea

Wilmar Amaya¹

Resumen

En el diseño de una solución integral para la gestión de información técnica con énfasis en datos no estructurados se resalta la importancia de promover una administración de datos maestros o empresariales como única fuente confiable de consulta y de toma de decisiones con un alcance inicial hacia datos técnicos propios de un negocio (sísmica, pozos, geoespacial), documentales e ítems físicos bajo la visión de que la información es un activo estratégico empresarial y como tal se debe administrar, preservar y mantener en el largo plazo.

El enfoque de tratar los datos maestros como un asunto trivial sin darle la importancia y complejidad requerida lleva a muchos arquitectos y diseñadores a implantar soluciones miopes y poco flexibles que no consideran una visión integral y empresarial en tecnología, procesos y cambio cultural en la gestión de información técnica. Los factores de éxito están más en integrar procesos, procedimientos y cultura

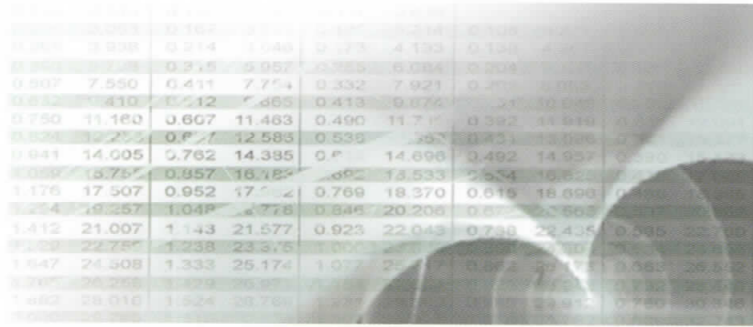
de negocio con el patrocinio y compromiso de la alta administración que en los aspectos tecnológicos.

Así, una solución integral requiere del direccionamiento de cuatro ejes claves: Objetivos de Negocio, Alcance, Solución de TI y Manejo del Cambio, como una función empresarial continua y permanente. En cada uno de estos ejes se identifican los pilares o componentes esenciales independientes a la tecnología que deben estar presentes en una solución para la gestión de datos maestros.

Palabras clave:

Gestión, información técnica no-estructurada, datos maestros, datamanagement, arquitectura, implantación, solución integral, manejo cambio, gobernabilidad, políticas, estándares, metadata, metadatos, procesos, calidad datos, integración, servicios, preservación, flujos, tecnología, cultura, entrenamiento.

¹ Unidad de Información, Exploración y Producción, Dirección de Tecnología de Información, wilmar.amaya@ecopetrol.com.co, CII 37 N. 8-43 Piso 13, Teléfono: 57 (1) 234-4231, Bogotá - Colombia



0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164
0.214	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214	0.214
0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307	0.307
0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410
0.512	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512	0.512
0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607
0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700
0.790	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790	0.790
0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877	0.877
0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961	0.961
1.041	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041	1.041
1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118
1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192
1.264	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264	1.264
1.333	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333
1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
1.465	1.465	1.465	1.465	1.465	1.465	1.465	1.465
1.528	1.528	1.528	1.528	1.528	1.528	1.528	1.528
1.589	1.589	1.589	1.589	1.589	1.589	1.589	1.589
1.648	1.648	1.648	1.648	1.648	1.648	1.648	1.648
1.705	1.705	1.705	1.705	1.705	1.705	1.705	1.705
1.760	1.760	1.760	1.760	1.760	1.760	1.760	1.760
1.813	1.813	1.813	1.813	1.813	1.813	1.813	1.813
1.864	1.864	1.864	1.864	1.864	1.864	1.864	1.864
1.913	1.913	1.913	1.913	1.913	1.913	1.913	1.913
1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960	1.960
2.005	2.005	2.005	2.005	2.005	2.005	2.005	2.005
2.048	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048	2.048
2.089	2.089	2.089	2.089	2.089	2.089	2.089	2.089
2.128	2.128	2.128	2.128	2.128	2.128	2.128	2.128
2.165	2.165	2.165	2.165	2.165	2.165	2.165	2.165
2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200	2.200
2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233	2.233
2.264	2.264	2.264	2.264	2.264	2.264	2.264	2.264
2.293	2.293	2.293	2.293	2.293	2.293	2.293	2.293
2.320	2.320	2.320	2.320	2.320	2.320	2.320	2.320
2.345	2.345	2.345	2.345	2.345	2.345	2.345	2.345
2.368	2.368	2.368	2.368	2.368	2.368	2.368	2.368
2.389	2.389	2.389	2.389	2.389	2.389	2.389	2.389
2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408
2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
2.440	2.440	2.440	2.440	2.440	2.440	2.440	2.440
2.453	2.453	2.453	2.453	2.453	2.453	2.453	2.453
2.464	2.464	2.464	2.464	2.464	2.464	2.464	2.464
2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473	2.473
2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480	2.480
2.485	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485
2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488
2.490	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490
2.491	2.491	2.491	2.491	2.491	2.491	2.491	2.491
2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492
2.493	2.493	2.493	2.493	2.493	2.493	2.493	2.493
2.494	2.494	2.494	2.494	2.494	2.494	2.494	2.494
2.495	2.495	2.495	2.495	2.495	2.495	2.495	2.495
2.496	2.496	2.496	2.496	2.496	2.496	2.496	2.496
2.497	2.497	2.497	2.497	2.497	2.497	2.497	2.497
2.498	2.498	2.498	2.498	2.498	2.498	2.498	2.498
2.499	2.499	2.499	2.499	2.499	2.499	2.499	2.499
2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500

En Ecopetrol al igual que en muchas empresas la gestión de información se hace por áreas o clases de información, mas muy pocas veces se ven iniciativas que promuevan una administración integral de la información como un único proceso que garantice datos maestros o empresariales como una única fuente confiable de consulta y de toma de decisiones.

Hoy en día la información no estructurada como es la documental, la información en ítems físicos (papel y medios electrónicos) e información técnica de negocio como un registro eléctrico de pozo, sísmica o un mapa geológico en el caso de la exploración de hidrocarburos, se administra cada una de manera aislada generando silos con procesos, tecnologías, estándares y gobiernos propios que hacen difícil la integración, el control y unicidad del dato, motivando así duplicidad de esfuerzos e incertidumbre sobre cuál es fuente más confiable al soportar decisiones sobre datos comunes o transversales en varias actividades o procesos.

No cabe duda de que la información es un activo estratégico empresarial y como tal se debe administrar, preservar y mantener. Sin embargo, vemos cómo los procesos se modelan sin tener en cuenta las piezas de información, sus características y requerimientos de calidad que aseguren toma de decisiones con baja incertidumbre y menos se observa una cultura que promueva un dato maestro o empresarial como única fuente preservada y mantenida para su uso en el largo plazo. Así, al tratar los asuntos de datos maestros o empresariales como temas triviales siempre ha sido un gran error de muchos

arquitectos y diseñadores de soluciones de información para los negocios. Es más, generalmente estos asuntos por involucrar diferentes áreas, tecnologías, procesos y gente, terminan postergándose y abordando sólo las necesidades locales fortaleciendo aún más los silos y sacrificando una solución integral de largo plazo por una de corto plazo sustentadas por las limitaciones de recursos financieros, personal y tiempo.

Esto lleva a que en la empresa sea común encontrar soluciones de tecnología de información que fallan en los beneficios e impactos esperados por considerar bases de datos maestros/empresariales incompletos, parciales y no integrados. Estas soluciones con alcances miopes no pueden soportar los frecuentes cambios en los negocios y exigencias regulatorias que hacen que los problemas de información se traten de solucionar en los mantenimientos operacionales de los sistemas hasta que se convierten en un asunto mayor.

Varios proyectos han tratado de buscar una solución a la gestión empresarial de información pero desafortunadamente terminan gerenciados por equipos de tecnología de información -TI, con una participación marginal de las áreas usuarias y en consecuencia sesgados a soluciones de tecnología. Algunos negocios o áreas han progresado en establecer modelos de gobernabilidad en información, procesos y flujos de información, no obstante, muy pocos han tenido éxito en integrar estos procedimientos y cultura en los procesos críticos de negocio y que cuenten con el patrocinio y apoyo

de la alta administración. Es evidente que para establecer y permear en la organización los roles, responsabilidades y cultura de un modelo de gobernabilidad en información se debe contar con la participación y compromiso de los gerentes de negocio. Sin su concurso no se puede asegurar la adopción de las nuevas soluciones por parte de los negocios, el cambio cultural y la integración de los procesos de servicios de información con los procesos de negocio.

En consecuencia, disponer de una solución para la gestión de datos maestros/empresariales y su preservación que asegure su valor y vigencia en el tiempo junto con mecanismos de acceso en cualquier lugar y momento son funcionalidades que los usuarios técnicos requieren con urgencia y que se pueden lograr con una gestión integral y organizada de la información que a la vez aumenta la confianza y certidumbre en la toma de decisiones y reduce los riesgos operacionales al contar con información correcta y oportuna.

Una estrategia que integre procesos, tecnología y gente es clave para el éxito de una solución en integración de información que facilite datos maestros únicos, confiables y oportunos. La mayoría de las veces el tema de tecnología aunque es un componente crítico no es tan importante como los procesos, procedimientos, estándares, gobernabilidad y un cambio cultural progresivo de la gente en la gestión de la información como un activo estratégico. Y es aquí donde la alta gerencia juega su rol más importante.

Cuatro ejes estratégicos para la gestión de activos de información

La gestión de activos de información requiere el direccionamiento de cuatro ejes claves: Objetivos de Negocio, Alcance, Solución y Manejo del Cambio. La gestión de información debe ser una iniciativa planeada cuidadosamente y con una visión holística y no parcializada, pues los activos de información deben ser únicos, administrados y mantenidos en el tiempo. Como tal, la gestión no debe ser vista como un proyecto sino como una función empresarial continua y permanente. Son varias las iniciativas que han fallado por no garantizar su continuidad y principalmente por la carencia de equipos núcleo con el conocimiento y competencias que aseguren un progreso evolutivo y sostenible.

Objetivos de negocio

Una solución de gestión de información no tiene sentido si no apoya, soporta y agrega valor a los objetivos de un negocio. Por ello, es importante partir de las tomas de decisiones críticas de un negocio (business drivers) y analizar cuáles son los flujos y tipos de información que soportan estas decisiones. Una vez identificados, estos activos de información se deben caracterizar, entender sus propiedades, atributos, frecuencias/tiempos, ciclos, dueños y especificaciones de calidad.

Es común ver soluciones cuyo énfasis es el tipo de información *per se* ejecutando altas inversiones en administrar ciertos atributos o categorías de datos que

muchas veces no son requeridos por un negocio y en cambio datos que son necesarios no aparecen en los alcances.

El impacto en los negocios por contar con la información correcta, oportuna y confiable, aunque es complicado de cuantificar, se puede medir realizando un análisis de los beneficios y costos estudiando por ejemplo decisiones tomadas con datos erróneos o los efectos por información faltante/pérdida debido a malas prácticas en la administración de información.

Es importante tener en cuenta en la toma de decisiones que los insumos de información sean datos terminados, validados y certificados en su calidad. Es frecuente ver cómo se toman decisiones con datos aún en proceso y sin revisión. Por ello, es crítico comprender y establecer el ciclo de vida de la información y definir cuándo se convierte en un activo estratégico y cuáles son realmente las claves para los objetivos del negocio. Esto permite identificar los repositorios para los activos de información y cuáles se han de administrar, preservar y mantener para asegurar la búsqueda, acceso, vigencia y uso de estos activos en el largo plazo.

Identificados los activos de información críticos para un negocio y sus características deseadas, es conveniente realizar un análisis de brechas (gap analysis) con respecto a la situación actual de esta información mediante diagnósticos basados en los requerimientos de los datos. Esto permite disponer de un mapa de ruta y realizar una planeación y portafolio de iniciativas que lleven a una gestión enfocada al valor de información para los objetivos de los negocios.

Alcance

Lograr una solución de datos maestros para un negocio como única fuente de consulta y uso es un desafío de grandes magnitudes, pues involucra grandes volúmenes de información de diversos

tipos que no está estandarizada, está incompleta y por lo general dispersa en la organización y en consecuencia no integrada y con administraciones particularizadas tanto en tecnología como en procesos.

Así el primer reto es identificar y priorizar los dominios o tipos de datos maestros requeridos por el negocio y planear un alcance enfocado paso a paso, que ordene los tipos de datos más críticos, inicialmente manteniendo una visión integral de largo plazo.

Además de los dominios/tipos de datos maestros, es importante considerar los cambios relacionados para integrar y estandarizar los datos al igual que las líneas de negocio, socios y otros actores relevantes en la gestión de información. Por ejemplo, se debe incluir en el alcance el impacto por la adopción de estándares y regulaciones de la industria, quienes son los dueños o generadores de información tanto a nivel interno como externo, ya sean socios o entidades reguladoras de información. El objeto es garantizar que la información recibida cumple con criterios de calidad a través de herramientas como manuales de recepción de datos que permitan la integración de información bajo estándares.

Otro aspecto importante en el alcance son las necesidades y riesgos operacionales del negocio. Los objetivos y metas del negocio, sus procesos y modo operacional, sus tiempos de respuesta y demandas en servicios de información definen las necesidades primarias para una solución de datos maestros y el manejo de cambio requerido en la organización.

Para el caso de la Gerencia de Exploración y de acuerdo con sus prioridades en los requerimientos de información, el alcance primario de información No-estructurada cubre los siguientes tipos de datos:

- Información técnica propia del negocio (p. e. Sísmica, pozos, geología, ...).

- Información geográfica (mapas, sensores remotos).
- Documental técnica ya sea digital o física.
- Activos físicos o información técnica en medios físicos (papel, electrónicos).
- Información de resultado. Datos procesados o interpretados de los proyectos.

Para ellos se deben definir y establecer políticas y estándares de industria y considerar fuentes e insumos de datos como son los servicios de datamanagement, centros/bibliotecas de información técnica, gestión documental técnica y administrativa, servicios de cartografía y la información externa de asociados, contratistas y entidades de gobierno, al igual que la información proveniente de proyectos y de funcionarios internos.

Por el esquema operacional y demandas de información, la gerencia del negocio se soporta en servicios de outsourcing en datamanagement con el apoyo y direccionamiento de un equipo interno técnico con experticia en el negocio y en el tratamiento de información técnica, quien coordina y asegura la atención de solicitudes y vela por una gestión integrada de información y su preservación.

Solución

Una solución integral para la gestión de datos maestros necesariamente debe comprender los pilares de políticas y estándares, gobernabilidad, procesos y tecnología. La gente y manejo de cambio los tenemos como uno de los ejes estratégicos por su importancia. Aunque en muchas ocasiones los proyectos terminan enfocados en la tecnología, la realidad es que si se interioriza un modelo de gobernabilidad con políticas y estándares mandatorios armoniza-

dos en los procesos de negocio con el compromiso de la gerencia se podrían alcanzar los logros esperados con sólo cambios tangenciales en tecnología.

No obstante, para garantizar un crecimiento progresivo y sostenible en la gestión de información se requiere de decisiones estructurales en tecnología que impactan la arquitectura empresarial de la empresa. La tecnología debe facilitar una administración integrada de diferentes tipos de información no estructurada comunes en las empresas, como son la información técnica propia de un negocio, la información documental y los ítems físicos de información. La integración y correlación de estos tipos de información es fundamental en una solución, pues para un usuario final interesado en la información de un área geográfica, él espera encontrar en un solo paquete o carpeta todos los datos independientemente de sus características. Sin embargo, lo que en la práctica se encuentra son silos a los cuales hay que consultar uno a uno y el cliente es quien termina haciendo la integración y depurado de los datos, ya que no es extraño hallar información redundante o duplicada.

Un mecanismo fundamental para la integración y asociación entre sí de las diferentes clases de información es un motor o catálogo maestro de metadata. Cada tipo de información tiene su propia metadata administrada de forma independiente. El motor de metadata es un integrador que permite asociar y correlacionar las piezas de información entre sí de manera que el usuario final pueda encontrar y usar todos los ítems de información relevantes a un proyecto o área geográfica de interés.

Además de facilitar la integración de datos, la plataforma tecnológica debe integrarse con las aplicaciones empresariales, debe establecer los repositorios de datos y topología (centralizado, distribuido...), debe administrar el ciclo de vida del dato, debe definir las interfaces para publicación, consulta, visualiza-

ción y uso de los datos donde y cuando se necesite de acuerdo con los privilegios/permisos tanto de los datos como del perfil del usuario; debe determinar si incluye herramientas para flujos de trabajo (workflow) para seguimiento y control de los flujos de información, como por ejemplo la gestión de solicitudes de datos, y considerar mecanismos automáticos que ayuden y soporten a controlar la calidad de los datos que ingresan a los sistemas.

Siguiendo los lineamientos de una arquitectura empresarial, la solución de tecnología debe implantarse con la visión de establecer las bases fundamentales (framework) sobre las cuales se va a administrar y operar en el tiempo los activos de información. Una gestión de información soportada en tecnología inestable, no sostenible o cambiante ocasiona en el mediano y largo plazo altas inversiones, retrabajos y duplicación de esfuerzos y recursos por las migraciones y adecuaciones de la información hacia las nuevas plataformas, esto sin contar los riesgos por pérdida, seguridad y preservación de los datos.

Los arquitectos de información tienen un arduo trabajo en diseñar una arquitectura que asegure la integración entre las aplicaciones corrientes, históricas y nuevos paradigmas tecnológicos. Hoy en día por ejemplo son preferibles las arquitecturas orientadas a servicios (SOA); sin embargo, el mercado es aún inmaduro en ofrecer soluciones integradas en gestión de información y muy pocos productos incorporan las nuevas tendencias en tecnología. Lo más frecuente es encontrar proveedores especializados en ciertos dominios de datos, pero son escasos los que ofrecen soluciones que cubran varios tipos de información de manera integrada. Por ello, es crítico analizar las necesidades de negocio bajo una óptica de largo plazo y adoptar la tecnología más apropiada que ofrezca escalabilidad, sostenibilidad, persistencia e integrabilidad con la visión arquitectónica de largo plazo de la empresa.

Un aspecto que no se debe dejar pasar es la fortaleza de la solución ante los cambios organizacionales como son las alianzas, fusiones o adquisiciones de otras compañías o nuevas líneas de negocio. Estas uniones, asociaciones y mezclas de datos deben ser consideradas y analizadas en los alcances y definiciones de tecnología.

Además de la tecnología, la solución debe cubrir los temas de políticas y estándares, gobierno y procesos integeneralmente. Cualquiera sea la solución esta debe comprender los siguientes componentes o pilares fundamentales que aseguren una eficiente gestión de la información:

- **Políticas y Estándares.** Comprende la definición de políticas, estándares, procedimientos, guías y normas que faciliten la integración y flujos de información en los procesos de negocio para conformar y establecer un sistema de gestión de información. Cubre aspectos de arquitectura de datos, modelos, metadatos, taxonomías, seguridad de la información y análisis de los flujos de información.
- **Seguridad.** Define los criterios, reglas y mecanismos para garantizar la confidencialidad y privacidad de los datos al igual que su seguridad física y los controles de acceso y uso.
- **Gobernabilidad.** Establece los roles, funciones y responsabilidades tanto de las áreas como de las personas en el ciclo de vida de los datos desde su creación hasta su retención y/o disposición.
- **Procesos.** Determina los modelos de procesos para una administración integrada de información como un único flujo de datos armonizado con los procesos de negocio. Define qué actividades son propias del negocio y cuáles pueden ser tercerizadas o soportadas con servicios de outsourcing.

zables o soportadas con servicios de outsourcing.

- **Servicios.** Analiza las áreas y contratos de servicios que vienen operando ciertos dominios de datos y con base en el modelo de procesos se diseñan y planean nuevos modelos para prestación y operación de servicios integrados de información, basados en acuerdos de niveles de servicio/negocio a través de empresas de outsourcing. Comprende servicios de atención a usuarios (Front-Desk y Auto-Atención basados en Web) que satisfagan la experiencia final del usuario en la consulta, acceso y suministro de la información a los flujos de trabajo y toma de decisiones de negocio tanto dentro como fuera del país.
- **Calidad y Preservación.** Define las especificaciones de calidad de los datos junto con sus métricas y medidas, de manera que mediante herramientas de calidad automáticas o manuales se pueda evaluar, monitorear y controlar la calidad de los datos en la solución. Para asegurar la preservación del dato con calidad certificada se establecen los medios, sitios físicos y repositorios de almacenamiento de la informa-

ción, procedimientos y modelos que garanticen la vigencia y uso de la información en el largo plazo. Para el sitio físico se considera el recibo, administración, preservación y custodia de los activos físicos de información ya sean en papel o medios electrónicos. Este pilar identifica qué información se debe administrar y asegurar como un activo estratégico para una organización.

Es importante anotar que se pueden diferenciar dos clases de calidad: Una enfocada en evaluar la calidad del contenido de los datos y otra en asegurar la calidad de contexto o entorno, es decir, de los elementos que ayudan a una eficiente gestión de los datos.

Criterios como completitud, exactitud/precisión, veracidad/validez hacen parte de la calidad de contenido, mientras criterios como metadatos, taxonomía, formatos, nomenclatura, unidades de medida, consistencia, unicidad, asociaciones e integración son del dominio de la calidad de contexto.

Integración. Define los lineamientos, directrices y principios arquitectónicos que faciliten la navegación,

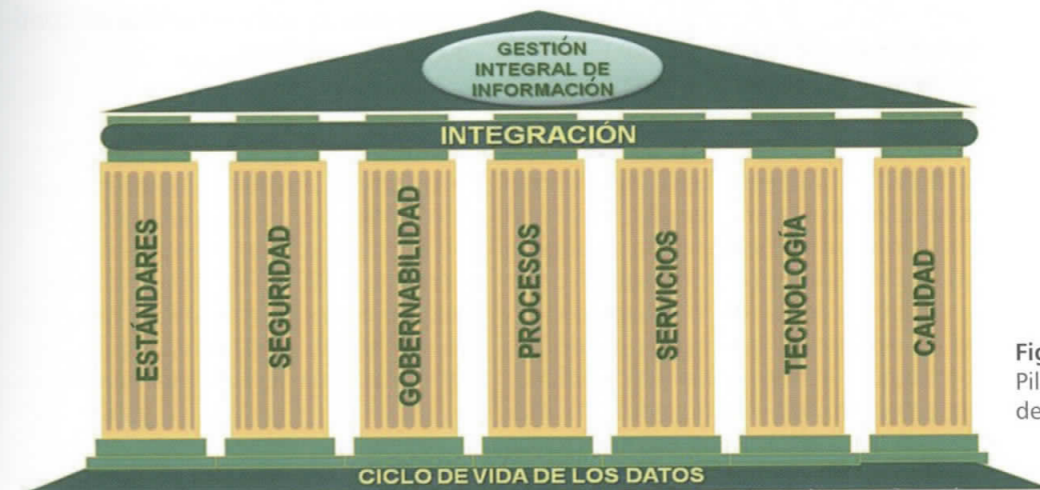


Figura 1. Pilares en la Gestión de Información.

transporte, distribución y suministro de información entre los diversos ambientes heterogéneos y dominios que puede tener una solución integral.

Manejo de cambio y cultura

Absolutamente el manejo del cambio es el eje estratégico de mayor importancia y sobre el cual depende el éxito o fracaso de las iniciativas de gestión de información, pues gestiona la transición junto con el entrenamiento y transferencia de conocimiento hacia la nueva forma de gobierno y gestión de los activos de información. Cambiar los viejos hábitos y cultura es difícil y complejo. La clave está en armonizar e integrar la nueva solución y modelo de gobierno en los procesos existentes del negocio. Un equipo núcleo competente, el seguimiento y aseguramiento de la calidad de los datos migrados y el mejoramiento de los datos maestros se requieren de manera continua y progresiva para asegurar el éxito de un programa en gestión de información en el tiempo.

Es vital en estas iniciativas de gestión de información y datos maestros asegurar la asesoría y soporte de expertos de quienes hayan vivido estos problemas, pues de su experticia y Know-How se define el camino a seguir y los primeros pasos hacia una efectiva y eficiente gestión de información para el largo plazo.

Los planes de capacitación y entrenamiento se deben enfocar en com-

petencias y destrezas que permitan la asimilación, el manejo del cambio y mejore la cultura organizacional en la gestión de información técnica con énfasis en la sensibilización de la información como un activo estratégico de negocio y las mejores prácticas, asegurando que la gente involucrada o impactada asimile la nueva solución o esquema de gestión de forma transparente y no intrusiva.

Conclusión

El diseño de una solución integral para la gestión de información técnica con énfasis en datos no estructurados debe promover una administración de datos maestros o empresariales como única fuente confiable de consulta y de toma de decisiones bajo la visión de que la información es un activo estratégico empresarial y como tal se debe administrar, preservar y mantener en el largo plazo.

Los factores de éxito están más en integrar procesos, procedimientos y cultura de negocio con el patrocinio y compromiso de la alta administración que en los aspectos tecnológicos.

Así, una solución integral requiere del direccionamiento de cuatro ejes claves: Objetivos de Negocio, Alcance, Solución de TI y Manejo del Cambio, como una función empresarial continua y permanente.

Los estándares de información como elemento fundamental para la gestión de información geográfica

Hernán Mauricio Bernal Cubillos¹, Édgar Estevens Español²

Resumen

Las necesidades de información dependen en gran medida de la forma rápida, veraz, oportuna y confiable que ayuden a optimizar los ciclos de gestión en materia de información geográfica. Es por ello que uno de los mecanismos y/o procesos que permiten hacer una adecuada gestión acorde a las necesidades de los usuarios, se enmarca en el concepto de "Gestión de la Información Geográfica - GIG", el cual ha sido un aspecto renombrado en el contexto geográfico por las acciones que permiten acceder, usar, producir y publicar de la información geográfica; sin embargo, se ha subestimado el concepto de gestión, pues debe ser entendido como la actividad o el conjunto de actividades que permiten establecer un adecuado y eficiente flujo de información desde la producción hasta la publicación de la información geográfica.

En tal sentido, además del enfoque investigativo, el presente artículo se enmarca no en la cuantificación de modelos de gestión a nivel nacional e internacional, sino en su cualificación, enfatizando en la necesidad de establecer un direccionamiento ejecutivo que brinde lineamientos para la producción, acceso y uso de la información geográfica, como apoyo a los procesos de planificación y toma de decisiones para el desarrollo social y económico del país.

Palabras clave:

Gestión, información geográfica, planificación, producción, acceso, uso, intercambio, integración, necesidades de información, usuarios, modelos de gestión, estándares.

Abstract

Information needs depend largely on a quick, accurate, timely and reliable to help optimize the management cycles in the field of geographic information. It is therefore one of the mechanisms and / or processes that allow for proper management according to the needs of users, is part of the concept of "Geographic Information Management - GIG" which has been a renowned aspect in the geographical context for the actions that allow access, use, produce and publish geographical information, however, has underestimated the concept of management as it should be understood as an activity or set of activities that allow for an adequate and efficient flow of information from production to the publication of geographic information.

In this regard, besides the research approach, this paper is framed not in the quantification of management models at national and international but their qualifications, emphasizing the need for an executive management to provide guidelines for production, access and use of geographic information to support planning processes and decision making for social and economic development of the country.

Key words:

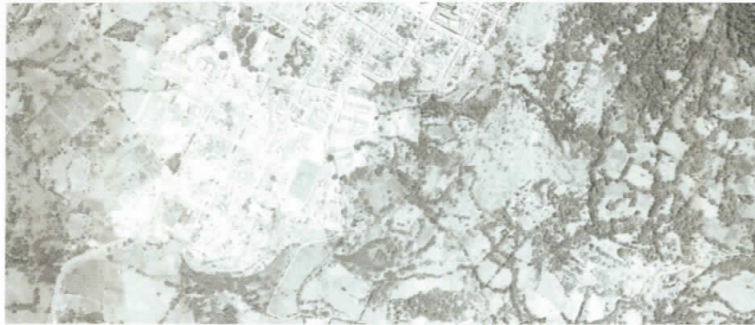
Management, geographic information, planning, production, Access, use, exchange, integration, information needs, users, management models, standards.

¹ Ingeniero Catastral y Geodesta. Especialista en Gerencia Integral de Proyectos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Oficina Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF Cra. 30 No. 48-51. Tel. 3694000 - ext. 4627. E-mail: hbernal@igac.gov.co.

² Ingeniero Catastral y Geodesta. Administrador Público. Especialista en Ingeniería de Software. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Oficina Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica - CIAF Cra. 30 No. 48-51. Tel. 3694000 - ext. 4627. E-mail: eespanol@igac.gov.co.

3

Los estándares de información como elemento fundamental para la gestión de información geográfica



Introducción

Al hablar de gestión se hace referencia específicamente al conjunto de actividades que promueven la transformación o cambio de una situación poco eficiente a una condición de resultados oportunos y de calidad para la organización, abarcando entre otros temas, aspectos relacionados con la administración y el control de procesos que garanticen flujos adecuados de información. En tal sentido se hace imprescindible establecer un marco de referencia que permita orientar tales procesos.

En la actualidad, la gran mayoría de las instituciones, para cumplir con sus objetivos misionales, necesitan información de forma rápida, veraz, oportuna y confiable, ya que esta constituye un componente fundamental en la toma de decisiones. Cada día las instituciones enfrentan nuevos desafíos como el de alcanzar niveles máximos de calidad y satisfacción de sus clientes, generar nuevos productos, así como posicionar y consolidar los ya existentes.

Enfrentar cada uno de estos retos implica cubrir necesidades de información mayores día a día, que ligada a la necesidad de obtener mayores beneficios, obliga a las instituciones a requerir más y mejor información y a diseñar sistemas que les permitan adquirirla y administrarla de manera eficiente.

En el contexto de la información, el componente geográfico ha tomado mayor importancia en los últimos años, debido al desarrollo de herramientas tecnológicas que permiten georreferenciar la información alfanumérica alma-

cenada en bases de datos, con lo cual la demanda y oferta de información geográfica se ha incrementado con su consecuente aumento de procesos de producción y volúmenes almacenados. Por esta razón, se hace indispensable que las instituciones establezcan mecanismos que permitan gestionar la información, obteniendo productos acordes con las necesidades de los usuarios y, así mismo, procesos óptimos en el marco de un sistema de gestión de calidad.

Este artículo pretende entonces contextualizar a la comunidad productora y usuaria de información geográfica en la identificación de lineamientos y establecimiento de alternativas que permitan optimizar los procesos que involucran la producción, actualización, uso, acceso e intercambio de información desde el punto de vista de los estándares de información geográfica, con el fin de incentivar la implementación de sistemas de gestión en el desarrollo del ejercicio empresarial y/o profesional. Así mismo, orientar dicha propuesta junto con las iniciativas nacionales e institucionales que al respecto se han trabajado en el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales.

Análisis situacional

Una buena parte de las entidades que conforman el Estado tienen relación directa o indirecta con la información geográfica, a modo de productores, custodios, transformadores o usuarios finales de la misma; por ende no se desconoce la experiencia acumulada en la producción de información geográfica y la diversidad de procesos existentes a

nivel institucional, pero sí se identifica una debilidad en los flujos de información interinstitucional ocasionados por:

- a. Desconocimiento de la responsabilidad en la custodia y distribución de la información: Alguna información geográfica es producida o custodiada por más de una entidad, o por el contrario ninguna asume su responsabilidad por desconocimiento de su administración.
- b. Exceso de trámites: La responsabilidad de la producción de la información geográfica no es exclusiva del componente técnico, ya que en gran parte su difusión y accesibilidad depende de decisiones de carácter administrativo y gerencial que generalmente toman largos periodos de tiempo, incluso superiores a los de la producción técnica como tal.
- c. No oportunidad de la información: La disponibilidad de la información no es concordante con la demanda de la misma; es decir, lo que un usuario necesita en determinado momento no es suministrado por la institución que tiene la misión de hacerlo.
- d. Debilidad en la integración de la información geográfica: Diferencia de criterios en la producción de la información que hacen incompatible la integración de esta (falta de aplicación de estándares y ausencia de un sistema de gestión de calidad).

De esta manera, se evidencia la necesidad de establecer estrategias que orienten al mejoramiento de la gestión en términos de producción, acceso y uso de la información geográfica, permitiendo con ello elevar la concienciación, promover un mayor uso de la información geográfica y la capacidad de gestión del conocimiento, con el fin de fortalecer no sólo los perfiles involucrados en la gestión de la información geográfica, sino el enfoque investigativo en la producción de la misma.

Una de las estrategias que busca dar solución a dichos problemas de gestión lo determina el diseño e implementación de un modelo de gestión, entendido como un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que permiten articular de manera adecuada los productos y flujos de información geográfica.

En este sentido, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) desde el año 2002, ha venido desarrollando un modelo de gestión de información geográfica³ que orienta los procesos y su relación para la producción de información geográfica, sustentada desde las políticas nacionales y las necesidades de país hasta la dinámica del mercado de la información geográfica, mediante la adopción y aplicación de políticas institucionales, normas y estándares de información y calidad; definición de datos, gestión de tecnologías, mejoramiento de las líneas de producción y de carácter transversal, el fortalecimiento

3 INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suministro de datos fundamentales de calidad para el desarrollo del país. Bogotá, D. C.: IGAC, 2002

institucional en términos de investigación, innovación y desarrollo.

Por lo anterior, se hace necesaria la articulación de los diferentes ciclos y modelos de gestión de información que interactúan en el marco de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), y así mejorar la interoperabilidad de la información entre las instituciones que conforman dicha iniciativa; no obstante son las instituciones quienes deben asumir el compromiso de evaluar la forma en la que tradicionalmente se están llevando los procesos de producción de información geográfica para garantizar, en primer lugar, una adecuada implementación del modelo de gestión de la información geográfica a nivel institucional que tenga como efecto una mejora significativa en los flujos de información geográfica nacional.

La gestión de información geográfica en el marco de la ICDE

Tal como se citaba anteriormente, la gestión de la información geográfica, al igual que los demás procesos, tiene un ciclo de madurez y de mejoramiento continuo, dado que las exigencias de información geográfica cada vez son mayores y se suman usuarios no sólo del orden gubernamental sino del sector privado y la academia; en este sentido, en el primer trimestre del 2009 se recibió un apoyo decisivo por parte del Gobierno, al enfoque de la mejora de la gestión de la información geográfica, con la emisión del documento CONPES No. 3585.

Los documentos CONPES en el país constituyen el principal ámbito de examen y

reflexión de los problemas que habrán de orientar la acción del Gobierno Nacional, y en consecuencia se convierten en el elemento de referencia más concreto para la ejecutoria de las políticas consignadas en el plan de desarrollo⁴; por ello resulta de vital importancia la aprobación y publicación del documento CONPES No. 3585 para la Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

El eje central del documento es la búsqueda de la articulación de la producción, disponibilidad, acceso y uso de la información geográfica a nivel de las entidades del Estado, ya que se ha evidenciado que, tradicionalmente, cada entidad realiza la producción o adquisición de la información usando estándares muchas veces no compatibles con los de otras entidades, y maneja su información de forma inconexa, no integrable a herramientas de software que permitan identificar la existencia y disponibilidad de dicha información por parte de otras entidades que la puedan requerir. De otra parte, el bajo nivel de desarrollo de la normatividad sobre el acceso y uso de la información geográfica puede dificultar la cooperación entre entidades.

En ese orden de ideas, se plantean una serie de estrategias⁵:

- Fortalecer el marco normativo de la gestión de la IG.
- Mejorar la coordinación interinstitucional para la producción, la adquisición, la documentación, el acceso y el uso de la IG.
- Fortalecer la producción de la IG.

- Mejorar la capacidad de gestión institucional en temas de IG.

Nótese que el modelo de gestión de información geográfica trabajado hasta el momento en el IGAC no es ajeno a las prerrogativas estratégicas plasmadas en el documento CONPES, ni se distan de la consolidación de los principios y componentes de la ICDE; por ello es pertinente realizar un llamado a las instituciones del país para que se sumen a esta iniciativa y se logre a través del consenso mejorar la gestión de la información geográfica.

Ahora bien, aunque dicho documento no establezca de manera explícita la construcción y validación de un modelo de gestión como tal, sí se mencionan otra serie de estrategias que permiten de igual forma identificar las falencias en la gestión de información geográfica y proponer mecanismos de solución con base en la priorización de necesidades, caracterización de responsabilidades, descripción de procesos, estrategias de articulación interinstitucional, necesidades de formación e investigación, entre otros; tal situación se plantea mediante la formulación de un Plan Estratégico Nacional de Producción, Acceso, Uso y Gestión de Información Geográfica, que busca establecer lineamientos y actividades específicas que faculten a productores y transformadores a disponer la información requerida bajo criterios comunes que permitan su integración y accesibilidad, con el objetivo de facilitar la gestión de los procesos geográficos.

La estandarización de la información geográfica como elemento de modernización institucional

Uno de los componentes estratégicos que garantizan la mejora de la gestión de información geográfica es la estandarización en los diferentes criterios de producción de información geográfica.

Los estándares constituyen acuerdos documentados que contienen lineamientos y criterios técnicos que son utilizados consistentemente como reglas o guías para asegurar que los productos, procesos y servicios cumplan con su propósito, además de garantizar la generación de información bajo los mismos parámetros, asegurando de esta forma la facilidad para disponer e intercambiar información (interoperabilidad). Pero para obtener dichos estándares se requiere de una gestión, caracterizada básicamente por los siguientes estadios: la iniciativa, la propuesta, la discusión y consulta, los ajustes y su implementación. No obstante dichos aspectos están sujetos a la participación activa de las instituciones en cada una de sus fases.

En este sentido, atendiendo a la problemática de la gestión de información geográfica se encontró la necesidad de establecer un espacio de trabajo en donde productores y usuarios manifestaran sus inconvenientes y sus necesidades, mediante la generación de parámetros comunes que garanticen una manera homogénea de generar dicha información. Para ello existe el Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica - CTN 028, que a la fecha ha generado siete normas técnicas colombianas (Precisión de redes geodésicas, Precisión de datos espaciales, Metadatos Geográficos, Conceptos básicos de calidad, Evaluación de calidad procesos y medidas, Metodología para la catalogación de objetos geográficos y Especificaciones técnicas de productos geográficos) y están trabajando en el desarrollo de otros cuatro estándares (Referencia Espacial por Coordenadas -perfil de ISO 19111, Referencia Espacial por Identificadores Geográficos -perfil de ISO 19112, Esquema Temporal -perfil de ISO 19108, Terminología -perfil de ISO 19104); todos ellos con el único objetivo de poder unificar criterios que faciliten la producción, estructuración, documentación y disponibilidad de los datos geográficos.

4 El Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 establece el objetivo de fortalecer la producción de información geoespacial en las diferentes entidades del Estado, y promover su intercambio, acceso y uso.

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento Conpes No. 3585 - Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE. Bogotá D. C.: DNP.

Ahora, así como cada uno de estos estándares se generan por la manifestación de necesidades específicas, es importante el compromiso que deben tomar cada una de las instituciones que manejen información geográfica para aplicar los resultados en los diferentes productos que se generen; es claro que todo lleva un proceso, sin embargo, es necesario que las instituciones orienten esfuerzos para transformar su participación en la elaboración y conocimiento de los documentos de norma, en acciones claras de implementación, apropiando los conceptos, realizando los cambios organizacionales que se requieran y fortaleciendo las capacidades institucionales que eviten limitaciones debidas a condiciones de resistencia al cambio.

A nivel estratégico la gestión de información geográfica agrupa y evidencia los efectos que deben surtir la política y la consolidación de la infraestructura de datos espaciales; así, una buena gestión de la información geográfica será el reflejo de una adecuada articulación de las políticas institucionales que puedan generarse para que los estándares de información geográfica no se conviertan en un elemento opcional, sino que se conviertan en un requisito esencial de todo producto geográfico que aporte a la consolidación de las infraestructuras de datos espaciales, a nivel local, regional y nacional.

Por ello, es pertinente citar otro componente de las infraestructuras de datos espaciales: Las políticas, las cuales se configuran como el eje orientador o el lineamiento general que estructura de alguna manera el camino a seguir para lograr alcanzar buenas prácticas durante todo el proceso de gestión de la información geográfica; allí se revela una connotación más concreta, ya que tiene un efecto integrador que requiere de un componente tecnológico y de lineamientos técnicos para la producción y documentación de la información geográfica.

Con respecto a la tecnología, es importante mencionar que de nada sirve si se carece de estándares que permitan el intercambio y disponibilidad de datos confiables que satisfagan las necesidades de los usuarios.

En consecuencia, los estándares en el marco de la gestión de información geográfica buscan en principio crear una conciencia orientada al servicio del país, reconociendo que los resultados institucionales tienen un impacto más allá del cumplimiento de una misión organizacional, garantizando que sus productos puedan ser integrados y utilizados por diferentes usuarios.

Adicionalmente, a partir del fortalecimiento institucional y la gestión del conocimiento, las instituciones mejoran los perfiles de los involucrados en la gestión de información geográfica y el enfoque investigativo en la producción de estándares, con lo cual las organizaciones responden a los requerimientos del país, promoviendo un mayor uso de la información geográfica.

Es así que, como propuesta para seguir trabajando en pro del desarrollo de instrumentos que provean una alternativa de solución al problema de incompatibilidad en los datos por falta de acuerdos específicos, se ha venido trabajando en el marco de la ICDE sobre un Plan Nacional de Estandarización que establece la metodología y los lineamientos necesarios para la adopción e implementación de estándares de información geográfica para un período de tiempo de 4 años (2009-2012)⁶.

Para este plan se han tenido en cuenta estrategias de gestión de conocimiento, tales como la determinación de la población objetivo, el desarrollo, implementación, difusión y transferencia de conocimiento en las temáticas correspondientes a cada uno de los es-

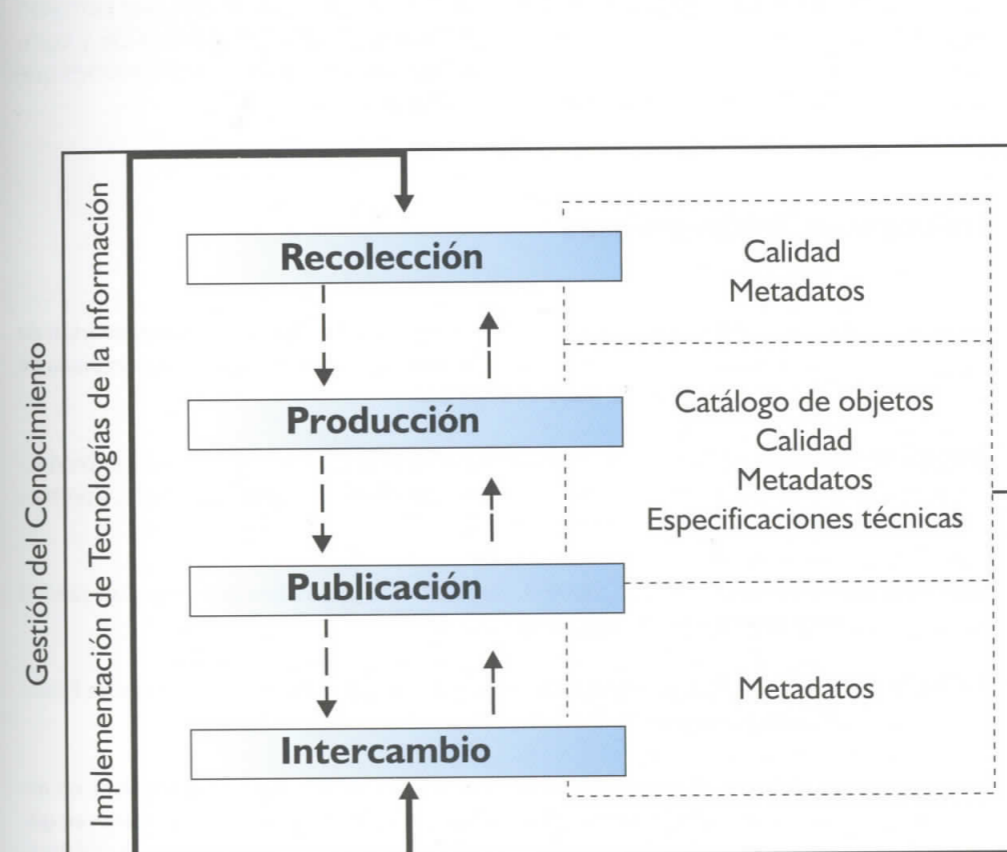
tándares mencionados anteriormente, además de la participación tanto de las entidades vinculadas al CTN 028 como de los miembros de la ICDE.

Con esto se pretende dar soporte al desarrollo del Plan Nacional de Producción, Acceso, Uso y Gestión de Información Geográfica, estableciendo las condiciones mínimas con las cuales debe contar todo producto geográfico para garantizar la calidad e interoperabilidad de los datos producidos. Con ello, se definirán además lineamientos metodológicos para la adopción e implementación de estándares en las entidades productoras de información geográfica, bajo la referencia de los re-

sultados obtenidos en el marco del CTN 028.

Y es precisamente en esta relación de los resultados normativos del CTN 028 y su integración al Plan Nacional de Producción, Acceso, Uso y Gestión de Información Geográfica en el marco de la ICDE, en donde los modelos de gestión de información geográfica encuentran mecanismos de implementación articulados a los procesos de captura de información geográfica, producción y publicación de productos geográficos (ver Esquema No. 1).

De acuerdo a lo anterior, los procesos de gestión de información geográfica de-



Esquema No. 1. Procesos de gestión y estándares de información geográfica.

Fuente: Elaboración propia.

ben incorporar los estándares como un elemento integral que permite que en cada fase se obtengan productos de calidad, documentados e interoperables.

Conclusiones

Como hecho conclusivo se plantea una vez más que sin la gestión de la información es imposible tomar decisiones adecuadas, trazar las políticas y diseñar procesos organizacionales que contribuyan al establecimiento de un adecuado y transparente ciclo de información. Dicha transparencia se obtiene tras el diseño e implementación de procesos de estándares de información que permitan a las instituciones contar con herramientas adecuadas para compartir y difundir la información en beneficio de la sociedad.

Con el fin de lograr este propósito se considera fundamental trabajar en pro de los siguientes componentes considerados como estratégicos tanto para la gestión de información geográfica como para la adopción e implementación de estándares: Establecimiento de un diagnóstico; instauración de los planes institucionales de producción en un corto, mediano y largo plazo; establecimiento de potenciales sinergias o convenios interinstitucionales y un fortalecimiento en la capacidad de gestión en términos de innovación, investigación y desarrollo.

De otra parte, para una adecuada continuidad a los planteamientos expresados en el presente artículo, se requieren esfuerzos cooperativos en el desarrollo de estándares compatibles con las iniciativas nacionales e internacionales que permitan consolidar los objetivos de la ICDE y cumplir con las metas de las instituciones que la integran.

Referencias bibliográficas

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Documento Conpes No. 3585 - Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE. Bogotá, D. C.: DNP.
- EL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2006-2010 establece el objetivo de fortalecer la producción de información geoespacial en las diferentes entidades del Estado, y promover su intercambio, acceso y uso.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suministro de datos fundamentales de calidad para el desarrollo del país. Bogotá, D. C.: IGAC, 2002.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Documento propuesta de Plan Nacional de Estandarización. Bogotá, D. C.: IGAC, 2009.
- POLÍTICAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EUROPA: Recomendaciones para entrar en acción. Consultado en línea 16 de octubre de 2009 [on line] <http://www.ec-gis.org/ginie/doc/DataPolicy_MR_D272A_ES.pdf>. Coordinador: University Of Sheffield -USFD. Participación EUROGI; JRC; OGCE.
- TOWARDS A STRATEGY FOR GEOGRAPHIC INFORMATION IN EUROPA. Consultado en línea 16 de octubre de 2009 [On line] < <http://www.eurogi.org/geoinfo/eurogiprojects/strategy.pdf>>

Modelamiento en web de geoinformación de la Amazonía colombiana con el uso de software libre

Hellmuth Iván Vargas Sánchez¹, Carlos Gustavo Infante Sepúlveda², Uriel Gonzalo Murcia García³

Resumen

En el marco del Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana SIAT-AC, bajo coordinación del Instituto Sinchi y la participación de Cormacarena se desarrolló una herramienta web usando software libre, para diseñar y aplicar modelos de análisis espacial en línea.

El modelamiento permite plasmar la percepción del mundo, en términos que pueda ser claramente entendible por la comunidad y de esta manera afianzar la comprensión de diferentes fenómenos tanto en su funcionamiento como en su evolución en escalas espaciotemporales. Para la definición de un modelo que contenga información referida al territorio se requiere de expertos que reúnan el conocimiento particular del tema de estudio y el componente geográfico; por tal razón se vio la necesidad de la creación de una herramienta que permitiera consolidar este conocimiento.

En tal sentido se dispone de una herramienta en WEB para que la comunidad en general acceda a modelos espaciales previamente definidos o defina nuevos, de acuerdo a sus necesidades temáticas. Para la realización de esta herramienta se utilizaron componentes "código abierto" que permitieron generar las interfases para su definición, las estructuras de funcionamiento, el almacenamiento de las operaciones y la generación del resultado obtenido.

Con esta aplicación la Amazonía colombiana con sus entidades y comunidades tienen a su disposición una opción no comercial de apoyo a la gestión de la información ambiental como soporte a la toma de decisiones en diversos temas y ámbitos territoriales.

Palabras clave:

Amazonía colombiana, software libre, modelamiento espacial, SIG en línea, gestión del conocimiento, SIAT-AC.

4

Modelamiento en web de geoinformación de la Amazonía colombiana con el uso de software libre

- 1 Ingeniero de sistemas, Especialista en Telemática, líder de desarrollo Kudos Ltda. Contratista Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Teléfono 571-2874764; Calle 49 No. 17-42 ofc. 201; hellmuthvargas@gkudos.com; www.gkudos.com
- 2 Ingeniero de Sistemas, Especialista en Gerencia de Proyectos, magister en Geomática, director de proyectos Kudos Ltda. Contratista Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Teléfono 571-2874764; Calle 49 No. 17-42 ofc. 201; carlosinfante@gkudos.com; www.gkudos.com
- 3 Investigador Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; Coordinador de Programa de Investigación. Líder del grupo de Investigación Colciencias: Gestión de Información Ambiental y Zonificación del Territorio GIAZT: Amazonia colombiana. Teléfono 571-4442082; Calle 20 No. 5-44 Bogotá, D. C. Colombia. Email: umurcia@sinchi.org.co



Abstract

In the framework of the System of Territorial Environmental Information of the Colombian Amazon SIAT-AC, coordinated by the Institute Sinchi and the participation of Cormacarena, it has been developed a free software using web tool, to design and to apply models of spatial analysis online.

The modeling permits to express the perception of the world, in terms that can be clearly understandable by the community and in this way to guarantee the comprehension of the different phenomenon in its operation as in its evolution in temporal-spatial scales. For the definition of a model that contains above-mentioned information to the territory is required of experts that gather the private knowledge of the theme of study and the geographical component, for this reason it was seen the need to create a tool which permits to consolidate this knowledge.

In this way we have a tool in WEB so the community in general has access to previously definite spatial models or to define new, according to its thematic needs. For the execution of this tool components were used "open code" that permitted to generate the interfaces for their definition, the structures of operation, the storage of the operations and the generation of the result obtained.

With this application the Colombian Amazon with its companies and communities have to their service a not commercial option of support to the management of the environmental information as backup to it takes of decisions in diverse themes and territorial environments.

Key words:

Colombian Amazon, free software, spatial modeling, SIG online, knowledge management, SIAT-AC, model builder.

Introducción

La Amazonía colombiana cubre más del 40% del territorio continental colombiano, y con sus 483.164 km² (Sinchi, 2009) se convierte en la región natural continental más grande del país y esto aunado a la complejidad biológica que en ella está presente, al igual que la riqueza cultural propia de los pueblos indígenas que allí han estado ancestralmente, más la población proveniente de otras regiones del país, que en conjunto rodean el millón de habitantes, precisa de instrumentos adecuados de gestión de la información ambiental, para contribuir con los procesos de investigación científica, la gestión ambiental y la toma de decisiones relacionadas con los aspectos ambientales que afectan o pueden afectar a este territorio.

Los datos e información geográfica son componentes básicos en los procesos relacionados con aspectos ambientales, y en el caso de la Amazonía son un tema fundamental para alcanzar mayor conocimiento de los componentes del territorio y las culturas que en ella están presentes, de las interacciones y dinámicas que se generan a diario y que llegan a afectar esos equilibrios dinámicos que se han alcanzado a través de los procesos evolutivos. Contar con mecanismos para gestionar este tipo de información, como son los sistemas de información geográfica (SIG) es necesario para facilitar los procesos de planeación, gestión y toma de decisiones en las instancias locales, subnacionales y nacionales.

Los sistemas de información geográfica han evolucionado tanto o más rápido

que los sistemas de información tradicionales; en tal sentido se debe ampliar el concepto tradicional de los SIG, que los ve como el conjunto de funcionalidades que permiten capturar, almacenar, manipular, analizar, validar y desplegar datos geográficos, incluyendo los canales de comunicación de la información como un nuevo componente de este tipo de sistemas, se posibilita que la información que se gestiona con los SIG llegue a los diversos públicos que pueden aprehenderla y aplicarla como apoyo a las diversas actividades y toma de decisiones en amplios espectros temáticos. Sin duda alguna los SIG se han integrado con otros sistemas con respecto a tres componentes fundamentales (Brimicombe, A. 2003.): Interfaz de usuario, datos y funcionalidad. De 104 casos estudiados, un alto porcentaje había logrado exitosamente la integración de interfaz y datos pero un muy bajo porcentaje lo había logrado con funcionalidad. Esto motiva a enfrentar estos retos y realmente hacer aplicaciones SIG realmente funcionales y que aporten para el proceso de toma de decisiones.

De esta manera, además de las personas temáticas que utilizan aplicaciones especializadas para el manejo de datos geográficos mediante un software y hardware suficientemente robusto para el soporte de este tipo de información, también los tomadores de decisiones no temáticos, el personal operativo y el público en general interesado en la temática manejada puede acceder a esta información sin traumatismos ni conocimientos adicionales a los que se requieren para el manejo de un aplicativo WEB.

Si se revisa la línea de tiempo de la evolución de los SIG (Brimicombe, A. 2003), se puede notar que el objetivo primordial de obtener cartografía se ha mantenido durante todo el tiempo, pero ha evolucionado en cuanto al manejo digital de la información. Inicialmente eran aplicaciones monolíticas donde todos los recursos residían en un solo equipo, luego aplicaciones de escritorio donde surge el cliente servidor que requieren de configuración, instalación y licencias para su funcionamiento; en el primer quinquenio de la década de los noventa empiezan a surgir los diferentes servicios de mapas en Web. Actualmente existen diferentes tipos de métodos para acceder a la visualización de datos espaciales en WEB (Anderson & Moreno, 2003); estos varían en la interactividad que tienen con el usuario, que puede ser nula (mapas estáticos) o, básica (Mapas dinámicos) con controles que permiten acercar o alejar y que elementales para poder navegar en el mapa.

Se conoce que la información ambiental posee componentes espaciales que recurrentemente plantean incógnitas de comportamiento dada su interacción en el espacio, tales como: Áreas de influencia, conflictos de uso, definición de sistemas productivos, entre otros. Necesariamente para resolver este tipo de incógnitas se tiene que recurrir a los sistemas de información geográfica, pues son una herramienta que permite el manejo de datos georreferenciados, obtención de nuevas geometrías o modelos que involucran operaciones espaciales; todo esto es posible a partir de información estructurada y debidamente depurada y preferiblemente almacenada dentro de una base de datos.

La transformación de los datos geográficos en información útil es fundamental para que el dato geográfico trascienda a conocimiento (Longley P., 2001.), es decir, que le genere al dato un valor agregado para que sea tomado e interpretado por el interesado y de esta manera se

convierta en una herramienta fundamental en la toma de decisiones.

Contar con una herramienta web que permitiera a los diferentes actores que manejan información georreferenciada de la Amazonía, gestionarla, analizarla, modelarla y divulgar los productos, fue la necesidad identificada en el Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana SIAT-AC, y que llevó a un grupo técnico de la empresa Kudos Ltda., en asocio con personal del Instituto Sinchi a desarrollar e implementar una herramienta Web para consulta y despliegue de información geográfica integrada con funcionalidades de análisis espacial, en el marco de los convenios de cooperación suscritos entre Sinchi-Cormarena y Sinchi-SGCAN como parte del programa BioCAN.

El modelamiento permite plasmar la percepción del mundo, en términos que puedan ser claramente entendibles por la comunidad y de esta manera afianzar la comprensión de diferentes fenómenos tanto en su funcionamiento, como en su evolución en escala del tiempo y del espacio. Para la definición de un modelo que contenga información referida al territorio se requiere de expertos que reúnan el conocimiento particular del tema de estudio y el componente geográfico; por tal razón se vio la necesidad de crear una herramienta que permitiera consolidar este conocimiento, dando la opción al público de accederlo y contribuir a su enriquecimiento.

En tal sentido se dispone de una herramienta en WEB, operando en el portal del SAIT-AC, para que la comunidad en general acceda a modelos espaciales previamente definidos o defina nuevos, de acuerdo a sus necesidades temáticas. Para la realización de esta herramienta se utilizaron componentes de software libre tipo "código abierto" que permitieron generar las interfases para su definición, las estructuras de funcionamiento, el almacenamiento de

las operaciones y la generación del resultado obtenido.

El software libre o de código abierto (SCA) es aquel donde el código fuente (el lenguaje en el cual el programa es realizado) es distribuido libremente con el derecho a modificarlo y la condición que su redistribución no es restringida. En contraste, el propietario es un software suministrado sólo con código binario ejecutable, y no con la fuente desde el cual el código es derivado, siendo restringida su redistribución⁴.

El SCA también es definido como un conjunto de prácticas sobre cómo hacer software, basado en la disponibilidad y el derecho a utilizarlo. Este proceso requiere de rigor en el desarrollo del software, haciéndolo disponible a una comunidad diversa de programadores para revisarlo, probarlo y mejorarlo⁵, debiendo cumplir con los siguientes criterios, para ser considerado como tal⁶:

- Libre redistribución.
- Código fuente.
- Modificaciones al código.
- Integridad en el mantenimiento de condiciones de licencia.
- No discriminación contra personas o grupos.
- No discriminación contra un campo específico de trabajo.
- Distribución de licencias (independencia de otras licencias).
- Las licencias no deben ser específicas a un producto.

- Las licencias no deben restringirse a otro software.

- Las licencias no deben ser de tecnología neutral.

Es de anotar que el término "Proyecto Open Source" se refiere a cualquier grupo de personas que desarrolla software para proveer sus resultados bajo una licencia de código abierto⁷, en el que participan: Desarrolladores particulares, instituciones académicas, institutos de investigación, distribuidores de software, compañías comerciales y Gobiernos.

Métodos y materiales

Para el desarrollo de la herramienta de análisis espacial en web se definió una arquitectura basada en componentes de software libre, dada la flexibilidad y robustez que proporciona para el desarrollo de aplicaciones SIG, complementado con un componente que facilite su uso y manejo; esta funcionalidad se implementó con aplicaciones de Internet enriquecidas denominadas con el término "RIA o Aplicaciones Enriquecidas de Internet. La traducción del término aún no se ha establecido con claridad por eso existen muchas definiciones o traducciones distintas a través del Internet; este término se creó para describir lo que serían el futuro de las aplicaciones. Una aplicación RIA es una experiencia Web que es cautivante, interactiva, liviana y flexible. Las RIA ofrecen la flexibilidad y facilidad de uso de una aplicación de escritorio inteligente y le agregan el amplio alcance de las aplicaciones Web tradicionales"⁸.

4 www.opensource.org/docs/definition.html
 5 Report of The Committee on Armed Services. House of Representatives of United States. 2008
 6 www.opensource.org/docs/definition.html
 7 http://www.opensource.org/docs/definition_plain.php
 8 <http://groups.adobe.com/posts/c76c9caea6>

En la figura 1 se presentan los componentes utilizados para desarrollar la aplicación de análisis espacial en web.

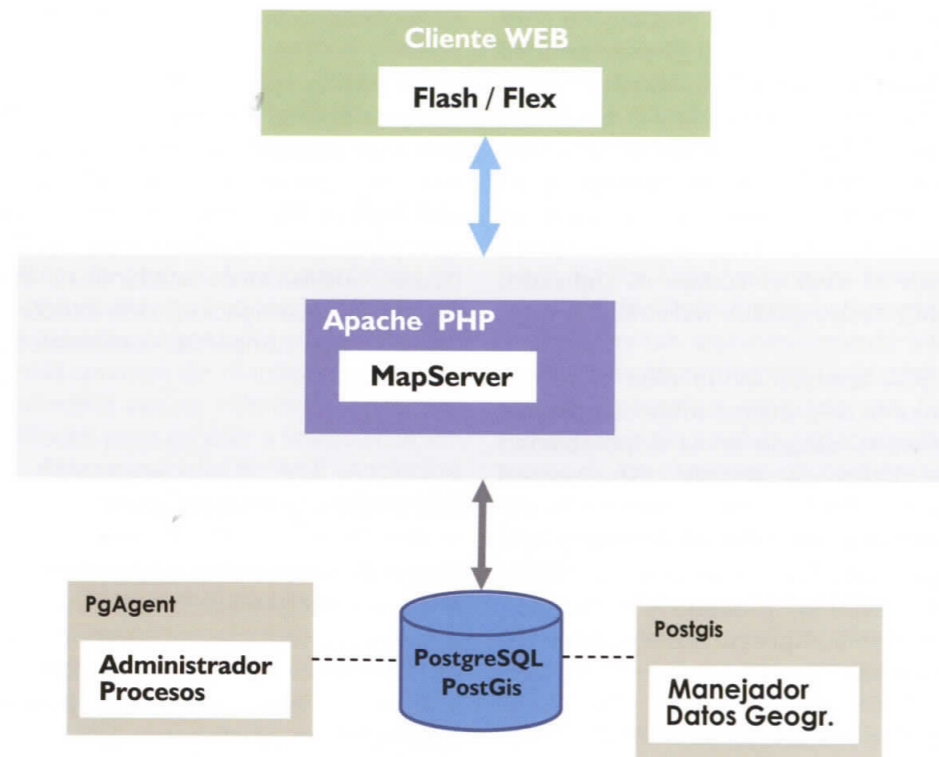


Figura 1. Arquitectura del aplicativo. Fuente: diseño propio.

En cuanto a los componentes que integran la aplicación se describen a continuación:

PostgreSQL 8.3⁹: Sistema administrador de base de datos, encargado de almacenar los datos y de gestionar toda la seguridad.

Postgis¹⁰: Es una extensión para la base de datos objeto relacional de Postgres SQL que permite el soporte y manejo de objetos espaciales.

PgAgent¹¹: Planificador de tareas para PostgreSQL, permite ejecutar un conjunto de pasos (procedimientos o consultas SQL) con algún nivel de complejidad.

Apache Web Server¹²: servidor Web HTTP de código abierto, multiplataforma.

PHP versión 5¹³: Lenguaje de programación, utilizado para el desarrollo de los diferentes componentes que hacen parte del servidor.

Mapserver 5.4¹⁴: Servidor de mapas, encargado de responder las diferentes solicitudes geográficas que los usuarios realizan a través de la Web.

Adobe Flex 3¹⁵: Flex es un entorno de trabajo de código abierto, altamente productivo para la creación y el mantenimiento de aplicaciones web enriquecidas.

La madurez de cada uno de los componentes utilizados permite el ensamblaje de un aplicativo que se ajuste a las necesidades identificadas. Para la definición de los requerimientos se partió de una etapa de análisis; durante esta fase se realizaron entrevistas y se recolectó documentación del Instituto SINCHI y de la Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Macarena (Cormacarena), adicionalmente se tomaron los lineamientos técnicos definidos por el grupo del SIAT-AC. A partir de estas reuniones y de la documentación recolectada se identificaron los actores principales, y se definieron los requerimientos del sistema.

Como se muestra en la figura 2, esta aplicación se toma como parte integral del SIAT-AC, y será el módulo de análisis espacial en Web del sistema, permitiendo al administrador temático definir modelos, a un usuario de publicación publicar información de interés relacionada con los modelos definidos o de las capas recientemente cargadas. Adicionalmente, permitirá a usuarios anónimos o invitados utilizar los modelos predefinidos y a la comunidad en general habilitar consultas públicas de tal manera que le permitan consultar información de importancia a la comunidad. El módulo del SIAT-AC tiene un administrador que es el encargado de mantener y dar acceso a los usuarios, y de mantener la aplicación.

La funcionalidad y alcances del sistema se pueden agrupar en tres componentes principales, que integran todas las opciones que fueron concebidas durante la fase de planeación y diseño de la aplicación, estos son:

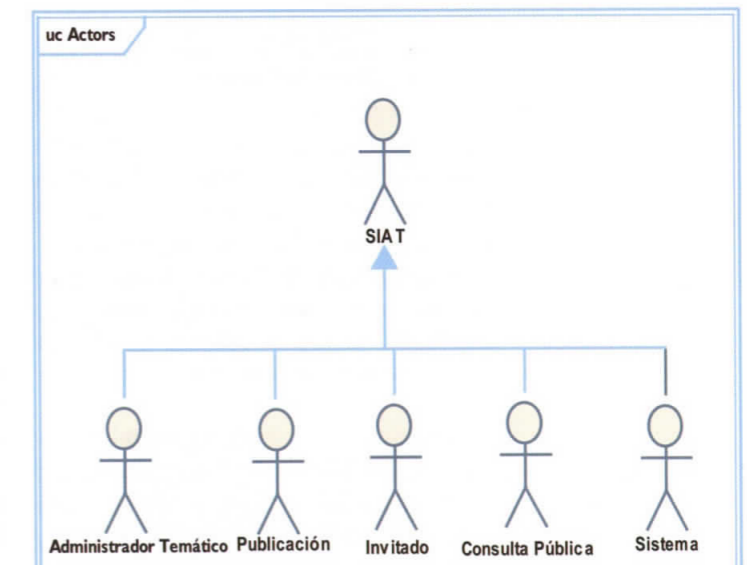
Gestión y definición de modelos

El usuario, a través de una herramienta basada en Web, podrá crear modelos que involucren operaciones de análisis espacial tales como:

- Unión, intersección y superposición de geometrías.
- Buffer (área de influencia).
- Reclasificación de atributos.
- Filtrar atributos.
- Calcular áreas.
- Calcular distancias.

Figura 2. Esquema de usuarios de la aplicación

Fuente: desarrollo propio



9 <http://www.postgresql.org/>
 10 <http://postgis.refractor.net/>
 11 <http://www.pgadmin.org/docs/1.4/pgagent.html>
 12 <http://www.apache.org/>
 13 <http://php.net/index.php>

14 <http://mapserver.org/>
 15 <http://www.adobe.com/es/products/flex/>

Un modelo permite definir uno o más pasos, en cada uno de los cuales podrá aplicarse una operación básica. Una vez finalizada la definición del modelo, el usuario podrá hacer una simulación del mismo, permitiéndole cargar capas de datos específicas en el sistema o podrá utilizar las capas de información disponibles en el repositorio público de la comunidad de usuarios del sistema. Los usuarios temáticos podrán almacenar los modelos en el sistema y los resultados obtenidos podrán ser públicos o guardar reserva según el criterio del especialista. Los usuarios "invitados" o anónimos pueden utilizar las plantillas de modelos (definición paso a paso de un modelo para obtener un resultado determinado) utilizando capas propias que serán almacenadas temporalmente o capas públicas del sistema.

Administración

Este módulo permite administrar los diferentes parámetros y permisos del sistema, habilitando y deshabilitando los usuarios del sistema; además, permite que un usuario autorizado realice en línea vía un navegador de Internet, carga de capas de información geográfica. Las capas de información deben ser cargadas en el sistema en formato Shape (shp), dicha información podrá ser almacenada de forma privada para el mismo usuario o podrá ser pública en el repositorio de la comunidad de usuarios. Toda la información almacenada persistentemente estará en el sistema de coordenadas WGS84, para que luego desde el sistema pueda ser exportada a diferentes formatos.

La información publicada en el repositorio centralizado de la comunidad de usuarios deberá estar organizada de forma jerárquica según la entidad y área a la que pertenece el usuario que publica la información; esto se logra cumpliendo las normas establecidas como parte de las políticas de gestión de información del SIAT-AC.

Publicaciones

Este componente del sistema ofrece varios servicios y funcionalidades a los usuarios. La principal función es que sirve para hacer visibles los mapas y capas contenidas en el sistema; de igual forma permite una interacción entre los usuarios de una capa, un mapa o un modelo de análisis y quien haya cargado o generado dichos elementos; esto se hace a través de un servicio tipo foro. También se cuenta con un servicio de noticias, que permite conocer las opiniones de los usuarios del portal sobre el modelo y las capas cargadas dentro del sistema.

Resultados y discusión

El producto desarrollado es una aplicación Web que permite realizar análisis espacial en línea de información geográfica de una manera fácil, para obtener diferentes escenarios del tema analizado, así como también permite tomar decisiones respaldadas con diferentes elementos de información. Es importante tener en cuenta algunos elementos básicos, tales como:

- Tener claridad del problema a resolver.
- Conocer el estado de los datos que se van a involucrar dentro del modelo espacial a utilizar o plantear, en cuanto a escala, disponibilidad y formato.
- Conocer de las capacidades y alcances de la herramienta Web desarrollada.
- Conocer claramente los resultados que se obtienen de las diferentes operaciones espaciales y cómo pueden ser combinadas.

La valoración preliminar de estos elementos permitirá un adecuado uso de las herramientas desarrolladas.

El planteamiento de un modelo con componentes geográficos, trata de establecer los patrones que surgen como resultado de procesos que pueden ocurrir en el espacio, de tal manera que permita la representación, descripción, medición, comparación, y la determinación de relaciones espaciales como resultado de diferentes características tales como distancia, tamaño, distribución, vecindad, escala, orientación. Los elementos encontrados en el espacio, con características similares, son agrupados en temáticas o capas y que representa las variables específicas de estudio, por ejemplo, de la temática agua los ríos son un elemento específico a modelar. Al ser un elemento geográfico posee una representación geométrica que puede ser: "Punto, líneas y áreas que son patrones medibles que nos proporcionan las visiones adicionales de cómo funciona el paisaje (DeMers, 1999)". Para el manejo de este tipo de información y sus funcionalidades se requiere de un Sistema de Información Geográfica, dadas sus potencialidades orientadas hacia el manejo de datos georreferenciados tanto en su manipulación, actualización, conversión, almacenamiento, análisis mediante operaciones espaciales, visualización y divulgación. Estas son características que tiene la aplicación desarrollada.

Atendiendo las funcionalidades que ofrecen y los requerimientos identificados se obtuvo un producto robusto en su estructura (modelo de datos), capaz de realizar operaciones espaciales (implementación de funciones OGC - Open Geospatial Consortium- por sus siglas en inglés), facilidades en su manejo (interfaces enriquecidas) y de amplio alcance sin restricciones comerciales para su uso (software libre).

Modelo de datos

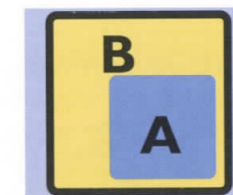
Almacena toda la definición de los modelos que son creados por los diferentes usuarios, permitiendo su reutilización o adecuación por parte de la comunidad

usuaria. Complementariamente contiene las estructuras físicas de la base de datos que permiten el manejo de usuarios y almacenamiento de la información geográfica.

Implementación de operaciones OGC

El planteamiento de los modelos utilizan únicamente formatos vector, lo que implica la disponibilidad de operaciones tales como overlay, buffering y otras operaciones básicas, similares. Estas son descritas bajo el término análisis espacial del Open Gis Consortium (OGC) "simple feature specifications". Entre las funcionalidades implementadas están:

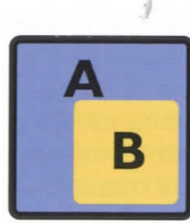
- Within:** Devuelve verdadero si la geometría A está completamente dentro de la geometría B, es decir, determina las geometrías que están dentro del polígono B.



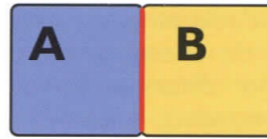
- Disjoint:** Devuelve verdadero si las geometrías A y B no se cruzan espacialmente (si no comparten un espacio juntas)



- c. **Contains:** Devuelve verdadero si y sólo si, no hay puntos de la geometría B que se encuentran en el exterior de la geometría A, y al menos un punto del interior de la geometría B se encuentra en la geometría A.



- g. **Touches:** Devuelve verdadero si la geometría A tiene al menos un punto en común de la geometría B, pero sus interiores no se intersectan.

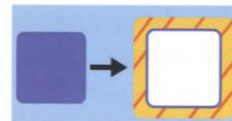


- d. **Equal:** Devuelve verdadero si la geometría A y B representan la misma geometría. La direccionalidad es ignorada.



También se pueden hacer operaciones que generan una nueva geometría, es decir, crea una nueva capa geográfica, bien como resultado final o como insumo para el siguiente paso dentro del diseño de un modelo de análisis; los análisis que se pueden hacer en esta primera versión de la aplicación son:

- a. **Buffer:** La operación buffer devuelve el objeto geométrico que contiene a todos los puntos que se encuentran dentro de una distancia igual o menor que se indica como parámetro.



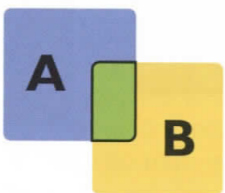
- e. **Intersect:** Devuelve verdadero si las geometrías A y B espacialmente se cruzan (comparte cualquier porción de espacio).



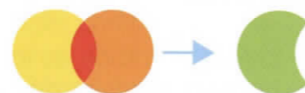
- b. **Unión:** Devuelve la geometría que representa la unión espacial de las geometrías involucradas.



- f. **Overlap:** Devuelve verdadero si la geometrías A y B comparten el mismo espacio, dimensión, pero no está completamente contenida.



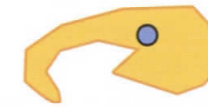
- c. **Difference:** Retorna parte de geometría que no se cruzan con la otra geometría.



- d. **Intersection:** Retorna una capa que representa la parte común entre dos geometrías.



- e. **Centroid:** Devuelve el centroide matemático del objeto geométrico. El punto resultante puede que no se encuentre sobre el objeto.



Aplicaciones enriquecidas

Las interfases son totalmente amigables con iconografía que le permite al usua-

rio ir identificando las diferentes funcionalidades y aprendiendo de su uso. La interfaz permite definir un modelo, sus pasos y finalmente la simulación del modelo. En las figuras 3, 4 y 5 se muestran algunas de las ventanas que se ofrecen para que el usuario realice los procedimientos de carga o edición de capas, diseño y aplicación de modelos de análisis SIG.

3.5 Visor geográfico

Con este módulo se pueden publicar y editar características de las capas y mapas que se tienen en el programa y aquellas que se vayan incluyendo como nuevas o las que se generen de los diversos análisis que se ejecuten. También posibilita la gestión de foros entre usuarios, publicación de noticias sobre temas relacionados.

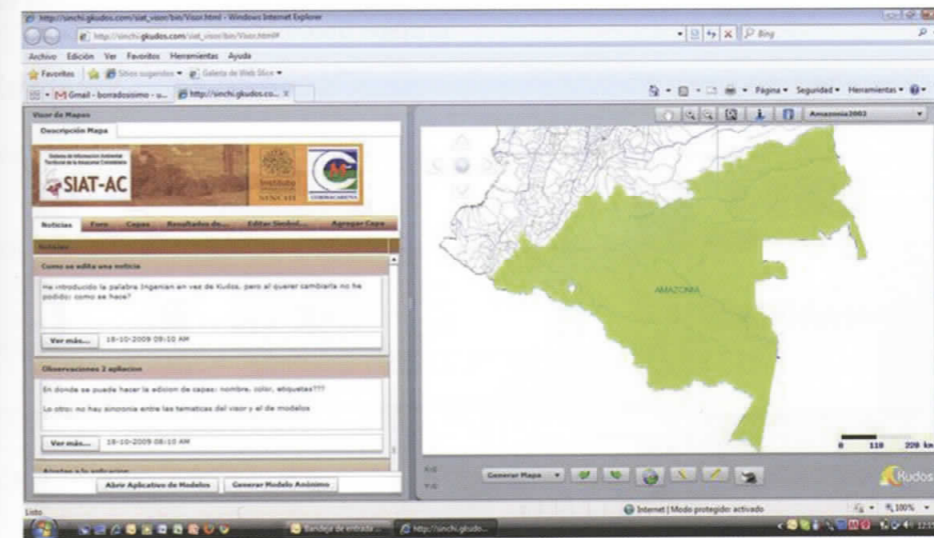


Figura 3. Ventana funcional del visor de capas geográficas.

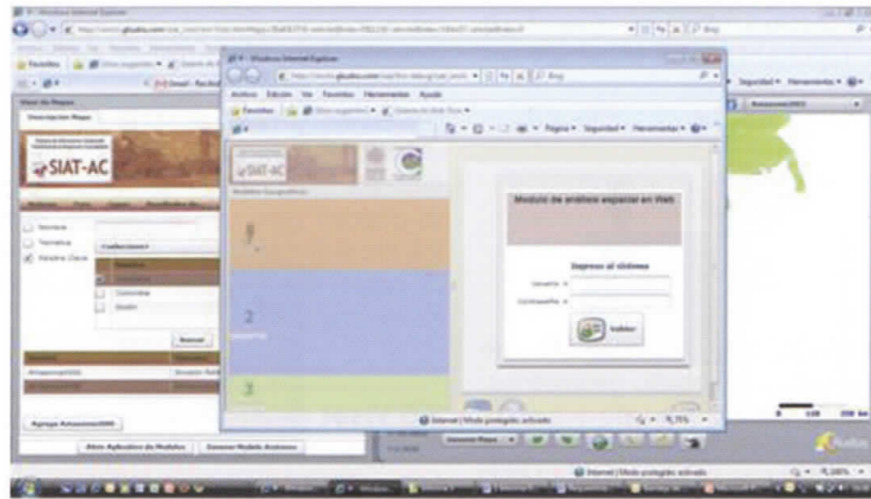
Fuente: Tomada de la aplicación.

Componente de modelamiento

A través de un gestor de usuarios (pueden ingresar desde usuario anónimo hasta un nivel de administrador) se accede al módulo del programa que per-

mite una serie de procedimientos, con los cuales se soporta el diseño de modelos de análisis geoespaciales típicos de los sistemas de información geográfica, como por ejemplo: Unión, intersección, sobreposición, áreas de influencia, vecindad, entre otros.

Figura 4. Ventana funcional del módulo de análisis SIG en web.



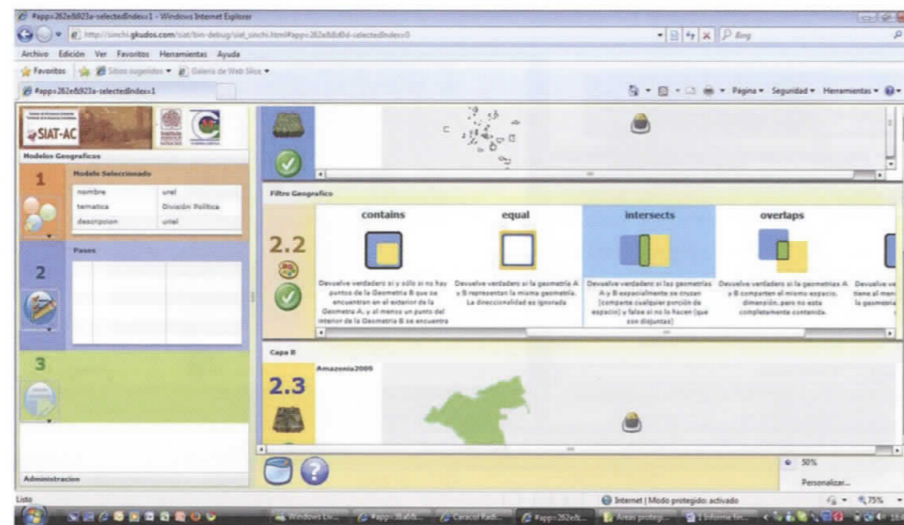
Fuente: Tomada de la aplicación.

Uso de plantillas de modelos existentes o construcción de modelos nuevos

Estos modelos se conciben con un procedimiento estándar para realizar ciertos análisis espaciales con énfasis temáticos, como por ejemplo: Deter-

minar los ecosistemas ubicados en un determinado municipio, que pueden ser afectados por la apertura de una nueva vía, en un área de influencia de 10 kilómetros desde el eje vial. Estas plantillas predefinen los pasos para que cualquier usuario pueda entrar y seguir paso a paso pero incluyendo sus propios datos.

Figura 5. Ventana funcional para el uso de modelos de análisis SIG en web



Fuente: Tomada de la aplicación.

Finalmente se destaca que el acceso a esta herramienta es libre, está disponible en Internet como parte del portal del Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana SIAT-AC el cual se puede localizar en: <http://siatac.siac.net.co>

Conclusiones

Se cuenta con una solución informática soportada en software libre, que permite a los usuarios en general y a otros con niveles de acceso, gestionar información georreferenciada de una mane-

ra sencilla pero con todo el respaldo y robustez de una aplicación bien concebida y bien desarrollada.

Este tipo de herramientas de uso público es un paso adelante de los SIG tradicionales, pues habilitan la posibilidad de incluir funcionalidad que permita generar nueva información, como producto de un planteamiento sistémico de pasos para la solución de un problema que involucran variables con componentes espaciales.

Este tipo de desarrollos se requieren para que soporten parte de los análisis de la información geoambiental, en un amplio número de entidades que no tienen acceso a software licenciado o no cuentan con los recursos para contratar especialista en el manejo de software especializado.

Con desarrollos como este que presenta el Instituto Sinchi para la Amazonía, con todo el respaldo técnico de Kudos Ltda., necesariamente debe provocar nuevas iniciativas similares conducentes a que el uso de la información geográfica ambiental se popularice a todos los estamentos de la sociedad colombiana, y a que las herramientas de geomática sean tomadas por la gran mayoría de la población sin necesidad de ser especialista en su utilización.

Hoy día, el SIAT-AC tiene una herramienta que contribuirá a la consolidación de uno de los componentes previstos como parte del sistema. Este componente debe brindar apoyo a los usuarios en la toma de decisiones sobre la base del análisis de información georreferenciada integrando en estos análisis el conocimiento que se tiene de la realidad local.

Referencias bibliográficas

ANDERSON, G. y Moreno, S. R. 2003. Building Web-Based Spatial Information Solutions around Open Specifications and Open Source Software Transactions in GIS.

BRIMICOMBE, A. 2003. GIS, Environmental Modelling and Engineering Reino Unido: Taylor y Francis.

DEMERS, M. N. 1999. Elementary Spatial Analysis. New York: John Wiley y Sons.

FOTHERINGHAM, S. y Wegener, M. 2001. Spatial Model and Gis. Reino Unido: Taylor y Francis.

LONGLEY P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. 2001. Geographic Information Systems and Science, New York: Jhon Wiley and Soon.

OGC. 2005. OpenGIS web services architecture description.

OGC. 1999. OpenGIS Simple Features Specification For SQL Revision 1.1.

SINCHI, 2009. Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana SIAT-AC. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá. <http://siatac.siac.net.co>

5

El monitoreo de la actividad solar

El monitoreo de la actividad solar

Cristian Alberto Góez Therán¹

Resumen

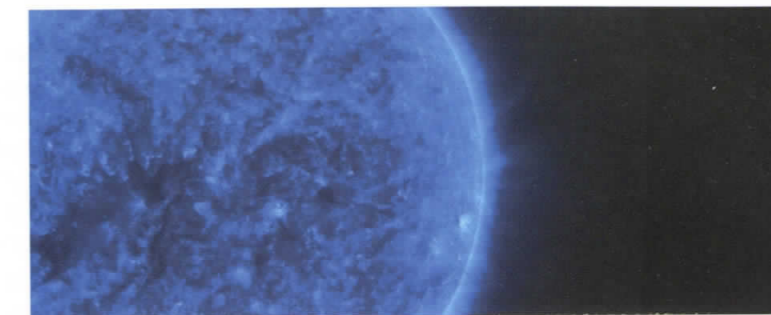
A lo largo de los últimos años se ha observado cómo la temperatura del aire ha variado significativamente. La presencia de temperatura del aire elevada y el cambio en las demás características relacionadas con la variación climática preocupan considerablemente a toda la comunidad. No tener presente el papel de la actividad solar en la variación del clima, mantiene desinformada a la comunidad académica y científica sobre cómo fenómenos naturales que ocurren a cientos de miles de kilómetros de la atmósfera terrestre, y que son parte esencial de las actividades diarias de los seres que habitan el planeta Tierra, pueden influir en acontecimientos como el aumento de cáncer de piel, derretimiento de glaciales, desarrollo de incendios forestales, etc. Se sabe que la actividad solar es el motor de calor que maneja la circulación de la atmósfera de la Tierra. Aun cuando durante mucho tiempo se la ha visto como una fuente constante de energía, las mediciones recientes de esta constante han demostrado

que la emisión base del Sol puede variar hasta dos décimas por ciento durante el ciclo solar de 11 años. Por lo tanto, es importante el estudio del ciclo solar, la presencia de manchas solares, el análisis solar a través del monitoreo en longitudes de ondas en el extremo ultravioleta, observaciones de las sondas espaciales de la Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio (NASA) – SOHO Y STEREO, análisis a los reportes del Observatorio Carl Sagan de la ciudad de Sonora en México D. F., ciclos solares con base en los datos del Royal Observatory of Belgium-Brussel, el análisis de las espículas, playas cromoféricas, hoyos coronales solares y las Emisiones de Masa Coronal.

Palabras clave:

Actividad solar, ciclo solar, circulación de la atmósfera de la Tierra, extremo ultravioleta, espículas, playas cromoféricas, hoyos coronales solares, Emisiones de Masa Coronal.

¹ crisgote2005@hotmail.com



Abstract

Over recent years, has observed how the air temperature has changed significantly. The presence of high air temperature and changing other characteristics related to climatic variation very concerned about the entire community. Not having in mind the role of solar activity on climate change, remains uninformed of the academic and scientific community about natural phenomena that occur hundreds of miles of Earth's atmosphere and are an essential part of daily activities beings inhabiting the planet Earth, can influence events such as increased skin cancer, melting of glaciers, development of forest fires. It is known that solar activity is the heat engine that handles the movement of the Earth's atmosphere. Although it long has been a constant source of energy, recent measurements of this constant have shown that the basic issue of the Sun can vary by up to two

tenths percent during the 11-year solar cycle. Therefore it is important to study the solar cycle, the presence of sunspots, solar analysis through monitoring at wavelengths in the extreme ultraviolet observations from space probes of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) -- SOHO and STEREO, analysis reports of Carl Sagan Center of the City of Sonora in Mexico City, solar cycles based on data from the Royal Observatory of Belgium-Brussel, analysis of the spicules, cromoféricas beaches, sun and coronal holes Coronal mass emissions.

Key words:

Solar activity, solar cycle, movement of the Earth's atmosphere, extreme ultraviolet, spicules, beaches cromoféricas, solar coronal holes, coronal mass emissions.

Introducción

A lo largo de los últimos años se ha observado cómo la temperatura del aire ha variado significativamente. La presencia de temperatura del aire elevada y el cambio en las demás características relacionadas con la variación climática preocupan considerablemente a toda la comunidad. El no tener presente el papel de la actividad solar en la variación del clima, mantiene desinformada a la comunidad académica y científica sobre cómo fenómenos naturales que ocurren a cientos de miles de kilómetros de la atmósfera terrestre, y que son parte esencial de las actividades diarias de los seres que habitan el planeta Tierra, pueden influir en acontecimientos como el aumento de cáncer de piel, derretimiento de glaciales, desarrollo de incendios forestales y otros sucesos que han venido acrecentándose en las últimas décadas. Si no se tienen claros los efectos de la presencia de manchas solares y la actividad solar en el planeta tierra, se puede o no asumir un buen conocimiento de los factores a tener en cuenta en el estudio del clima de una región determinada.

Se sabe que la actividad solar es el motor de calor que maneja la circulación de la atmósfera de la Tierra. Aun cuando durante mucho tiempo se la ha visto como una fuente constante de energía, las mediciones recientes de esta constante han demostrado que la emisión base del Sol puede variar hasta dos décimas por ciento durante el ciclo solar de 11 años. Lo anterior crea la necesidad de estudiar la actividad solar (manchas solares, explosiones de masa coronal, playas cromoféricas), con el fin

de encontrar su influencia en la variación del clima del planeta Tierra. Es importante tener en cuenta el ciclo solar, la presencia de manchas solares, para evaluar estadísticamente la variabilidad de la temperatura media del aire, de los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire, la precipitación y el brillo solar en un determinado lugar. La información para el análisis se obtendrá de las sondas espaciales de la Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio (NASA), reportes del Observatorio Carl Sagan de la ciudad Sonora en México D.F, además, base de datos del Royal Observatory of Belgium-Brussels referentes a cantidad anual, mensual y diarias de manchas solares.

A nivel mundial existen investigaciones realizadas enfocadas a la búsqueda de relación de abundancia de manchas solares con las fuertes lluvias en el África oriental (American Geophysical Union, 2007). En dicha investigación, se revelaron las correlaciones entre manchas solares y períodos de intensas lluvias en África, manifestadas en intensas precipitaciones que a menudo acarrear inundaciones y brotes de enfermedades. El análisis fue realizado por un equipo de investigadores americanos y británicos que logró mostrar que las precipitaciones inusualmente intensas en África oriental durante el siglo pasado precedieron a picos de actividad de manchas solares en alrededor de un año. Este hecho es de suma importancia, ya que debido a que los períodos de picos de actividad de manchas, conocidos como máximos solares, son predecibles, también lo son las intensas lluvias asociadas que les preceden (American Geophysical Union, 2007).

Abstract

Over recent years, has observed how the air temperature has changed significantly. The presence of high air temperature and changing other characteristics related to climatic variation very concerned about the entire community. Not having in mind the role of solar activity on climate change, remains uninformed of the academic and scientific community about natural phenomena that occur hundreds of miles of Earth's atmosphere and are an essential part of daily activities beings inhabiting the planet Earth, can influence events such as increased skin cancer, melting of glaciers, development of forest fires. It is known that solar activity is the heat engine that handles the movement of the Earth's atmosphere. Although it long has been a constant source of energy, recent measurements of this constant have shown that the basic issue of the Sun can vary by up to two

tenths percent during the 11-year solar cycle. Therefore it is important to study the solar cycle, the presence of sunspots, solar analysis through monitoring at wavelengths in the extreme ultraviolet observations from space probes of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) -- SOHO and STEREO, analysis reports of Carl Sagan Center of the City of Sonora in Mexico City, solar cycles based on data from the Royal Observatory of Belgium-Brussel, analysis of the spicules, cromoféricas beaches, sun and coronal holes Coronal mass emissions.

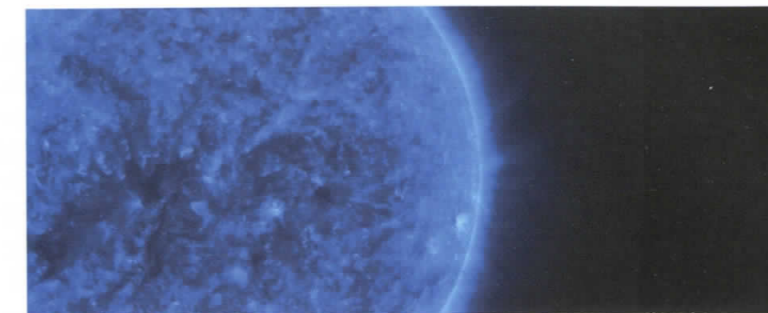
Key words:

Solar activity, solar cycle, movement of the Earth's atmosphere, extreme ultraviolet, spicules, beaches cromoféricas, solar coronal holes, coronal mass emissions.

Introducción

A lo largo de los últimos años se ha observado cómo la temperatura del aire ha variado significativamente. La presencia de temperatura del aire elevada y el cambio en las demás características relacionadas con la variación climática preocupan considerablemente a toda la comunidad. El no tener presente el papel de la actividad solar en la variación del clima, mantiene desinformada a la comunidad académica y científica sobre cómo fenómenos naturales que ocurren a cientos de miles de kilómetros de la atmósfera terrestre, y que son parte esencial de las actividades diarias de los seres que habitan el planeta Tierra, pueden influir en acontecimientos como el aumento de cáncer de piel, derretimiento de glaciares, desarrollo de incendios forestales y otros sucesos que han venido acrecentándose en las últimas décadas. Si no se tienen claros los efectos de la presencia de manchas solares y la actividad solar en el planeta tierra, se puede o no asumir un buen conocimiento de los factores a tener en cuenta en el estudio del clima de una región determinada.

Se sabe que la actividad solar es el motor de calor que maneja la circulación de la atmósfera de la Tierra. Aun cuando durante mucho tiempo se la ha visto como una fuente constante de energía, las mediciones recientes de esta constante han demostrado que la emisión base del Sol puede variar hasta dos décimas por ciento durante el ciclo solar de 11 años. Lo anterior crea la necesidad de estudiar la actividad solar (manchas solares, explosiones de masa coronal, playas cromoféricas), con el fin



de encontrar su influencia en la variación del clima del planeta Tierra. Es importante tener en cuenta el ciclo solar, la presencia de manchas solares, para evaluar estadísticamente la variabilidad de la temperatura media del aire, de los valores mínimos y máximos de la temperatura del aire, la precipitación y el brillo solar en un determinado lugar. La información para el análisis se obtendrá de las sondas espaciales de la Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio (NASA), reportes del Observatorio Carl Sagan de la ciudad Sonora en México D.F, además, base de datos del Royal Observatory of Belgium-Brussels referentes a cantidad anual, mensual y diarias de manchas solares.

A nivel mundial existen investigaciones realizadas enfocadas a la búsqueda de relación de abundancia de manchas solares con las fuertes lluvias en el África oriental (American Geophysical Union, 2007). En dicha investigación, se revelaron las correlaciones entre manchas solares y períodos de intensas lluvias en África, manifestadas en intensas precipitaciones que a menudo acarrear inundaciones y brotes de enfermedades. El análisis fue realizado por un equipo de investigadores americanos y británicos que logró mostrar que las precipitaciones inusualmente intensas en África oriental durante el siglo pasado precedieron a picos de actividad de manchas solares en alrededor de un año. Este hecho es de suma importancia, ya que debido a que los períodos de picos de actividad de manchas, conocidos como máximos solares, son predecibles, también lo son las intensas lluvias asociadas que les preceden (American Geophysical Union, 2007).

Al confeccionar un modelo de la actividad magnética solar (Baker, 2001) se descubrió que las lluvias aumentaban en períodos de actividad alta, y que se producían sequías cuando el Sol se mantenía estable. Esto sugería que las fluctuaciones impactaban en la atmósfera superior, lo que a su vez se reflejaba en cambios del Índice de Oscilación Austral (SOI), en la medida de la presión del aire sobre el Océano Pacífico que se utiliza como un indicador confiable de las sequías e inundaciones.

También se ha estudiado que la luminosidad del Sol puede variar demasiado poco como para ser responsable de las grandes variaciones en el clima. Se ha observado, a partir de compilaciones de datos de satélites meteorológicos, que la nubosidad varía en relación con el número de partículas atómicas que llegan desde las estrellas que explotan. Entre más rayos cósmicos (partículas de alta energía) hayan, habrán más nubes. El campo magnético del Sol rechaza muchos de esos rayos cósmicos, y su intensificación durante el siglo XX significó menos rayos cósmicos, menos nubes, y un mundo más cálido (Svensmark, 2004).

El único problema con la idea, es que los meteorólogos negaban que los rayos cósmicos pudieran estar involucrados con la formación de nubes. Después de muchas dificultades para conseguir los fondos para un experimento, el Centro Espacial Nacional Danés obtuvo en 2005 un éxito total. En una caja de aire en un sótano pudieron demostrar que los electrones liberados por los rayos cósmicos que atravesaban el techo unían gotitas de ácido sulfúrico y de agua. Estos son los bloques constitutivos de la condensación de nubes. (Svensmark, 2004).

Ahora bien, las diversas investigaciones muestran que las nubes bajas cubren más de un cuarto de la Tierra y ejercen un fuerte efecto de enfriamiento en la superficie. El 2% de cambio en la cantidad de nubes bajas durante un ciclo

solar variaría el ingreso de calor a la superficie de la Tierra en una cantidad casi igual al efecto de invernadero de todo el dióxido de carbono adicional introducido en la atmósfera desde la Revolución Industrial (Mitchell y Hulme, 2001). Las investigaciones realizadas con la utilización de varios métodos de medición concuerdan en que en el siglo XX hubo una reducción pronunciada de los rayos cósmicos, de tal modo que los flujos máximos hacia fines del siglo eran similares a los mínimos observados alrededor de 1900. Esto estaba en concordancia con el descubrimiento de que el campo magnético auroral del Sol duplicó su fuerza durante el siglo XX. Aquí habría entonces una evidencia, para sospechar que buena parte del calentamiento del mundo durante el siglo XX podría deberse a la reducción de los rayos cósmicos y, por lo tanto, a una disminución de la cubierta de nubes. (Mitchell y Hulme, 2001).

Con el fin de analizar los ciclos solares recientes para prever el futuro, el equipo de la National Center for Atmospheric Research (NCAR) y de la Universidad de Pennsylvania, usaron un modelo informático de la termosfera que incorpora tanto los ciclos solares como el incremento gradual de dióxido de carbono atmosférico derivado de las actividades humanas (artículo de la revista *Tendencia 21*, revista electrónica de ciencia, tecnología, sociedad y cultura). El equipo también utilizó una predicción para el próximo ciclo solar (Mausumi Dikpati, 2006), que señalaba que habrá un ciclo solar más fuerte de lo normal en la próxima década. Los resultados señalaron que la reducción de la densidad en la termosfera sería de tres a cuatro veces más rápida durante la actividad solar mínima que durante la máxima. Muchos satélites, incluido el de la Estación Espacial Internacional y el telescopio espacial Hubble, siguen una órbita baja alrededor de la Tierra, de unos 480 kilómetros de altura. Con el tiempo, las capas altas de la atmósfera atraen a los satélites más cerca de la Tierra. La fuerza de dicha atracción depende de la

densidad de la termosfera, por lo que es necesario conocer con mayor precisión los cambios que se producen en su interior. Si la densidad de la termosfera se reduce, se puede ver modificado el tiempo de vida de los satélites. Al no ser atraídos con tanta fuerza hacia las capas más bajas de la atmósfera por la falta de densidad en la termosfera, podría ser que alrededor del planeta orbitara durante mucho más tiempo mayor cantidad de la llamada "chatarra espacial": Satélites obsoletos, globos sonda. En 45 años, alrededor de 7.500 objetos mayores que una naranja podrían girar alrededor del planeta a una velocidad de unos 28.000 kilómetros por hora. Desde los inicios de la era espacial se sabía de estos cambios en la densidad de la termosfera, ahora se pueden además definir utilizando los modelos NCAR. National Center for Atmospheric Research, NCAR. 2006.

En Colombia, sobre estos temas no se ha estudiado específicamente, pero se han unido esfuerzos para la realización de un atlas de la radiación solar de Colombia, entre el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, y la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, para lo cual aportaron sus recursos técnicos y administrativos en el 2002 (Atlas de radiación solar de Colombia. 2002). La información meteorológica (radiación solar, brillo solar, temperatura del aire, humedad relativa) fue medida por el IDEAM como institución encargada del registro de estas variables y de la vigilancia del medio ambiente en el orden nacional. Igualmente, el IDEAM recopiló información proveniente de instituciones de carácter privado como CENICAFÉ y CENICANA, que disponen de redes meteorológicas propias para sus investigaciones en café y caña de azúcar, respectivamente.

Existe una clara relación entre el número variable de manchas solares y la intensidad del flujo de radiación solar que incide en la Tierra. En la actualidad ese

flujo es de unos 1.370 W/m² en un plano de intercepción perpendicular situado en el tope superior de la atmósfera terrestre ("insolación solar total", también llamada tradicionalmente "constante solar"), y oscila aproximadamente en 1,2 W/m² entre el máximo y el mínimo del ciclo (Baliunas & Jastrow, 1990). La radiación solar incidente en la Tierra ha cambiado ligeramente a lo largo del último milenio. Según la evolución del número de manchas solares y de la actividad solar, deducida de la concentración del carbono-14 en la madera de los anillos de árboles y del berilio-10 en los sondeos de los hielos, han existido diversos períodos excepcionales de debilidad. Son los períodos de Wolf (hacia el año 1300), Sporer (hacia el año 1500), Maunder (entre 1645 y 1715) y Dalton (hacia 1800). Probablemente fueron precedidos por un período de máxima actividad solar, el Máximo Solar Medieval (entre el 150 y el 1250), semejante para algunos autores a un Máximo Solar Contemporáneo (Lean J., 2000). De los períodos citados, el más anómalo y mejor conocido es el ocurrido entre 1645 y 1715, llamado Mínimo de Maunder. Durante su transcurso las manchas casi desaparecieron por completo. J. Picard, del Observatorio de París, escribía un día de 1671 que le hacía feliz haber descubierto una mancha, ya que llevaba diez años auscultando el Sol cuidadosamente sin haber visto ninguna. Aquellos años coincidieron, por lo menos en Europa, con algunos inviernos muy crudos, como el de 1694-1695, durante el cual, según tres diferentes escritores de diarios particulares, el Támesis permaneció helado durante varias semanas (Wuebbles, 1998). Se ha calculado que la "constante solar" durante el Mínimo de Maunder era unos 3,5 W/m² menor que la actual, es decir, un 0,24% más baja. El enfriamiento global provocado por esta disminución de insolación, sería en la superficie terrestre de entre 0,2 y 0,6 °C., pero en algunas regiones el enfriamiento parece que fue mayor: Entre 1 °C y 2 °C. (Baliunas y Jastrow, 1990).

Materiales y métodos

Es importante resaltar que la metodología que se lleva a cabo para el análisis de anomalías y la climatología es con base en el cálculo de anomalías de las Temperaturas Máximas, Mínimas, Medias, Precipitaciones, Brillo Solar y Manchas Solares para un período determinado en años, ya que estas constituyen la materia prima para el estudio. Es necesario hallar inicialmente la climatología de cada una de las variables, lo cual se haría promediando meses correspondientes. Se deben hacer análisis espectrales de todas las series de anomalías de las distintas variables, determinar cuáles son las periodicidades más significativas presentes en cada una de las series de anomalías, y compararlas entre sí, de manera que sea posible identificar procesos comunes, ya que cada periodicidad representa a un posible proceso natural determinado (Humphreys, 1929; Walker, 1931; Ward y Shapiro, 1961). Se debe aplicar análisis de densidad espectral, identificar las frecuencias (o períodos) más significativos. Como esta densidad espectral se encuentra normalizada, el área debajo de ella siempre suma la unidad, lo cual permite comparar más fácilmente las densidades espectrales de distintas variables.

El planteamiento matemático de las series de tiempo, tendencia, estacionalidad, componentes aleatorias, ruidos (blanco, rojo), anomalía, análisis espectral, frecuencia, autocorrelación, correlación, filtros y de otros, no se muestra debido a su extensión. Aquí se comenta cómo estos conceptos son utilizados en el estudio de series de tiempo de parámetros hidrometeorológicos, los cuales serán el fundamento de la presente investigación. Los planteamientos matemáticos de los conceptos en mención se pueden encontrar en cualquier literatura de estadística aplicada.

El análisis de series de tiempo es un tema específico de la estadística. Las metas de este análisis pueden ser di-

ferentes: La descripción del comportamiento de la serie, la predicción de ese comportamiento, la investigación del mecanismo generador de la serie temporal, entre otros.

Para una serie de tiempo, el modelo clásico puede ser expresado como suma o producto de componentes, los cuales pueden ser captados visualmente por medio de la graficación de la serie de tiempo, como primer paso para su análisis. Una serie puede ser representada entonces como una combinación de cuatro componentes: La tendencia; el ciclo de oscilaciones casi regulares alrededor de la tendencia; la componente estacional y el residuo o el efecto casual.

Para posibilitar el estudio de cada componente por separado, es necesario descomponer una serie. Esto se realiza mediante la "eliminación" de cada componente, dejando sólo aquella o aquellas que se requieren para el análisis.

Por ejemplo, para ver el ciclo, es necesario eliminar la tendencia de la serie, es decir, encontrar la diferencia entre los valores iniciales de la serie y su tendencia. Para obtener el ciclo puro, es necesario utilizar la tendencia con un punto de intersección, o sea la línea de desplazamiento medio. En este caso, la nueva serie o serie "suavizada" se presenta como un modelo, en el cual la componente casual se "suaviza" junto con la componente estacional. De aquí, se tiene un ciclo en forma pura después de eliminar la tendencia.

La determinación de las oscilaciones estacionales se puede hacer cuando las series de tiempo no tienen oscilaciones cíclicas claras, o cuando estas últimas fueron eliminadas por medio de filtración. La componente casual se determina con la diferencia entre la serie inicial y el modelo de la serie suavizada (Druzinin y Sikan, 2001).

Dentro de análisis de series de tiempo es importante también conocer las anomalías de las series investigadas. El cál-

culo de la anomalía permite determinar las fluctuaciones que representan a los procesos anómalos existentes en una serie. El método de "deslizamiento" se utiliza para identificar el período más aceptable de una serie de tiempo por medio del cual se presentan los picos más representativos de un proceso natural investigado. El deslizamiento se refiere al aumento, disminución o cambio del período (rezago en días, meses o años) que se realiza experimentalmente para el análisis.

También es importante en estos casos el análisis de autocorrelación. Mediante el conocimiento de la función de autocorrelación de una serie, es posible resolver los siguientes problemas: Identificar períodos escondidos; calcular los valores de la densidad espectral; valorar la potencia de relación de la serie; pronosticar a largo plazo, etc.

La función de autocorrelación muestra en un proceso determinado la dependencia lineal entre los valores de este proceso en un momento dado y los valores anteriores a él, diferenciando los desplazamientos utilizados de la misma serie estudiada. De esta manera, la función de autocorrelación caracteriza la estructura interior de la serie, es decir, del proceso estudiado, y su dinámica a través del tiempo. El coeficiente de autocorrelación es entonces el coeficiente de correlación entre los valores de la serie de estudio con algún desplazamiento.

En hidrometeorología, para el estudio de las series de tiempo se requiere del análisis espectral. La idea del espectro se utiliza ampliamente para la determinación de períodos escondidos de la serie de tiempo; para la investigación de las leyes de la estructura de frecuencias; para la modelación y para pronósticos de los procesos.

El análisis espectral es uno de los más importantes métodos de análisis de las observaciones hidrometeorológicas, el cual

permite dividir a una serie de tiempo de un fenómeno investigado en diferentes componentes de frecuencia (espectro) que muestran cuál es el aporte de las oscilaciones con diferentes frecuencias en la energía general de generación del proceso (Vainovsky y Malinin, 1991).

El análisis espectral se utiliza para dar respuesta a muchos problemas prácticos:

- El espectro ayuda a entender las causas físicas, que forman cambios de los parámetros hidrometeorológicos a través del tiempo. Muestra los períodos de las oscilaciones, el aporte que estas hacen en la energía del proceso, el cual puede ser significativo o no, y también permite explicar la naturaleza de su formación.
- Los valores máximos y mínimos más significativos del espectro son importantes para los pronósticos.
- La distancia espectral puede decir cuál debe ser la frecuencia de observación necesaria para la determinación de los cambios de un parámetro y el error que puede tener si el equipo funciona lentamente.
- También para la determinación de la periodicidad de las señales y de los errores escondidos.

Un parámetro importante del análisis espectral es la función de frecuencia. Esta se relaciona con la función de autocovariación contraria de la serie de Fourier y se conoce como densidad espectral. Su significado físico es ser una función casual de la dispersión sobre una determinada frecuencia. Repartiendo la dispersión general del proceso en componentes separados, correspondientes a las frecuencias identificadas y a sus valores, se obtiene la esencia del análisis espectral (StaSoft, 1999; Druzinin y Sikan, 2001).

En la hidrometeorología frecuentemente se utiliza la densidad espectral normalizada. En muchos casos la autocorrelación de los procesos oceano-atmosféricos reales es muy difícil de aproximar exactamente. La función espectral calculada de las series de observación, por lo general, tiene muchos picos (oscilaciones extremas) de los cuales algunos son casuales y deben ser expulsados del análisis. Como primera aproximación para valorar los parámetros de densidad espectral se utiliza el método de Tyuky (Emery W. y R. Thomson, 2001). Para una serie escogida casualmente (al azar), la distribución de valoración de los espectros escogidos por la relación con el espectro de una distribución general, respectivamente, debe corresponder a una distribución específica, dividida por el valor de una potencia del grado de libertad.

La gran diversidad de los cambios de los procesos océano-atmosféricos en el tiempo presentan cambios de procesos determinados y cambios de procesos casuales de tipo "ruido blanco". El proceso del tipo "ruido blanco" se caracteriza con la dispersión, la cual surge de la influencia de las oscilaciones no periódicas, que no contienen entre sí oscilaciones escondidas en sus leyes.

La función espectral del proceso de ruido blanco tiene la forma de una línea horizontal, que corresponde a la constancia de la dispersión de oscilaciones en todas las frecuencias. Muchas características oceanológicas contienen en sus cambios componentes de tendencias, la función de autocovariación se presenta como exponente y la función espectral como una curva que se amortigua con el aumento de la frecuencia de las oscilaciones. A esto se lo conoce como espectro de "ruido rojo" (Vainovsky y Malinin, 1991; StatSoft, 1999; Druzinin y Sikan, 2001).

Otro paso dentro del tratamiento de las series de tiempo tiene que ver con la aplicación de filtros que permiten

extraer las componentes del espectro de una señal o de una frecuencia determinada. Existen diferentes filtros, entre los cuales, el más utilizado para los procesos hidrometeorológicos es el filtro de Butterworth. Los filtros de Butterworth estiman la señal cíclica de una serie temporal. Los filtros de Butterworth permiten tanto la determinación de tendencias a largo plazo con filtros de paso bajo, como la extracción directa de una señal cíclica mediante el filtro de paso en banda. El filtro de paso en banda permite el paso de un rango medio de frecuencias definido entre una frecuencia de corte inferior y una frecuencia de corte superior.

Los filtros de Butterworth pueden ser interpretados como un prior que el analista aplica a la serie que desea procesar, de manera que refleja explícita y cuantitativamente sus consideraciones extramuestrales acerca de la señal que pretende estimar. En particular, en el caso del ciclo natural, las consideraciones a priori que el analista tiene sobre este fenómeno se limitan a establecer un prior uniforme sobre una banda de frecuencias (por ejemplo, oscilaciones entre 2 y 7 años) y a postular el carácter estacionario del fenómeno cíclico, en el sentido de que la serie filtrada esté libre de componentes no estacionarios como la tendencia y la estacionalidad (Emery W. y R. Thomson, 2001).

Dentro del análisis de serie de tiempo también es muy importante el análisis correlacional para la determinación de las posibles relaciones entre las series estudiadas. La correlación se presenta prácticamente como una medida de dependencia entre variables. La correlación lineal mide la elevación de dependencias lineales entre variables. La correlación simple lineal supone que dos variables estudiadas son medidas por lo menos en una escala de intervalos. El coeficiente de correlación determina el grado (nivel), con el cual los valores de estas dos variables son "proporcionales" una a otra.

por medio de la aplicación de estos conceptos estadísticos, se hace posible encontrar la influencia o dependencia entre los fenómenos a estudiar en la presente investigación y la forma en que estos se relacionan entre sí.

Resultados y discusión

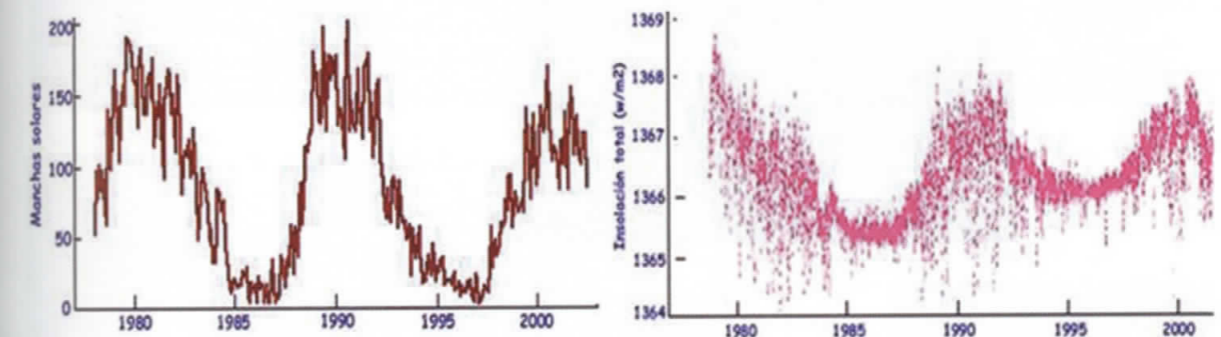
Para entender los procesos solares es de suma importancia comprender el com-

portamiento de la actividad solar a lo largo del tiempo.

En la figura 1, en el lado izquierdo, describe el número de manchas presentes en los ciclos solares 21, 22 y 23. En el eje de las X apreciamos los años correspondientes a los ciclos solares mencionados, mientras que en el eje Y se muestran el número de manchas solares presentes. La figura del lado derecho, nos muestra en el eje Y la insolación recibida en los ciclos 21, 22 y 23.

Figura 1. Secular total irradiante trend during solar cycles 21-23.

Fuente: Wilson y Mordvinov, 2003.



En las figuras 2 y 3 se puede apreciar a través de una imagen artística la interacción de los electrones, protones e iones pesados que viajan a grandes velocidades, provenientes de una tormenta solar con el planeta Tierra. por medio de un instrumento llamado COSTEP, colocado en la sonda SOHO de la NASA, los científicos pretenden tener más conocimiento acerca de estos sucesos solares y poder predecirlos con anticipación.

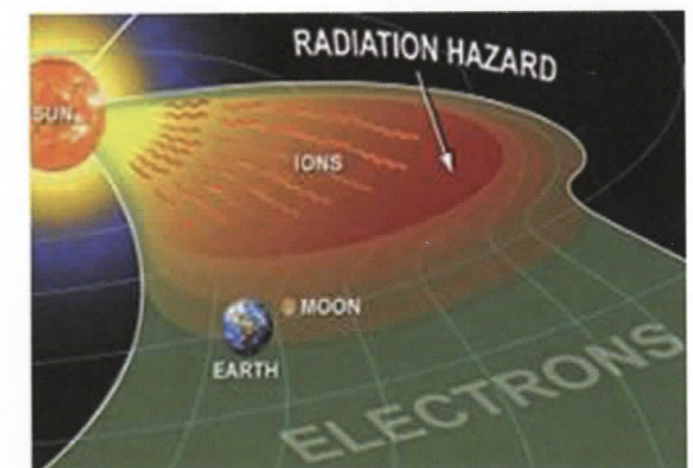
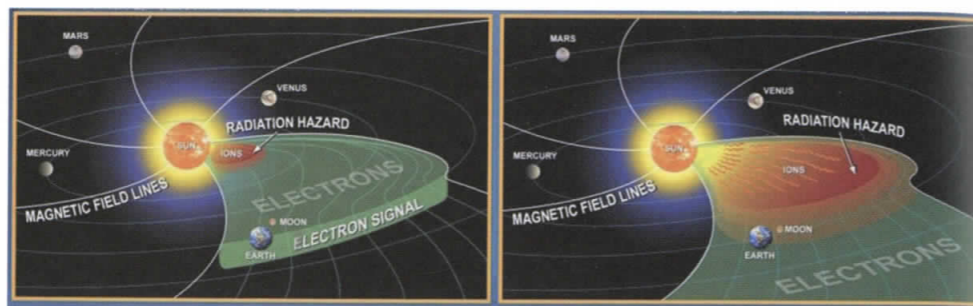


Figura 2. Tormentas solares.

Fuente: Phillips, 2007.

Figura 3. Imagen artística que muestra la actividad solar alcanzando la Tierra. Electrones rápidos y los iones lentos siguen las líneas magnéticas.
Fuente: Phillips, 2007



En la imagen siguiente, se muestra el monitoreo de un ciclo solar de 11 años. Es fácil notar las variaciones en el sol a lo largo de este período:

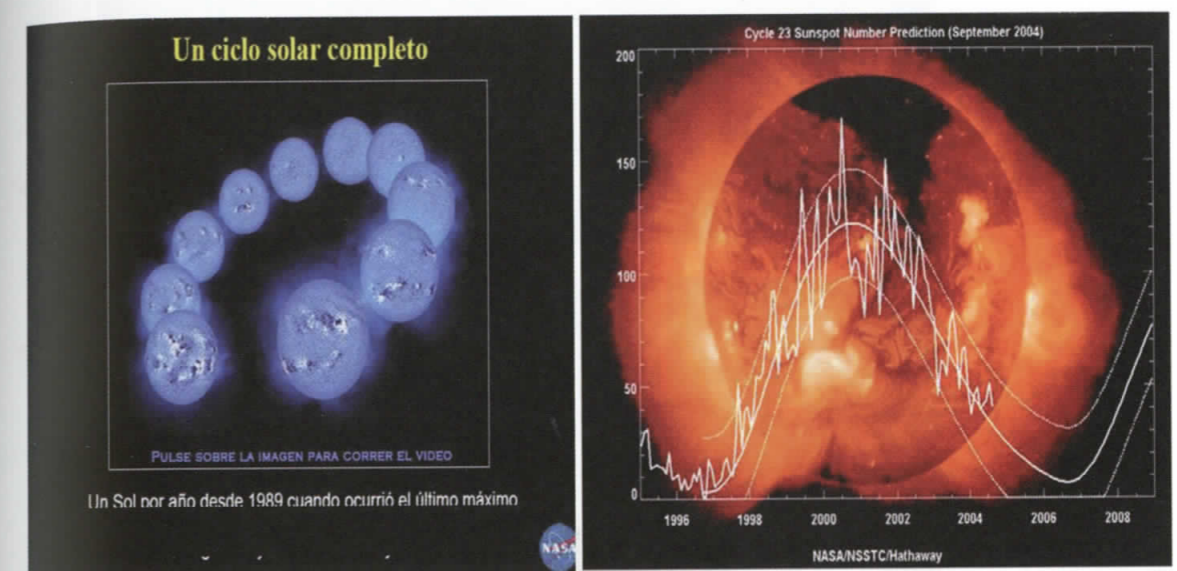
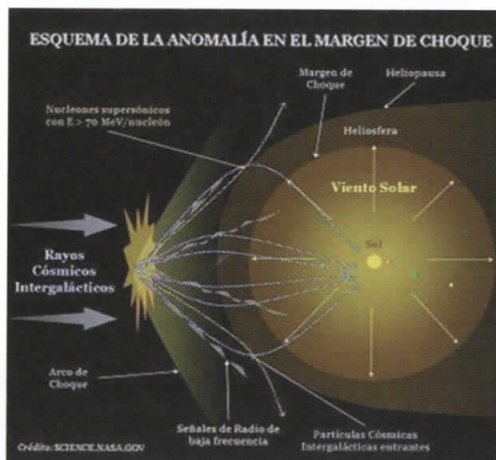


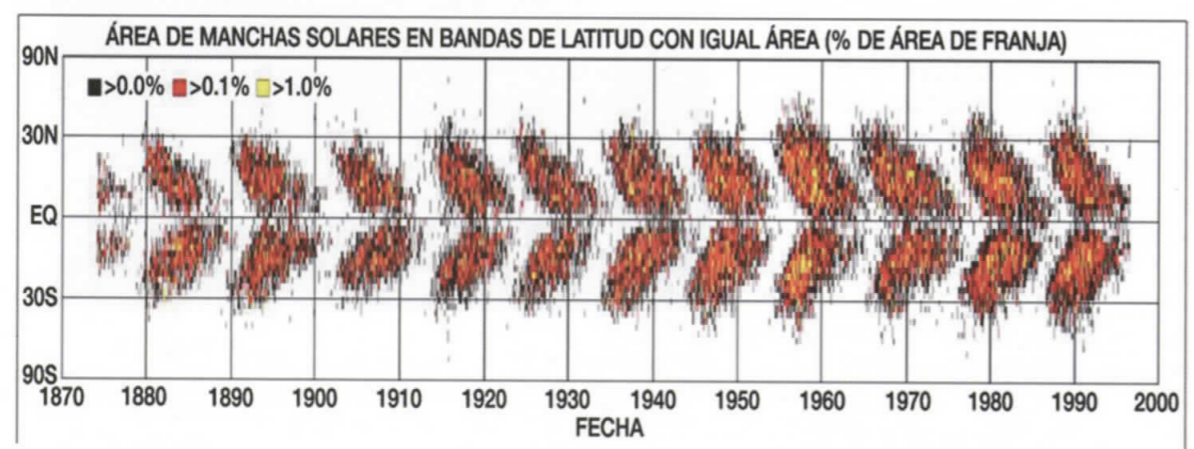
Figura 4. Rayos Cósmicos y "Calentamiento Global". Fuentes: E. C. Stone Voyager 1 Explores the Termination Shock Region and the Heliosheat Beyond



En la figura 4 se puede apreciar la interacción de los rayos cósmicos con los cuerpos del espacio. Algunas de las causas del calentamiento global se sugieren a la interacción de estas partículas con la Tierra, sus atmósferas y los componentes que la conforman.

En la siguiente imagen se muestra Mínimo de Maunder, el cual consiste en lapso de tiempo entre 1645 y 1715, durante el cual el número de manchas solares fue particularmente bajo, a veces no existiendo registro de mancha alguna por varios años, mientras que en 1611 se registraban normalmente 30, 40 o más manchas y un período

de actividad corresponde a más de 100 manchas solares. Este período coincide con la "mini-era glacial" de los siglos XV a XVII, durante la cual las temperaturas en Europa fueron notablemente bajas. Curiosamente, el mínimo de Maunder también coincide con el reinado completo de Luis XIV de Francia, el "Rey Sol".



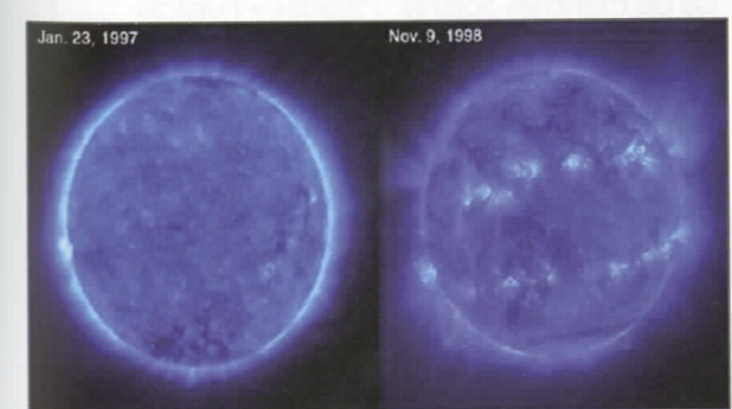
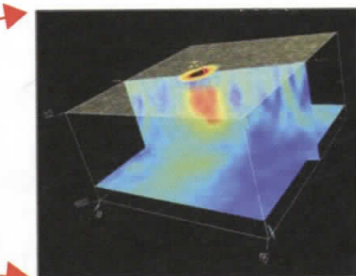
Manchas solares

Esta imagen muestra un grupo de manchas solares

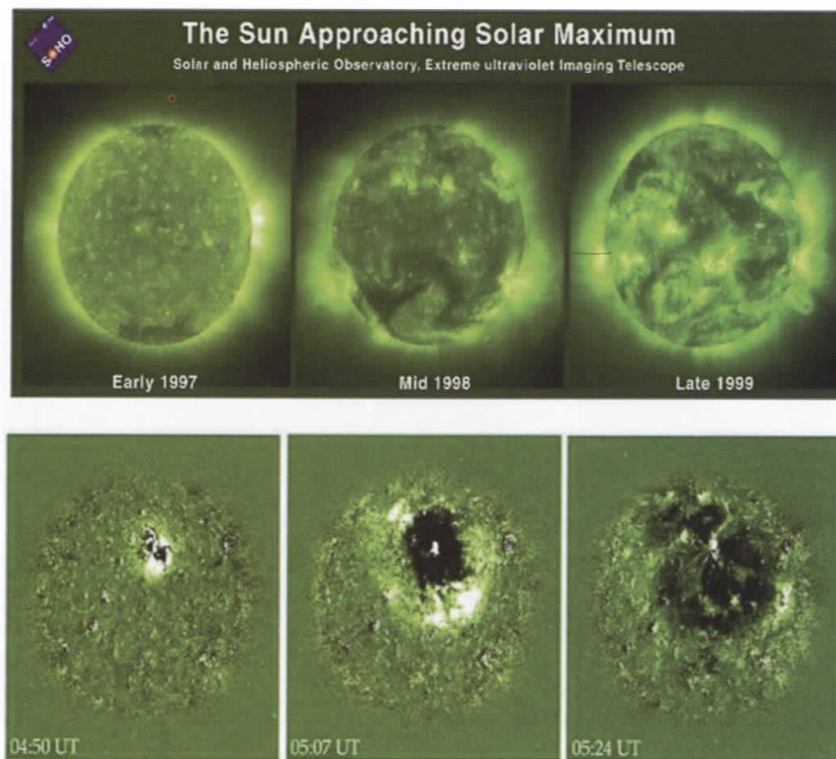
- Una mancha solar es una región oscura y más fría sobre la superficie solar.
- Las manchas solares persisten desde varias horas hasta varios meses.
- Las manchas solares son ocasionadas por una concentración en el Sol de líneas de campo magnético.

Ampliación de la mancha solar

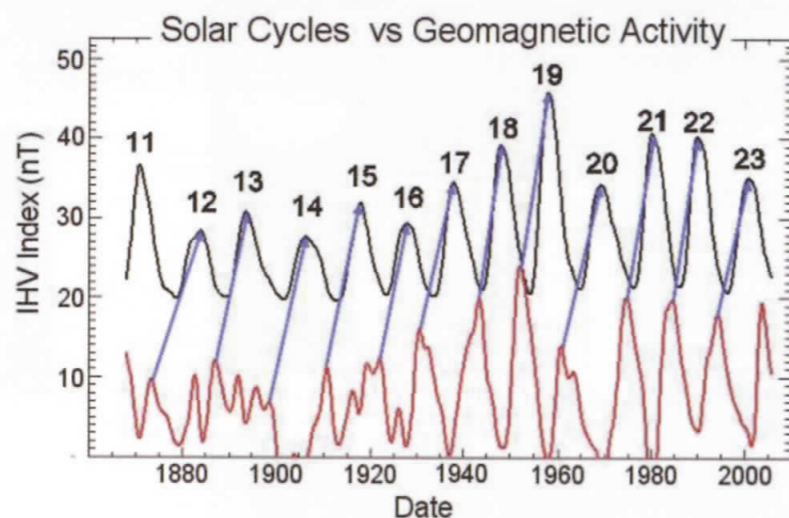
Aspecto de manchas solares como características primordiales del pronóstico en la medición y de la actividad solar:



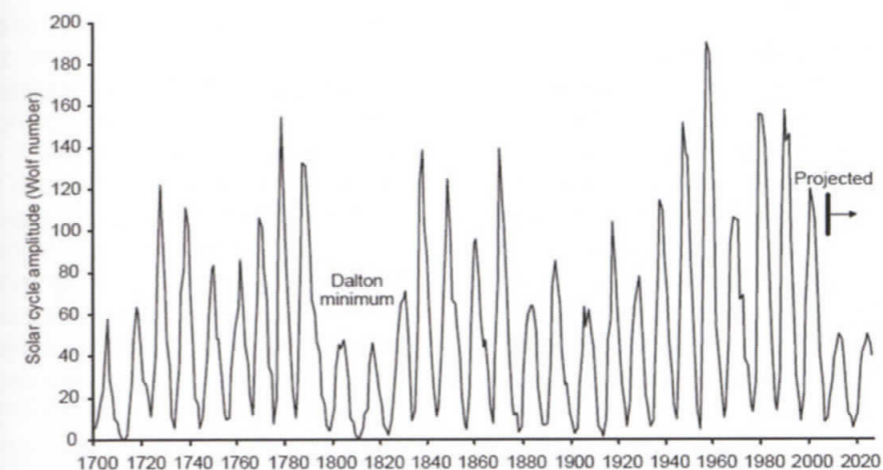
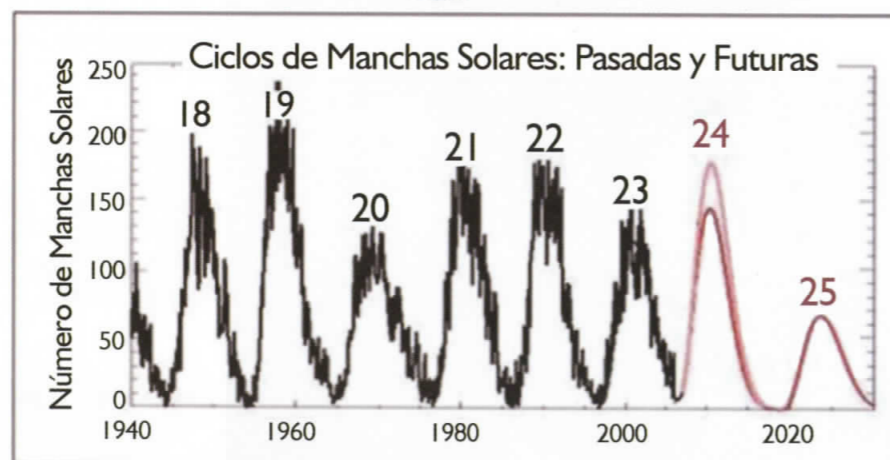
Variaciones en la actividad solar



Ciclos solares del 11 al 23



Pronóstico de la actividad solar en los ciclos 24 y 25:



Conclusiones

1. Para una serie de tiempo, el modelo clásico puede ser expresado como suma o producto de componentes, los cuales pueden ser captados visualmente por medio de la graficación de la serie de tiempo, como primer paso para su análisis. Una serie puede ser representada entonces como una combinación de cuatro componentes: La tendencia; el ciclo de oscilaciones casi regulares alrededor de la tendencia; la componente estacional y el residuo o el efecto casual.
2. La determinación de las oscilaciones estacionales se puede hacer cuando las series de tiempo no tienen oscilaciones cíclicas claras, o cuando estas últimas fueron eliminadas por medio de filtración. La componente casual se determina con la diferencia entre la serie inicial y el modelo de la serie suavizada.
3. En hidrometeorología, para el estudio de las series de tiempo se requiere del análisis espectral. La idea del espectro se utiliza ampliamente para la determinación de períodos escondidos de la serie de tiempo; para la investigación de las leyes de la estructura de frecuencias; para la modelación y para pronósticos de los procesos.
4. Analizar la incidencia de la cantidad de manchas solares y su incidencia en el clima de un lugar determinado, llevará a comprender con mayor profundidad la relación existente entre la actividad solar y el comportamiento de variables meteorológicas, como temperatura del aire, precipitación y brillo solar.
5. De los períodos solares citados, el más anómalo y mejor conocido es el ocurrido entre 1645 y 1715, llamado Mínimo de Maunder. Durante su transcurso las manchas casi desaparecieron por completo.
6. Existen diferentes métodos para percibir la llegada de las partículas más peligrosas de una tormenta solar en la Tierra. Un nuevo método, basado en datos del instrumento COSTEP a bordo de la sonda SOHO, permite por primera vez advertir hasta por una hora la llegada de las partículas más peligrosas de una tormenta solar en la Tierra.
7. El clima de la Tierra cambia de manera natural por muchas razones. Así, se puede tener una variación climática que es un cambio en el

promedio del tiempo meteorológico para una época específica del año; por ejemplo, cuando los inviernos se vuelvan más templados. Estas variaciones pueden afectar a una pequeña región o al planeta completo. Sus causas pueden variar por fenómenos impredecibles como una erupción volcánica (que puede tener efectos locales de enfriamiento), o por cambio en la energía que se recibe del sol en sus diferentes ciclos, o por fenómenos más o menos regulares como el de El Niño (un calentamiento en la superficie del agua del Océano Pacífico tropical que ocurre cada tres o cinco años, afectando de manera temporal el tiempo meteorológico mundial).

8. El clima de los últimos 9.000 años parece haber sido excepcionalmen-

te estable. Por dos millones de años, el clima de la Tierra ha estado dominado por períodos glaciales, cada uno con duración de miles de años. Los períodos glaciales tienen, a su vez, ciclos interglaciales de entre 10 y 20 mil años, como el que el planeta Tierra se encuentra actualmente. Se sabe que han ocurrido grandes fluctuaciones del clima, en escalas de décadas a siglos durante los períodos glaciales, posiblemente debidas al colapso de capas de hielo. Se sabe muy bien que las variaciones del clima ocurren a escalas de tiempo diferentes y que el conocimiento de los mecanismos que gobiernan el cambio climático en sus distintas escalas es fundamental en el establecimiento de modelos que permitan pronosticar aspectos del clima futuro.

Bibliografía

- AMERICAN GEOPHYSICAL UNION. 2007. Eurekaalert, agosto 5 de 2007 in www.eurekaalert.org.
- BALIUNAS y JASTROW. 1990. Evidence for long-term brightness changes of solar-type stars, *Nature*, 348, 520-522.
- CANAL TIEMPO 21. Revista de Meteorología: La meteorología del siglo XXI. 2004.
- DÁVILA, J. Año Internacional Heliofísico: 2007-2009.
- DRUZININ, V. y SIKAN, A. 2001. Métodos de procesamiento estadístico de la información hidrometeorológica. RGGMU, San Petersburgo, 168 p.
- EMERY W. J. y R. E THOMSON, 2001. Data analysis methods in physical oceanography. Second and revised Edition. Amsterdam, Netherlands. 340 p.
- IDEAM. 2002. Atlas de Radiación Solar en Colombia.
- LEAN J. 1995. Reconstruction of solar irradiance since 1610: implications for climate change, *Geophysical Research Letters*, 22 (23), 3195-3198.
- LEAN J. 2000. Evolution of the Sun's spectral irradiance since the Maunder Minimum, *Geophysical Research Letters*, 27, 2425-2428.

LEAN J. y Rind D. 2001. Earth's response to a variable Sun, *Science*, 292, 234-236.

MARTÍNEZ, Julia. 2005. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.

MITCHELL T y Hulme M. 2001. Length of the growing season. Brief overview of the science on water and climate. Impacts of climate variability and climate change in water management. International Secretariat of the Dialogue on Water and Climate, Wageningen, Netherlands.

MAUSUMI, Dikpati. National Center for Atmospheric Research. Artículo publicado por ciencia@nasa. NCAR. 2006.

NCAR. National Center for Atmospheric Research (NCAR). 2006.

PABÓN, José Daniel. Variabilidad Climática y Cambio Climático en la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. 2002.

PHILLIPS, Tony. Revista ciencia@nasa. 2007.

RAIG. Revista de Astronomía, Meteorología, Óptica para profesionales y aficionados 2007.

RÉ, Mariano. Ingeniero Civil, Ayudante de 1^a D.SI., Becario Proyecto AIACC.

IMPACT OF GLOBAL CHANGE ON THE COASTAL AREAS OF THE RIO DE LA PLATA. Argentina 2005.

RIZZO, Heber. Artículo científico publicado en la Revista El Orador: Cambio climático: la poderosa influencia del Sol. Marzo de 2007.

STAFLOFT, 1999. Statistica '99 Edition. Kernel Release 5.5^a, Copyright© 1984-1999 Stasoft, inc.

SVENSMARK, Henrik. The Chilling Stars: The New Theory of Climate Change.

CENTRO ESPACIAL NACIONAL DANÉS. USA. 2004.

VAINOVSKY, P y MALININ, V 1991. Métodos del tratamiento y análisis de la información oceanológica: Análisis unidimensional. *Gidrometeoizdat*, Leningrado. 80 p.

WUEBBLES D.J. 1998. Effects on stratospheric ozone and temperature during the Maunder Minimum, *Geophysical Research Letters*, 25, 523.

ZBIGNIEW, Jaworowski. Los ciclos climáticos y la incidencia del cambio climático 3^a Parte. i, 1999. "The Global Warming Folly." *21st Century (Winter)*, pp. 64-75.

Implementación de iSMART para la actualización, edición y validación de información geográfica y alfanumérica en ambiente web de repositorios ORACLE

Andrés Mauricio Zuluaga Quintero¹

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han evolucionado de tal manera que se está imponiendo su uso en ambientes web, lo que permite una mejor interrelación y ampliación de su uso en aplicaciones que habitualmente no requerían o no disponían de herramientas de visualización e integración de información geográfica. Este desarrollo ha permitido que aparezcan muchas herramientas web, desde las más sencillas, que sólo permiten visualizar la información, hasta las más complejas que requieren una infraestructura de Hardware y Licenciamiento complicado. La implementación de aplicativos web sencillos, escalables y fácilmente administrables, abrirán un horizonte importante en el uso de estas herramientas, causando un impacto positivo en usuarios que por su complejidad eran reacios al uso de esta tecnología.

Palabras clave:

GIS web, SIG, eSPATIAL, iSMART, Oracle, Internet, Gestión de Datos, Digitalización, Edición de Atributos, web 2.0.

Abstract

Geographic Information Systems (GIS), have evolved so that it is imposing its use in web environments, enabling a better interface and expand its use in applications which are not normally required or did not have visualization tools and integration geographic information. This development has allowed to occur many web tools, from the most simple view that only allow the information to the most complex infrastructure requiring complicated hardware and licensing. The implementation of web applications simple, scalable and easily manageable, they will open a horizon important in using these tools, causing a positive impact on users due to their complexity were rethinks the use of this technology.

Key words:

GIS web, eSPATIAL, iSMART, Oracle, Internet, Data Management, Digitization, Editing Attributes, web 2.0.

¹ andres.zuluaga@gisatel.

6

Implementación de iSMART para la actualización, edición y validación de información geográfica y alfanumérica en ambiente web de repositorios ORACLE

Introducción

El software o API usada, iSMART de Spatial es un producto de software para el desarrollo y despliegue en la web de aplicaciones empresariales y servicios web que incorporen funcionalidades Geoespaciales y SIG. Las aplicaciones desarrolladas están diseñadas para ofrecer un ambiente completamente web (pure web), multiusuario, con capacidades de seguridad y escalabilidad para empresas con estándares y entornos TI, que incluyen Oracle Spatial. Una capacidad clave ofrecida es incluir la habilidad de proporcionar soluciones a medida de edición espacial web integrada al proceso de negocio, siendo tan potente que sustituye las aplicaciones de escritorio especializadas tradicionalmente instaladas para SIG y una gran variedad de soluciones de negocios.

La Edición Web ofrece componentes espaciales de edición netamente web para ser incorporados en aplicaciones de negocio multiusuario de tipo empresarial. Esto lo hace usando nuevas tecnologías tales como AJAX y JSON para proporcionar un SIG web 2.0 con capacidades cada vez mayores y mejor respuesta frente a la oferta tradicional de servicios web de SIG. La edición web proporciona una capacidad de edición robusta y sensible, gestión de sesiones, deshacer y rehacer, bloqueo, etc., además de una amplia gama de funciones de edición. Esto va mucho más allá de las simples capacidades basadas en web, pudiendo ser utilizado en lugar de herramientas escritorio instaladas de CAD o GIS para una gran variedad de soluciones de negocio.

Componentes

El software tiene los siguientes componentes:

Servidor: Es un servidor escalable, seguro, transaccional y multiusuario, para aplicaciones espaciales. Funciona dentro del estándar empresarial JAVA (j2ee) application server y usa la base de datos Oracle Spatial y Oracle Locator.

Developer: Contiene una API javascript AJAX para el desarrollo rápido de aplicaciones Web espaciales interactivas, incluyendo la edición espacial. Además, contiene una API Java con una variada colección de objetos JAVA para personalización de aplicaciones desarrolladas.

Editor web: Es un editor web (pure-web) con herramientas SIG construido utilizando la API web de iSMART. Este puede ser personalizado o extendido, o su fuente ser referenciada por los desarrolladores.

Mobile: Es un applet de Java para el uso de móviles Offline, y muchas otras funcionalidades tales como validación de topología del lado cliente. Esto puede ser embebido en las aplicaciones, ser personalizado o extendido. Se puede conectar a través de Server o directamente a la base de datos. Puede usarse desconectado (Off-Line) con una conexión temporal, sincronizando y editando posteriormente en Oracle.

Principales funcionalidades

Web puro: Todas las funciones, incluidas edición, se dan en un ambiente enteramente WEB (usando AJAX) sin controles Active-X, plug-in, o aplicaciones (applets) para descargar del navegador.

Análisis y visualización: Incluye herramientas como paneo (pan), acercamientos (zoom), información de atributos,

búsqueda, medición, consultas (desde un simple asistente para construir expresiones espaciales SQL). El orden de capas puede ser configurado por el administrador y reconfigurado por usuarios. Las capas pueden tener múltiples visualizaciones, variando la escala de visualización. Las capas pueden ser filtradas o separadas a partir de sus atributos. También se pueden guardar y visualizar vistas de mapas favoritos o bookmarks.

Etiquetas: Entre las opciones se incluyen el posicionamiento y rotación de las etiquetas, definición de fuente, etiquetas escalables, iluminación de bordes, cajas, tamaño de punto, supresión de texto duplicado, etiqueta parcial de objeto, detección de choque y compensaciones Offset. Cambio de estilos de acuerdo a la sesión. Etiquetas basadas en sentencias SQL de múltiples columnas. Opciones para despegar etiquetas de un solo layer.

Edición WEB: Incluye una gran capacidad de edición únicamente en WEB, manejo de sesiones, deshacer o rehacer, bloqueos, y un amplio rango de funciones espaciales de edición como entrada de atributos, dibujar, mover, borrar, edición de vértices, medición de ángulos y distancias de todos los elementos y características geométricas.

Snap dinámico: Incluye funciones de amarre a vértices, teclas de atajo, trazado automático, unión y creación de funciones.

Impresión: Permite ploteo de mapas, con una interfaz de usuario que permite configurar Layouts de impresión. Incluye la función de generar archivos vectoriales en formato PDF a escala para impresión.

Estilo de mapas: Permite que el administrador defina los estilos de mapas in-

dependientes para visualización y para impresión (incluido estilo de líneas, rellenos, textos y símbolos), y que los usuarios definan sus propios estilos.

Mapas temáticos: Los usuarios pueden definir y visualizar consultas, incluyendo por rangos, valores discretos, unión de tablas, y funciones espaciales y SQL.

Crear consultas SQL: Para construir, guardar y ejecutar, incluyendo múltiples campos y tablas, y opciones de iluminar los resultados en el mapa y/o exportar a Excel.

Exportar vistas a varios formatos. Exportar a Excel información de elementos seleccionados.

Servicios web OGC (WMS, WFS, GML): iSMART puede ofrecer todos sus datos a través de servicios OGC WMS y WFS, así como incorporar en sus mapas datos de servidores WMS remotos.

Control de Acceso basado en roles para conjuntos de datos y tipos de acceso (lectura, edición, administración).

Versionamiento: Opción para controlar versionamiento a través de Oracle Workspace Manager basado en campos de la base de datos.

Metadatos: Ofrece recursos para el levantamiento de metadatos, así como visualización y búsqueda, con el objetivo de identificar conjuntos de datos relevantes a través de sus metadatos. El administrador debe definir el perfil de metadatos según los estándares ISO 19115 y ISO 15836, así como los perfiles personalizados

Administración basada en web, ofrece una interfaz intuitiva de fácil uso para

configuración de datos espaciales desde Oracle y servicios Geoespaciales web, incluyendo la definición de mapas, estilos, metadatos, auditoría, y acceso basado en roles.

Fuente de datos

El repositorio de datos nativo para iSMART se basa en Oracle Spatial o Locator. iSMART soporta enormes bases Oracle. Las fuentes de datos espaciales que soporta iSMART incluyen:

- Vectores (SDO): incluyen líneas, polígonos, puntos.
- Oracle 10g Georaster, Imágenes georreferenciadas.
- Oracle 10g Geocode, esquema geocodificado.
- Topología e Imágenes georreferenciadas (nota: iSMART también ofrece soporte para Oracle Locator y para Oracle 9i).
- Servicios Web OGC – iSMART ofrece soporte para OGC WMS y servicios WFS.
- Otros servicios web de Mapas, incluido Yahoo Maps (es necesario una licencia de visualización y otras restricciones impuestas por Yahoo para usar sus servicios).
- Tablas (alfanuméricas).
- iSMART permite configurar las fuentes de datos que se añadirán, incluidos los datos en vivo (por ejemplo GPS), formatos de datos propietarios, servidores de imágenes, etc.

Materiales y métodos

Para la implementación de la aplicación presentada se usó la infraestructura del representante para Colombia del producto (GISATEL S.A), se usó el servidor en el cual está instalada la Base de datos Ora-

cle 11g y la aplicación iSMART 5.5. Las especificaciones técnicas del servidor son: Servidor Dell: Xeon Dual Core 2.33GHz, 4MB Cache; 8GB DDR2 SDRAM; 750GB HD RAID 1; Vídeo – nVidia Quadro FX 4600 768MB.

El ancho de banda de Internet para prestar el servicio web es de 2 MB el cual es suministrado por un operador local, en ambientes de producción. En ambiente web es recomendable contar con una mayor capacidad, la cual se verá reflejada en los tiempos de respuesta al cliente web. Un aspecto que influye en gran medida es la capacidad de la aplicación de administrar el caché, lo que permite mejorar los tiempos de respuesta en la visualización de la información.

El ejemplo práctico está haciendo uso de imagen Quickbird, sobre la que se digitalizaron algunos cultivos de forma arbitraria y se le asoció una base de datos creada a partir de datos aleatorios. La información digitalizada se depuró y generó topología exportando un archivo Shapefile, el cual se importó en la base de datos Oracle 11g con las herramientas que dispone iSMART.

Se desarrollaron algunas consultas básicas y se habilitó la capacidad de edición web, lo que permite la administración de la información espacial. En el ejemplo práctico se evidencian los alcances de la aplicación.

Resultados y discusión

Durante el desarrollo del ejemplo práctico, se implementó la funcionalidad de visualización, con las herramientas que este ofrece, obteniendo unos excelentes tiempos de respuesta gracias a la capacidad de administración del caché en servidor.

En la implementación de algunas de las herramientas de edición se evidenció que al tratarse de una edición directa y en línea a la base de datos, los procesos son un poco demorados cuando se trata de

una conexión web. En ambientes Intranet los tiempos de respuesta mejoran considerablemente.

Con el uso de esta herramienta se puede integrar todos los procesos de negocios de las entidades que de alguna manera generen o administren información geográfica, poniendo al alcance de todos los funcionarios de la compañía la capacidad de usar información geográfica.

Se evidenció además la agilidad y facilidad en la implementación de aplicaciones, ya que sin un conocimiento extenso de la API Java iSMART, se tuvo la capacidad de implementar las funcionalidades básicas para el software, funcionalidades que en otras aplicaciones del mercado o de la comunidad son bastante complicadas de implementar, debido a que cada una de estas debe ser escrita (escribir código) por separado.

Conclusiones

Durante el desarrollo del ejemplo práctico se validó que las características ofrecidas por el fabricante se cumplen a cabalidad, permitiendo entre otras cosas:

- Reemplazar las herramientas GIS / CAD desktop instaladas en las soluciones de negocios.
- Reduce los costos de Instalación & Mantenimiento al no requerir instalaciones Desktop.
- No requiere licencias desktop.

Referencias bibliográficas

www.espatial.com
www.gisatel.com

- Permite una sola Base de Datos consolidada para todas las aplicaciones y usuarios finales.
- Mejora de Calidad de los datos, a través de la consolidación y la entrada directa a la base de datos central.
- El tiempo de disponibilidad de los datos se reduce en la organización, incrementa la eficiencia y crea nuevas oportunidades.
- Se dibuja una sola vez, evita la duplicidad en la creación de datos.
- Un sistema consolidado puede dar lugar a numerosos beneficios en la empresa, tales como gestión de inventarios.
- Integra las aplicaciones GIS & de negocios, en una aplicación sencilla y completamente web.
- Script de interacciones por tareas de negocio, funciones GIS embebidas en los flujos de trabajo para aumentar la productividad y la calidad.
- WYNIWYG ("What You need is What You Get" - "Lo que necesita es lo que obtiene"). Provee funciones GIS únicamente a los usuarios que lo requieren, mejorando la facilidad de uso y la productividad.
- Las aplicaciones de negocios y la capacidad de los SIG usan los mismos estándares tecnológicos para aplicaciones Web, lo que las hace más ágiles, haciendo más barato el desarrollo, la implementación y el mantenimiento.

Urbanismo en red, nuevas técnicas para el mantenimiento distribuido de territorios virtuales

Ignacio Arnaiz Eguren¹

Resumen

Se propone un Sistema de Información que proporcione una solución integral a los procedimientos de Ordenación, Gestión y Ejecución y que tenga en cuenta sus propósitos, mecanismos y elementos propios mediante la sistematización y normalización de los instrumentos de gestión territorial, de su interoperabilidad y del mantenimiento de inventarios de entidades territoriales.

Palabras clave:

Urbanismo, territorio virtual, sistematización, GIS

Abstract

Proposes an information system for the systematization and standardization of the instruments of territorial management of its interoperability and maintenance inventory of territorial entities.

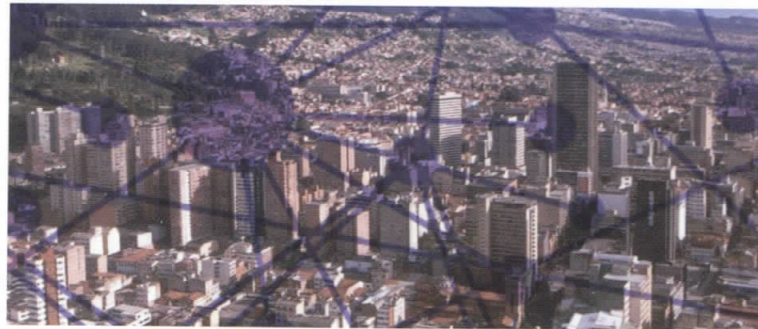
Key words:

Urbanism, virtual territory, systematization, GIS

7

Urbanismo en red, nuevas técnicas para el mantenimiento distribuido de territorios virtuales.

¹ (iae@arnaizconsultores.es).



Introducción

La Ley del Suelo española, en la Disposición adicional primera y los artículos 4, 6 y 11, establece obligaciones para cuyo cumplimiento la existencia de un Sistema de Información Urbana se convierte en esencial, en base a esta obligación:

- En la Ordenación donde trabaja con planes que definen un modelo territorial basado en la identificación y caracterización de ámbitos: Clases, categorías, sistemas, zonas, ámbitos de gestión, catálogo, reservas, acciones..., y que aportan un diccionario complejo de determinaciones urbanísticas que se expresan con un lenguaje muy medido y matizado, donde hay una dinámica de mejora progresiva del modelo con innovaciones continuas que complican comprender la ordenación vigente, obtener refundidos o proporcionar cédulas urbanísticas vinculantes. El sistema propuesto debe resolver estas necesidades con una estructura que reproduzca fielmente el proceso, se adapte a las peculiaridades de cada comunidad y municipio, simplifique la tarea de redactar los planes y ayuda a la mejora de la técnica de ordenación.
- En la Gestión donde se trabaja con proyectos que determinan la viabilidad económica y jurídica del proceso y exigen la imprescindible

y coordinación entre los ayuntamientos, el Catastro y el Registro de la Propiedad. Son los proyectos que construyen el parcelario y el callejero municipales, que obtienen el suelo demanial y el patrimonial y que garantizan la continuidad del proceso. El sistema propuesto debe ser muy cuidadoso con esta etapa, pero al mismo tiempo debe asumir un papel central en la coordinación interadministrativa, en los mecanismos de financiación municipal y en su contribución a facilitar los procesos de gestión en vez de convertirse en un lastre más para una etapa tan delicada del proceso transformador.

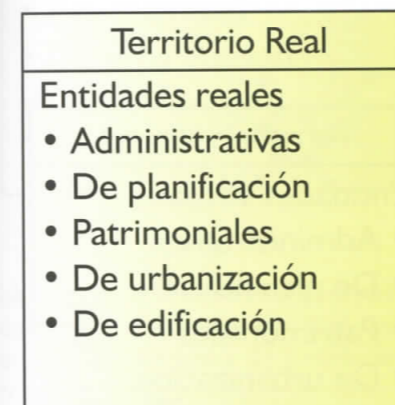
- En la Ejecución donde se trabaja con los proyectos que definen físicamente la urbanización y la edificación, la parte construida de la ciudad. El sistema debe ser un gestor de los elementos constructivos de la ciudad que mantenga su inventario, reproduzca su funcionalidad y permita representar su forma. En esta etapa el sistema pretende conseguir un objetivo extraordinariamente ambicioso: Que la cartografía urbana pase a ser un sistema dinámico alimentado por todos los que contribuyen a cambiarlo.

El sistema cumple las condiciones de un inventario o registro de instrumentos y elementos urbanos por lo que se denominará en adelante **Registro Urbano**.

Diseño funcional propuesto

Vivimos un territorio que estamos transformando, un territorio dinámico compuesto por objetos de muy diversos a los que denominaremos "Entidades urbanas", unas son tangibles como los edificios, las aceras o las farolas y otros son intangibles, pero no menos reales, como las parcelas, los ámbitos de planeamiento o las divisiones administrativas, que no vemos pero que organizan y regulan nuestra actividad dentro del territorio.

Todas estas entidades físicas, jurídicas y administrativas están conectadas entre ellas por una enorme y compleja red que también las conecta con las personas, las instituciones y los agentes sociales. Una red compuesta de muy diversas relaciones, unas meramente topológicas, identificables por la posición relativa de cada entidad respecto a las demás y otras, la mayoría, regladas de muy diversa forma: Normativamente, contractualmente, administrativamente, socialmente, funcionalmente, culturalmente, jerárquicamente...



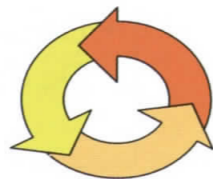
Además, estas entidades son territoriales, se pueden describir por su forma geométrica y su posición en el espacio y también mediante atributos o características cuya composición y forma de expresión están determinadas por su naturaleza: Determinaciones urbanísticas, características físicas, aspectos funcionales..., datos muy diversos y más o menos normalizados, imprescindibles para comprender el papel que cada entidad cumple en el territorio real y a los que definiremos como "Determinaciones".

El sistema tiene como objetivo reproducir ese territorio real en un territorio virtual que contiene para cada entidad del territorio real una versión digital que conserva las relaciones que la conectan con las demás entidades y que se describe con las mismas determinaciones que la entidad real contiene. Sin embargo, esta versión digital no puede ser idéntica a la original, un sistema digital introduce obligatoriamente un cierto nivel de orden, de normalización, que permite garantizar que el sistema sea capaz de construir información agregada, y de ofrecer servicios de consulta y de representación que en el territorio real son muy difíciles o imposible de obtener.

Ambos territorios, el real y su réplica virtual, deben estar sincronizados: A toda entidad real le corresponde una entidad virtual pero no toda entidad virtual existe en el territorio real, el territorio virtual es un superconjunto del

real, porque la virtualización aporta mejoras sustanciales:

- La línea de tiempo la impone el espectador: El territorio virtual contiene todas las entidades pasadas y presentes, y tantas entidades futuras como se hayan previsto, pero la línea que marca si una entidad es pasada o presente se puede mover, por tanto podemos ver cómo será la ciudad futura o podemos ver cómo fue la ciudad pasada.
- El futuro admite versiones: Es posible crear escenarios futuros que con el paso del tiempo se concretarán en un escenario real, habrá por tanto entidades que nunca serán realizadas en el territorio real pero que seguirán existiendo en el virtual como opciones que no se concretaron, aunque puedan servir como base para plantear nuevos escenarios de futuro.

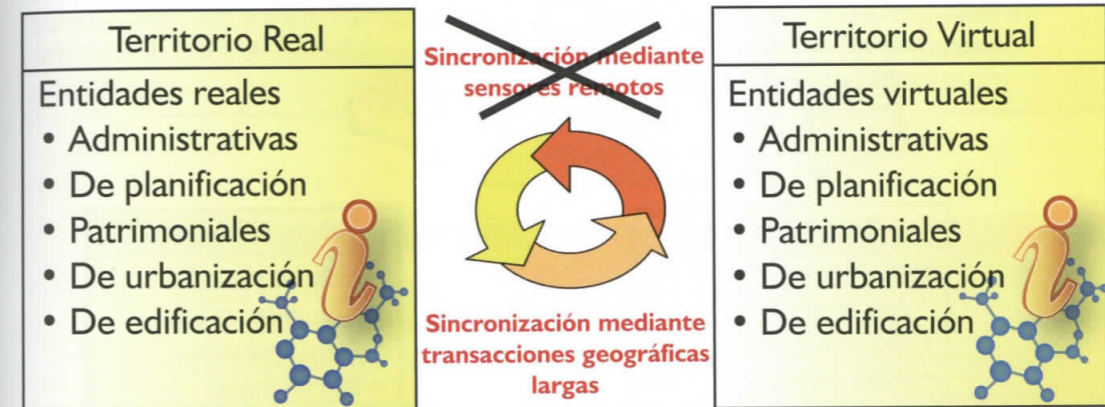


Así, visto el territorio virtual pasa a ser el tablero de juego donde se ensaya cómo serán los posibles futuros del territorio real, se comprende cómo fue su pasado y se analiza cómo es su presente sin las restricciones funcionales, espaciales o temporales que impone la lógica físico-temporal del territorio real.

Hasta el momento la técnica de construcción de territorios virtuales está basada en sistemas de teledetección: Las cartografías, la realidad virtual, los sistemas de control territorial, todos obtienen su información con sensores remotos o inspección y medición sobre el terreno.

Estos procedimientos han revolucionado nuestra capacidad para ver el mundo; Google Earth es el paradigma popular de esta técnica y sólo están sus inicios. Llegará un momento en que habrá un control total del territorio físico mediante sensores desde un satélite o una red de terrestre, por fotografía o por radar. Sin embargo, aunque son sistemas cada día más útiles, están limitados a la porción visible del territorio, no ven las entidades intangibles y no conocen los escenarios futuros, no están capacitados para resolver la gestión dinámica de todas las entidades.

Por eso el Registro Urbano se debe construir y mantener con otras técnicas, se seguirán utilizando técnicas de sensores remotos, pero estarán destinadas a labores de vigilancia y verificación de la sincronía de las entidades visibles entre ambos territorios. La nueva técnica será un sistema transaccional de entidades, relaciones y datos territoriales, fundado en el intercambio de información entre quienes transforman el territorio real y quienes lo administran, formando transacciones geográficas de ciclo largo que pueden llegar a durar años: Por ejemplo el proceso de tramitación de un nuevo edificio desde que se propone hasta que existe en el territorio real.



La transacción territorial promueve un cambio en el territorio real, estableciendo el conjunto de entidades, datos y operaciones que lo describen y que están contenidas completamente en un **instrumento**, es decir, los planes, proyectos, órdenes, sentencias, instrucciones, etc., que regulan el sistema territorial, incluso la indisciplina territorial se investiga y se corrige mediante instrumentos. El problema es que TODOS los instrumentos actuales se formulan y tramitan como documentos de papel.

Para poder construir un territorio virtual a partir de la información contenida en los instrumentos, es imprescindible que el soporte de la información de estos

pase a ser digital; esta transformación debe efectuarse a dos niveles:

- La sistematización formal de la estructura de datos del instrumento, de forma que el sistema virtual sea capaz de reconocer y extraer las entidades, determinaciones y operaciones contenidas en el instrumento.
- La sistematización conceptual o normalización de la información descriptiva de cada entidad y determinación de forma que sea posible la agregación y explotación de su contenido.

La sistematización no se debe limitar a la estructura, compete también

a un mecanismo funcional de capital importancia: La interoperabilidad, los instrumentos no sólo definen las entidades territoriales sino que también establecen las operaciones necesarias para controlar la dinámica territorial: Aportan nuevas entidades, destruyen entidades existentes, alteran la forma, posición o contenido de entidades existentes total o parcialmente y modifican la situación administrativa, legal o funcional de entidades o de otros instrumentos y, por ende, de las entidades aportadas por ese instrumento.

De esta forma, los instrumentos son gestores del cambio mediante operaciones definidas como acciones asignadas a las entidades que contiene el instrumento. En el territorio real, los instrumentos de papel definen operaciones con una semántica no estricta y

muchas veces implícita en el texto, pocas veces se estructuran de una forma explícita e incluso en estos casos se describen de forma literaria.

Para mantener la dinámica del territorio virtual es preciso que los instrumentos digitales indiquen de forma explícita sus operaciones y las describan mediante una semántica estricta que permita al sistema identificarlas, extraerlas y computarlas automáticamente sobre el territorio virtual.

La transacción larga, esa secuencia de órdenes, datos, operaciones y controles, que los instrumentos ejecutan en ambos territorios está completamente regulada por procesos administrativos asignados a órganos con competencia para la regulación de cada tipo de ins-



trumento y de las entidades asociadas; por ello, el sistema no puede funcionar ni comprenderse sin incluir la gestión de estos procesos de tramitación.

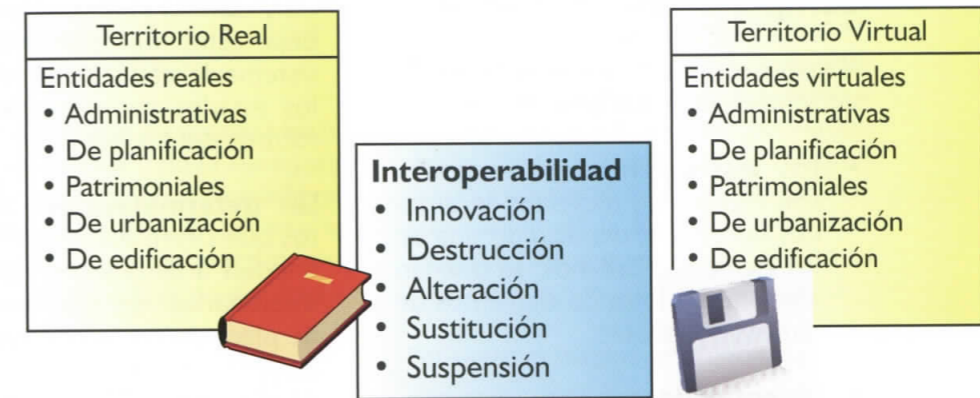
Es en este punto donde la administración electrónica adquiere su papel

rector ya que proporciona la pieza esencial para el control del sistema, será ella el director de orquesta que marca el ritmo y el estado de todos los componentes.

Así descritos, el territorio virtual y los instrumentos que lo mantienen forman un sistema de información que denominamos el **Registro Urbano**:

- Controlado desde la gestión administrativa mediante procesos.

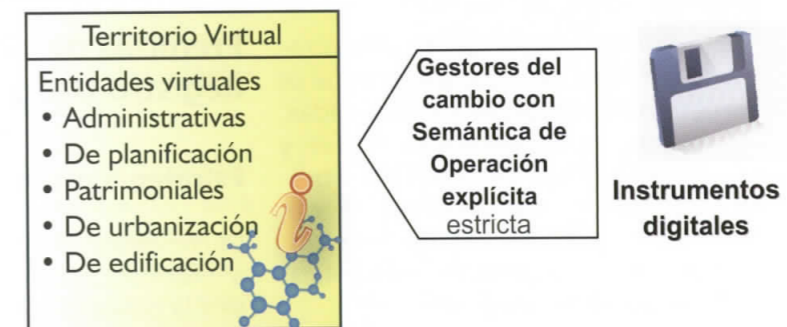
- Que contiene todos los elementos que conforman el territorio pasado, presente y futuro.
- Que verifica la calidad y coherencia de sus elementos.
- Que los inscribe y garantiza su vigencia.



Gestión administrativa: Ordenación, Gestión, Ejecución

- Lógica de estados del ciclo de vida de las entidades territoriales: Propuesto, autorizado, en construcción, existente, histórico.
- Interacción Administración-Actores territoriales: Administración electrónica.

REGISTRO URBANO



- Que es capaz de construir mediante cómputo de operaciones una versión virtual refundida del territorio real para un punto y momento dados.
- Que sirve esta información mediante servicios estándar a través de Internet.

Componentes

El Registro Urbano se compone de los siguientes elementos básicos:

- Los **instrumentos** corresponden con los planes y proyectos encargados del control del ciclo de vida de los elementos urbanos, se diseñan afectando a lotes de elementos de dimensión variable.
- Las **entidades urbanas** corresponden con todas las piezas que forman el territorio, que tienen una representación virtual dentro del sistema urbano y que son aportadas por los instrumentos territoriales:
 - * Por los planes de ordenación: Clases, categorías, ámbitos de gestión, sistemas, zonas, afecciones, reservas, acciones, protecciones...
 - * Por los proyectos de gestión: Parcelas, fincas, viales y accesos...
 - * Por los proyectos de urbanización: Obra de urbanización que se concreta en áreas pavimentadas, aceras, ajardinamientos, redes y componentes de redes de abastecimiento, saneamiento, riego, electricidad, alumbrado, comunicaciones, mobiliario, señalética, control del tráfico...
 - * Por los proyectos de edificación: Edificios en todas sus tipologías, cierres de parcela, instalaciones en el interior de las parcelas...

El sistema individualiza e identifica unívocamente todas y cada una de estas entidades, reproduciendo fielmente en el sistema virtual las propiedades y el comportamiento que tienen en el sistema real.

Asimismo, el sistema contiene para cada entidad su historial, controlando cuándo y cómo se produjo su alta, las incidencias que ha sufrido durante su existencia y cuándo y cómo se produjo su baja. Esta característica aporta al sistema la capacidad de conocer los estados pasados, presentes y futuros del territorio.

- Las **determinaciones** o atributos que sirven para cualificar cada entidad urbana y que definen los diccionarios de determinaciones de planeamiento, de gestión y de ejecución establecen la estructura y composición de la información asociada a cada entidad.
- Los **valores** o datos concretos que adquieren las determinaciones en cada entidad urbana.
- Las **operaciones** que se verifican entre los elementos antes indicados y que soportan la dinámica territorial, así como las relaciones que existen entre ellos.

Premisas de diseño del Registro Urbano

Estrategia digital

La conversión de los Planes y Proyectos a información digital no puede limitarse a la publicación de un facsímil digital de sus documentos de papel; debe afrontar una revisión profunda de su forma de expresión de tal forma que permita aprovechar a fondo las venta-

jas que aporta el formato digital a un sistema de información:

- El incremento de la precisión, la calidad intrínseca, la coherencia normativa con el ámbito jurídico en el que se inserta y la coherencia espacial con su ámbito territorial real y con su estado actual. En este aspecto la posibilidad de reconstrucción dinámica del territorio virtual (por ejemplo de refundidos de ordenación) no sólo facilita la consulta sino que asegura el correcto encaje de las entidades entre sí.
- La simplificación del acceso a los planes y proyectos y de la navegación por la información que contienen, permitiendo el acceso universal a la información, con la práctica eliminación de los costes de distribución y copia.
- La mejora de los tiempos de redacción y tramitación, favoreciendo la dimensión participativa de los procesos de tramitación, gracias a la publicación digital de los planes y proyectos durante los períodos de información pública, a la notificación electrónica y la personación electrónica en el procedimiento mediante métodos electrónicos de sugerencia, alegación o recurso.
- La posibilidad de cooperar e integrar información con los demás elementos que componen el ámbito administrativo que vela por su cumplimiento, favoreciendo la cooperación interadministrativa.
- Además, el proceso de sistematización se debe aprovechar para establecer, en cuantos aspectos sea posible, estrategias de homogeneización y normalización que faciliten los procesos de redacción, tramitación, inscripción en el Registro, procesos de refundido y de difusión de los Planes y Proyectos.

La validez jurídica de los instrumentos responsables de la transformación territorial está soportada por el acto administrativo de aprobación del órgano competente, que se publica en el boletín correspondiente, y que se concreta en la inviolabilidad de las diligencias, sellos y firmas de los funcionarios responsables sobre los documentos en papel del instrumento. Deberá ser objeto de un instrumento reglamentario determinar el procedimiento para que el ámbito de conocimiento que forman los instrumentos se integre también en la Sociedad de la Información, haciendo que los Planes y Proyectos pasen a expresarse en forma de información digital, de tal manera que esa transformación no afecte a su calidad jurídica, que contemple la totalidad del contenido del Plan y que alcance a todo su ciclo de vida.

Por tanto el sistema establecerá:

1. El alcance y contenido de los Planes y Proyectos que serán objeto de sistematización.
2. La definición de los elementos urbanos afectados por cada plan o proyecto, de su comportamiento dentro del sistema y la definición de los mecanismos de operación que permitan representar dentro del sistema la dinámica que se efectúa en el mundo real.
3. La estructura de datos necesaria para contener cada Plan o Proyecto y los mecanismos de interoperación entre planes y proyectos.
4. El funcionamiento del Registro Urbano como pieza central que soporta el Sistema de Información, que controla la vigencia, tramitación y publicidad de los planes y proyectos y que controla el conjunto de elementos urbanos que intervienen en el proceso de transformación del suelo.

5. Los circuitos de información que garanticen el mantenimiento sostenible del sistema y su sincronización con el mundo real al que representa.
6. La integración con los sistemas de gestión interna de las administraciones competentes que establecen la garantía jurídica de las actuaciones.

Condiciones mínimas

El Registro Urbano además debe cumplir las siguientes condiciones mínimas:

- Debe contener la totalidad de la información normativa de los Instrumentos, hasta tal punto que sea posible decir que la información del instrumento contenida en el sistema representa la realidad jurídica del instrumento sin tener que acudir a ninguna otra fuente de información.
 - Debe asegurar la integridad y coherencia de la información, de tal forma que el encargado del Registro Urbano pueda certificar que el instrumento aprobado es el instrumento inscrito (mediante un acto administrativo vinculante que le proporciona su valor jurídico y que diligencia electrónicamente el instrumento) y que cumple un estándar de calidad basado en reglas objetivas (mediante un control automatizado de calidad).
 - Debe contener todos los instrumentos de un determinado ámbito territorial urbanístico; estos ámbitos tienen hoy día dos niveles básicos, el nivel municipal y el nivel regional.
 - Debe resolver las relaciones entre los instrumentos, de forma que la sustitución, incorporación, modificación, desarrollo y suspensión entre instrumentos sean operaciones
- anotadas que sea posible obtener la situación del Registro a una fecha fija mediante una consulta estructurada.
- Debe proporcionar un mecanismo que permita unificar los métodos de visualización y de navegación por el contenido de los instrumentos, aportando un lenguaje de representación gráfica que optimice la legibilidad de su contenido.
 - Por último debe permitir el análisis de la situación del Registro de forma que sea posible en todo momento conocer los parámetros territoriales básicos mediante indicadores agregados de superficies de suelo por clase, por categoría o por uso global, y totales de viviendas, edificaciones o cesiones, tanto para los ámbitos municipales como para cualquier otro de rango superior.

Alcance de contenido

Los instrumentos a incluir en el Registro alcanzan a todas las fases: Ordenación, gestión y ejecución.

- **De ordenación:** Se pueden relacionar sinópticamente en cuatro grupos:
 1. Los planes que ordenan un ámbito territorial básico: El Plan Nacional de Ordenación, los Planes Directores Territoriales de Coordinación, los Planes Generales, las Normas Subsidiarias y las Delimitaciones de Suelo Urbano.
 2. Los planes que desarrollan, concretan o detallan ámbitos territoriales definidos por alguno de los planes anteriores. En estos casos se denominará "Plan Precedente" al plan que se desarrolla y "Plan Derivado" al plan que lo desarrolla: Los Programas de Actuación Urbanística, los Planes Parciales, los Planes Espe-

ciales tanto si sirven para el desarrollo de Planes Territoriales tales como los de Infraestructuras y de Ordenación de Conjuntos Histórico-Artísticos como si sirven para el desarrollo de Planes Generales tales como los de comunicaciones, de reforma interior, de protección, de mejora, de saneamiento o abastecimiento..., y los estudios de detalle.

3. Los planes que modifican a cualquiera de los instrumentos anteriores. En estos casos se denominará "Plan Precedente" al plan que se modifica y "Modificación" al plan que lo modifica: Las Modificaciones Puntuales, las Subsanaciones de Errores y los acuerdos de Cumplimiento de Condiciones.
 4. Además, el Registro contendrá aquellos otros instrumentos que, sin ser estrictamente de planeamiento, puedan afectar total o parcialmente a su vigencia o a su contenido normativo: Órdenes, Decretos, Recursos con Sentencia firme, Convenios Urbanísticos y Catálogos.
- **De gestión:** Proyectos de compensación, reparcelación, reparcelaciones voluntarias, normalizaciones de fincas, proyectos de expropiación, proyectos de delimitación de ámbito de gestión y cuantos actos administrativos o judiciales afecten a los elementos urbanos objeto de la gestión: Segregaciones, agrupaciones, expedientes de callejero...
 - **De ejecución:** Proyectos de Urbanización, de obras de urbanización, de edificación en todas sus variantes y de demolición.

Contenido

Se incluirán en el Registro los instrumentos urbanísticos preceptivamente aprobados o suscritos por los órganos competentes en materia de urbanismo,

atendiendo a los tipos de instrumentos urbanísticos definidos en el apartado 4.3. Para ser inscritos, dichos instrumentos deben estar aprobados por la Administración competente y ser depositados en la forma señalada por el Registro.

Serán objeto de depósito en el Registro cuantos documentos técnicos constituyan los instrumentos, tanto de carácter textual como gráfico. Estos documentos se depositarán prevalentemente en formato electrónico, en el caso de que un documento sea depositado en formato electrónico y de papel se exigirá una certificación del órgano remitente, asegurando la equivalencia de su contenido.

Se practicarán en el Libro de Registro los correspondientes asientos de cuantos actos, resoluciones y acuerdos afecten a la vigencia, validez o eficacia de los instrumentos inscritos.

Acceso

El Registro tendrá carácter telemático de forma que se facilite el acceso y consulta por medios informáticos, y en particular por redes abiertas de comunicación. La publicación del contenido del Registro se realizará, en todo caso, de conformidad con lo previsto en la normativa reguladora de la protección de datos de carácter personal.

El Registro publicará el territorio virtual, con el alcance que establezca el órgano competente de su gestión, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Utilizará un lenguaje de representación adaptado al medio electrónico, a los contenidos a exponer y sujeto a un proceso de estandarización que permita conseguir un lenguaje gráfico consensuado.
- Establecerá una estructura de presentación por capas que agrupen

entidades de naturaleza homogénea, procurando igualmente definir un estándar ajustado a las normas de la IDE española.

- Publicará sus datos mediante servicios de mapas OGC y servicios web XML, asegurando la compatibilidad con los sistemas abiertos y la interoperabilidad entre plataformas.
- Incluirá un esquema de metadatos que permita conocer en todo momento el origen, la fiabilidad y la vigencia de cualquier información servida.

Componentes del Registro

El Registro se compondrá de los siguientes elementos:

- Libro de Registro: Contendrá los asientos registrales de los instrumentos urbanísticos.
- Archivo documental: Contendrá los documentos técnicos de los instrumentos urbanísticos, así como los actos, resoluciones y acuerdos producidos en relación con los mismos y que hayan de formar parte del Registro.

Ambos componentes se implementarán sobre un sistema de información que permita utilizar todas las ventajas de administración, control, seguridad y facilidad de acceso que proporcionan las tecnologías de la información.

Asientos registrales

Existirán dos tipos de asientos registrales, los de inscripción, que servirán para registrar el depósito de un plan en el registro, y los de Anotación, que servirán para registrar las diversas incidencias y actos administrativos asociados a dicho plan y que determinan su vigencia:

- Asiento de Inscripción: El asiento de Inscripción formalizará el acta en el Registro de un nuevo Instrumento Urbanístico.

- Asiento de Anotación: Serán objeto de asiento de anotación cuantas circunstancias se produzcan que afecten total o parcialmente al contenido o vigencia del Instrumento objeto del asiento de Inscripción. Los casos típicos objeto de Anotación serán los siguientes:

- * Actos de Tramitación: Corresponde a cuantos acuerdos se produzcan por parte de los órganos competentes para la aprobación de los Instrumentos.

- * Cancelaciones: La cancelación de la vigencia del Plan se anotará bien cuando sea determinada por un Instrumento que lo sustituya, bien cuando se acredite su no publicación en tiempo y forma en el boletín oficial correspondiente.

- * Rectificaciones: Los errores materiales, de hecho o aritméticos, que se detecten en el contenido de los asientos practicados, serán rectificadas, de oficio o a instancia de parte, por el propio encargado del Registro mediante la anotación de rectificación.

Los errores que se deriven de los asientos del Registro deberán corregirse una vez que se expida la correspondiente certificación administrativa de rectificación.

Procesos digitales de control

Los instrumentos que accedan al Registro en formato digital seguirán un procedimiento de control de calidad que asegure su inserción en el sistema de planeamiento digital. Estos procesos serán los siguientes:

- Validación de integridad: Verificará que el contenido digital del plan o proyecto sea íntegro y coherente con la situación del Registro.
- Validación de seguridad: Verificará que el documento digital proceda de una fuente segura y de que no ha sufrido ninguna alteración indebida en su contenido.
- Consolidación en el sistema: Insertará el plan o proyecto en el sistema de información del Registro.
- Reconstrucción del territorio refundido: Ejecutará los procedimientos informáticos para construir el territorio refundido del ámbito afectado a los efectos de su difusión por medios telemáticos.

Consulta del registro

El Registro es digital, por tanto la administración titular pondrá a disposición de los ciudadanos, de forma gratuita, la información y documentación mediante redes abiertas de telecomunicación, garantizando su autenticidad, integridad, conservación y fidelidad con el documento original.

A tal efecto, el registro dispondrá de los medios tecnológicos y humanos para prestar servicios de difusión de su contenido mediante Servicios WEB, Servicios WMS y WFS (OGC) y Servicios SOAP directamente reutilizables por clientes de cualquier naturaleza.

El instrumento digital

Todo instrumento urbanístico se formaliza mediante un conjunto de documentos que justifica y contiene la operación territorial propuesta, tanto sea de ordenación como de gestión o ejecución, y cuya estructura y contenido mínimo ya está establecido por la legislación vigente.

La sistematización de los instrumentos urbanísticos afecta no tanto a su contenido y estructura, que no tiene por qué cambiar, como a la naturaleza íntima del lenguaje por el que los instrumentos establecen las operaciones a realizar en su ámbito de aplicación. Este lenguaje se formaliza en cinco componentes: Las entidades, las determinaciones, los valores, las adscripciones y las operaciones. En los siguientes apartados se define cada uno de estos componentes y se establece cómo funcionan para describir el instrumento.

Métodos de operación entre instrumentos

Los instrumentos contenidos en el Registro pueden establecer entre ellos una dinámica que resuelve la necesidad de establecer la vigencia de sus contenidos y la mecánica de mantenimiento del territorio virtual. A tal efecto se establecen las siguientes operaciones entre instrumentos:

- Sustitución: El Registro considera como no vigente un instrumento que esté sustituido por otro instrumento y como vigente el que no esté sustituido por ningún otro instrumento. Este mecanismo permite la incorporación de versiones de planes no aprobados definitivamente que pasan a no vigente en el momento que las sustituyen las versiones definitivas.
- El papel de Registro de Planeamiento exige que esta condición de vigencia sea correctamente controlada. Dado que la vigencia de los instrumentos no depende exclusivamente de las condiciones derogatorias de sus revisiones, sino también de circunstancias judiciales o administrativas distintas, será el mecanismo de tramitación de los planes, que más adelante se detalla, el que también controle la vigencia.

- **Incorporación:** Un instrumento puede rescatar elementos de instrumentos históricos.
- **Modificación:** En esta operación un instrumento se establece como instrumento modificador de otro; en este caso incluirá cuantas operaciones afecten a los elementos del plan modificado.

Desarrollo: En esta operación un instrumento sustituye para un ámbito concreto y unos grupos de entidad dados los elementos de instrumento principal con los elementos aportados por el instrumento de desarrollo

- **Suspensión:** En esta operación un instrumento deja sin efecto al instrumento suspendido, tiene dos efectos:

* Convierte en "histórico" el instrumento suspendido.

* Convierte en "vigente" el instrumento al que al instrumento suspendido sustituía.

La suspensión se "levanta" cuando otro instrumento sustituye al instrumento responsable de la suspensión.

Entidades

Se entiende por entidad cualquiera de los objetos que conforman el territorio, tanto tangibles como los edificios, las aceras o las farolas entre los que nos movemos, como intangibles, pero no menos reales, como las parcelas, los ámbitos de planeamiento o las divisiones administrativas que no vemos pero que organizan y regulan nuestra actividad dentro del territorio.

A los efectos de su identificación y asignación de determinaciones, las entidades se clasifican en grupos en función

de su naturaleza: clases, categorías, ámbitos de gestión, sistemas, zonas, afecciones, reservas, acciones, protecciones, parcelas, fincas, viales y accesos, áreas pavimentadas, aceras, ajardinamientos, redes y componentes de redes de abastecimiento, saneamiento, riego, electricidad, alumbrado, comunicaciones, mobiliario, señalética, control del tráfico, edificios en todas sus tipologías, cierres de parcela, instalaciones en el interior de las parcelas...

El sistema establece una agrupación de entidades que responde al alcance previsto por el Registro Urbano; sin embargo, es una lista abierta que puede ser ampliada en función de lo que puedan establecer los planes y proyectos.

Cada grupo de entidades tiene asociadas reglas de composición que resuelven aspectos como:

- El número de entidades mínimo para el ámbito del registro.
- Restricciones topológicas que regulen la posibilidad de superposición entre entidades del mismo grupo o con otros grupos, grado máximo o mínimo de recubrimiento del ámbito, posibilidad de que una entidad esté fraccionada en el espacio o debe ocupar un espacio único. Estas reglas reproducen las existentes en el territorio real: Dos edificios no pueden ocupar el mismo espacio físico.
- Geometría de la entidad real: Un volumen en tres dimensiones, una superficie plana formada por una línea cerrada, una línea abierta definida por un conjunto de pares de coordenadas, un punto definido por un par de coordenadas. Incluye la posibilidad de que una misma entidad tenga distintas geometrías en función de la escala o el lenguaje de representación o incluso que un conjunto de entidades pueda tener una única geometría: Un conjunto de edificios puede representarse a gran escala como una superficie

única que a pequeña escala se individualiza en los edificios que lo componen.

- La posibilidad de que la representación gráfica de la entidad se obtenga a partir de otras entidades mediante un algoritmo espacial.

Métodos de operación entre entidades

- El mantenimiento del territorio virtual se materializa mediante el cómputo de las operaciones contenidas en los planes y proyectos.
- Las operaciones que se pueden dar entre dos entidades son distintas según afecten a sus datos descriptivos, a su geometría o a ambos:

Operaciones que afectan al contenido descriptivo

- **Adición:** En ella la entidad operador aporta determinaciones a la entidad operada sumándolas a las determinaciones que esta ya contenga.
- **Sustitución completa:** En ella la entidad operador sustituye con sus determinaciones todas las existentes en la entidad operada.
- **Sustitución parcial:** En ella la entidad operador sustituye con sus determinaciones únicamente aquellas determinaciones representadas en ambas entidades.

Operaciones que afectan a la geometría

- **Adición Gráfica:** Modifica la delimitación gráfica de la entidad operada, añadiendo la porción delimitada en la entidad operador.
- **Sustracción Gráfica:** Modifica la delimitación gráfica de la entidad operada, restándole la porción que

solape con la delimitación gráfica de la entidad operador. Este actúa a modo de troquel sobre la entidad operada.

- **Sustitución Gráfica:** Esta operación desecha la delimitación gráfica de la entidad operada y la sustituye completamente por la de la entidad operador.

Operaciones que afectan al contenido normativo y al gráfico

- **Eliminación:** Esta operación, sin borrar ninguno de los contenidos, adjudica a la entidad operada un estatus de eliminado que lo oculta de las consultas.
- **Suspensión:** Esta operación, sin borrar ninguno de los contenidos, adjudica a la entidad operada un estatus de suspendido que sin ocultarlo de las consultas lo marca claramente y permite conocer el alcance de la suspensión.
- **Aportación de entidad:** Esta operación aporta la entidad al instrumento operado, que a partir de ese momento la asume como propia ante cualquier consulta.

Adscripciones

La configuración de un contenedor de instrumentos como un sistema de información que integra tecnología GIS, permite que las relaciones topológicas entre entidades puedan ser recuperadas mediante funciones automáticas. La circunstancia de que dos entidades se superpongan, sean vecinas, o estén situadas a distancias concretas, son relaciones topológicas que pueden ser conocidas mediante funciones de este tipo.

Sin embargo, los objetos territoriales están ligados por una red de relaciones entre entidades que no son directa-

mente obtenibles mediante relaciones topológicas o bien establece relaciones obtenibles topológicamente, pero asocia a dicha relación más información que la simplemente posicional. A tal efecto, se implementan las Adscripciones como relaciones no topológicas entre dos entidades.

Métodos de operación entre adscripciones

- Adición de adscripción: Esta operación aporta una adscripción entre entidades al instrumento operado.
- Eliminación de adscripción: Esta operación elimina una adscripción entre entidades del instrumento operado.

Determinaciones urbanísticas

Se entiende por Determinación Urbanística, o simplemente *Determinación*, cualquiera de los conceptos utilizados para describir una entidad urbanística.

El contenido amplio que se proporciona al concepto de Determinación, permite que, atendiendo a su función, se pueda hablar de:

- Determinaciones justificativas: Son las que utilizan los instrumentos para informar de las consideraciones que ha tenido en cuenta para formular la ordenación.
- Determinaciones normativas: Son las que utilizan los instrumentos para formular su ordenación.
- Determinaciones calculadas: Son las que se derivan directamente del sistema: Áreas, superficies, distancias...
- Determinaciones funcionales: Son las que permiten comprender el

comportamiento de la entidad dentro del sistema.

El diseño de los sistemas de información tiende a preestablecer de forma rígida los atributos o propiedades asociadas a objetos territoriales. Sin embargo, el territorio real se caracteriza por la extraordinaria variedad conceptual que sirve para describir a cada objeto. El caso más evidente es el de los planes generales que suelen formular previamente los conceptos urbanísticos que posteriormente utiliza en su ordenación, salvo que se remita explícita o implícitamente a los ya definidos en la legislación urbanística estatal o regional o en las ordenanzas municipales; mientras que el planeamiento de desarrollo, o bien reformula a su vez dichos conceptos, o bien se remite a los ya definidos en el plan al que desarrolla.

En cualquier caso el Registro Urbano dispondrá de uno o varios diccionarios básicos de determinaciones que reduzca al mínimo la necesidad de que los instrumentos las definan. La base del proceso sistematizador, por una parte, es asegurar que todos y cada uno de los planes que deban utilizar un concepto urbanístico se refieran a él únicamente, compartiendo todos ellos su definición y forma de aplicación, y por otra facilitar la expresión clara y precisa de su contenido, en orden a reducir al mínimo los problemas de interpretación.

Desde este punto de vista las determinaciones utilizadas por los instrumentos también se pueden clasificar atendiendo a su origen en:

- Determinaciones propias: son las definidas directamente por un instrumento para describir sus entidades.
- Determinaciones heredadas: son las ya definidas en otro instrumento de rango superior y que el instrumento reutiliza. El instrumento de origen

de estas determinaciones puede ser de dos tipos:

* Un diccionario básico del Registro Urbano: Es el expresamente formulado por el órgano competente municipal o regional para proporcionar el diccionario básico de Determinaciones a utilizar por todo instrumento a tramitar en su ámbito competencial.

* Un instrumento precedente: Aquel que sirve de "plataforma" para el desarrollo de un instrumento derivado; el ejemplo más típico es la relación establecida entre un Plan General y el Plan Parcial que lo desarrolla.

Además, las determinaciones sirven o funcionan de forma diversa dentro de los instrumentos. Esta distinción funcional es primordial para conseguir el objeto y definir un formato de instrumento digital. En el apartado siguiente se definen y explican los distintos tipos funcionales de determinación.

Tipos funcionales de determinación

Las determinaciones urbanísticas se clasifican en distintos tipos según su naturaleza y función dentro del instrumento digital y su comportamiento en relación con las entidades:

- **General:** Es el tipo básico de determinación; se expresan en las entidades de forma sencilla mediante uno o varios valores concretos, por ejemplo, la *altura máxima en metros* se expresa en cada *zona* mediante un *valor* numérico dado en unidades de metro lineal.
- **Regulación:** Corresponde a determinaciones que se utilizan como Regulación de otras determinaciones; permite optimizar la regulación de determinaciones complejas.

• **Valor de referencia:** Corresponde a determinaciones que se usan para confeccionar las listas cerradas de opciones (dominio) a las que se tienen que ceñir los valores de otras determinaciones en una entidad, por ejemplo: Las determinaciones *Suelo Urbano*, *Suelo Urbanizable* y *Suelo No Urbanizable* son los posibles valores de referencia que la determinación *Clasificación de Suelo* puede tener en las Entidades del Grupo *Clase de Suelo*.

• **Subordinada:** Corresponde a determinaciones que se expresan en las entidades mediante otras determinaciones de tipo Régimen. Dos ejemplos típicos son los usos y actos de ejecución en los instrumentos de ordenación, así la determinación de tipo Subordinada *Vivienda* se expresa en las entidades mediante la determinación de tipo Régimen *Carácter* que a su vez se expresa mediante las determinaciones de tipo Valor de Referencia *Principal*, *Compatible*, *Prohibido*.

• **Régimen:** Corresponde a determinaciones que sirven para cualificar a las determinaciones de tipo Subordinado.

• **Unidad:** Corresponde a determinaciones que definen la unidad de medida en la que se expresan otras determinaciones.

• **Operación:** Corresponde a determinaciones cuyo objeto es actuar contra determinaciones de otro instrumento mediante operaciones.

• **Enunciado:** Corresponde a determinaciones cuyo objeto es estructurar convenientemente la presentación jerárquica de las demás determinaciones o aportar contenido informativo o justificativo al instrumento y que nunca se expresan en las entidades.

Métodos de operación entre determinaciones

En el transcurso del tiempo, es normal que la técnica territorial o por necesidades operativas surjan problemas derivados de una incorrecta definición o regulación de las determinaciones. Tales problemas son resueltos mediante la tramitación de instrumentos modificadores que crean determinaciones nuevas, amplían o sustituyen el contenido normativo de determinaciones existentes o eliminan determinaciones. Una vez aprobada la modificación, el texto vigente pasa a ser el que aporta el instrumento modificador. Estas situaciones suelen exigir la confección de textos refundidos de los instrumentos, de forma que en su aplicación se tengan en cuenta las modificaciones.

Toda esta casuística se resuelve mediante **Operaciones** que establecen una relación entre la Determinación Original (Operada) y la Modificada (Operadora), señalando el alcance de la Operación e incluso, aportando un texto justificativo de dicha Operación.

Operaciones que afectan al contenido

- Adición normativa: La determinación Operadora añade Regulación y determinaciones Reguladoras a la determinación Operada.
- Sustitución normativa: La determinación Operadora sustituye todos los elementos de la determinación Operada: Título, definición y regulación.
- Aportación de determinación: La nueva determinación se incorpora a las determinaciones propias del instrumento operado.
- Eliminación: Esta operación, sin borrar ninguno de los contenidos, adjudica a la determinación Operada un estatus de eliminado que la oculta de las consultas.

- Suspensión: Esta operación, sin borrar ninguno de los contenidos, adjudica a la determinación Operada un estatus de suspendida que sin ocultarlo de las consultas la marca claramente y permite conocer el alcance de la suspensión.

Operaciones que afectan al funcionamiento de la determinación

- Adición de Valor de Referencia: Esta operación aporta nuevos valores de referencia a la determinación Operada, es decir, altera su dominio de expresión.
- Adición de Grupo de Aplicación: Esta operación aporta nuevos grupos de recintos de aplicación a la determinación Operada.

Valores

Se define como valor la expresión concreta de una determinación en una entidad, por ejemplo, el valor de la *altura máxima en plantas* en la *zona residencial unifamiliar* es 2, mientras que en la *zona residencial colectiva* es 5.

Valor para las determinaciones de carácter general

Una determinación general puede adquirir valor de tres formas:

- Valor único: La entidad adquiere solamente un dato de valor para una determinación. Por ejemplo, una entidad de zona, adquiere para la determinación *retranqueo a lindero medianero* el valor de 3 metros.
- Valor múltiple: La entidad adquiere más de un dato de valor para una determinación. Por ejemplo, una entidad de zona, adquiere para la determinación *tipología de la edificación* tres valores diferentes: *Edificación entre medianeras*, *aislada* y

pareada. Será por tanto opcional para el propietario escoger la tipología más adecuada a sus fines.

- Valor según Subordinada: La entidad puede adquirir un valor distinto según las determinaciones subordinadas aplicadas a la entidad, es imprescindible previamente haber aplicado tales determinaciones subordinadas a la entidad, por ejemplo la determinación *altura en plantas* adquiere el valor de 3 metros para el uso *sanitario* y de 2 metros para el uso *residencial*.

Valor para las determinaciones de carácter subordinado

Los instrumentos en cada entidad se pronuncian sobre lo que habitualmente se denomina el Régimen, por ejemplo, en el caso de los Usos este Régimen se concreta en establecer qué usos son admisibles o inadmisibles y en qué condiciones, por ejemplo, en planta baja o con una intensidad determinada.

Ficheros de intercambio

La conversión de los instrumentos en información digital supone la necesidad de establecer un formato de datos que permita resolver el intercambio de información que se produce entre el órgano competente para la tramitación y aprobación de los instrumentos y el redactor.

El instrumento digital deja de ser un documento de papel diligenciado y sellado y pasa a estar incluido completamente en un Fichero de Intercambio, firmado electrónicamente, y cuyo contenido está asegurado contra alteraciones no autorizadas. El formato del Fichero es XML (ASCII) y su estructura se establece mediante el correspondiente Schema XML.

Se establece un "Circuito de Tramitación" que regula el ciclo de intercambio de información entre el redactor y la administración, en el que la administración proporciona al redactor el marco de referencia y el redactor envía a la administración el plan digital.

Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT)

Grupo de Ejecución Proyecto SIG-OT¹

Resumen

El objetivo del presente documento es exponer brevemente los principales logros alcanzados durante la primera fase del proyecto Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial – SIG-OT, el cual inició su ejecución en septiembre de 2005 como un proyecto de cooperación técnica con la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI) y ha contado con el apoyo de Swedesurvey –organismo sueco homólogo del IGAC. Como balance general de esta primera etapa se destacan los siguientes logros:

- El diseño conceptual, los requerimientos y las funcionalidades del Sistema han sido definidos de manera participativa.
- Se obtuvieron resultados iterativos e incrementales, útiles en la agenda nacional de planeación, permitiendo a todas las instituciones concurrentes apreciar – en un corto plazo- las ventajas del manejo de información georreferenciada para la

toma de decisiones en los procesos de planeación y gestión del desarrollo territorial.

- Se publicó el documento CONPES 3585 de 2009 el cual dispone, entre otros apartes, el fortalecimiento del SIG-OT como una instancia de coordinación y sinergia interinstitucional y una herramienta que contribuye a una eficiente toma de decisiones por parte de autoridades e instancias de planeación a nivel nacional y territorial, reconociéndolo como una aplicación práctica de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

Palabras Clave:

SIG: Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

8

Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT)

¹ Ponente: Luis Gabriel Amaya, lg_amaya@hotmail.com



Abstract

This paper aims to briefly expose the main achievements reached during the first phase of the Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial – SIG-OT project, which began its implementation in September 2005 as a technical cooperation project with Swedish International Development Agency (SIDA) and has been supported by Swedesurvey.

As a general balance of this first phase there are highlighted the following accomplishments:

- It has been defined the conceptual design, requirements and functionalities of the system in a participatory way.
- It was obtained iterative and incremental results, useful in the national planning agenda, allowing to all related institutions to appreciate on a short-term- the benefits of georeferenced information management for decision-making processes of

planning and land development management.

- It was published the 3585 CONPES 2009 document, which provides, among other paragraphs, the strengthening of SIG-OT as a coordination and synergy inter-institutional instance, and a tool that contributes to efficient decision making by planning authorities and instances at national, regional and local levels and also it is recognized as a practical application of the Colombian Spatial Data Infrastructure (ICDE).

Key words:

GIS: *It's an organized integration of hardware, software and geographic data designed to capture, store, manipulate, analyze and display in all its forms geo-referenced information in order to solve complex planning and management problems.*

Introducción

El SIG-OT es una organización de entidades, acuerdos y recursos tecnológicos que facilita el acceso y uso de información georreferenciada, con el propósito de contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones por parte de las autoridades e instancias en el Sistema de Planeación, a nivel nacional, regional y local, en apoyo de una mejor gestión del desarrollo territorial.

Igualmente, se concibió como un desarrollo práctico de la estrategia nacional de consolidación de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), como una experiencia de intercambio de información, coordinación y articulación de esfuerzos de carácter interinstitucional que se constituye en mejores prácticas de gestión de información en la administración pública.

Con base en lo anterior, el proyecto ha buscado articular de manera coordinada y concertada con los diversos organismos y entidades concurrentes al SIG-OT, tanto en la producción de datos e información geográfica como responsables en los procesos de planificación, un sistema que organice la producción, flujo y divulgación de información georreferenciada que apoye de manera oportuna y eficaz los procesos de planificación en los diferentes niveles del Estado: Nacional, regional y local.

Como eje articulador, se ha propuesto que el Sistema de Información Geográfica se fundamente en la organización,

flujo y estructuración de la información disponible, generada por el IGAC y otros organismos y entidades concurrentes a nivel nacional y territorial, a partir de la identificación de los requerimientos de los usuarios (autoridades e instancias del Sistema de Planeación en Colombia) y el inventario y reconocimiento de la información, recursos y procesos disponibles en la situación actual.

Igualmente como marco de sostenibilidad del proyecto se ha enfocado en su apropiación y soporte permanente por parte de los organismos productores de información espacial que deberán concurrir en su construcción e instrumentación (como mecanismo para el intercambio, apoyo interinstitucional y divulgación de la información), así como en su utilización efectiva y permanente por parte de los usuarios –autoridades e instancias de planeación en diferentes niveles–, y herramienta básica para el seguimiento y evaluación de la acción de gobierno.

El proyecto incluyó la realización de un proyecto piloto a nivel nacional y otro a nivel territorial, centrados en el desarrollo conceptual y metodológico, así como la gestión, implementación, evaluación y divulgación de resultados, de un sistema de información geográfica que involucre las dimensiones temáticas ambiental, social, económica, cultural e institucional del desarrollo, en apoyo de los procesos de planificación y ordenamiento territorial

(Ver documento marco en <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/documentos>).

Objetivo general

Contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones, apoyando a los actores en el Sistema de Planeación a nivel nacional, regional y local, con una herramienta tecnológica que soporte la gestión y evaluación de las políticas públicas, con información político-administrativa, socio-económica y ambiental georreferenciada que permita orientar adecuadamente los recursos, mediante: La identificación de las necesidades de información; la disposición de información de buena calidad; el establecimiento de un flujo regulado de información; el fomento de una cultura en el uso de información geográfica para la toma de decisiones; el establecimiento de un marco de gestión interinstitucional a nivel nacional y territorial, que asegure la operación y sostenibilidad del sistema.

Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades de información de los actores en el sistema de planeación a nivel nacional, regional y local y sus capa-

idades y limitaciones en el uso de esta información en los procesos de planeación.

2. Disponer de información de buena calidad (completa, actualizada, estandarizada y documentada) que permita su integración y uso en los procesos de planificación en los diferentes niveles territoriales.
3. Establecer un flujo regulado y estable de información que asegure su disponibilidad oportuna para la toma de decisiones en los procesos de planificación territorial.

Fomentar la cultura en el uso de la información geográfica en la toma de decisiones en los procesos de planeación y gestión a nivel nacional, regional y local.

4. Establecer un marco de gestión interinstitucional a nivel nacional y territorial que asegure la operación y sostenibilidad del sistema.

Imagen 1. Participación Interinstitucional y de Multinivel.



Metodología aplicada

El SIG-OT se ha desarrollado con la participación activa de las entidades nacionales y territoriales como son: La Federación Colombiana de Municipios, la Federación Nacional de Departamentos, la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE,

el Departamento Nacional de Planeación - DNP, los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, de Agricultura y Desarrollo Rural, de Educación, de Transporte, de Cultura, de la Protección Social, las Gobernaciones de Nariño, Valle del Cauca y Cauca, entre otros; así como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); encargado del desarrollo tecnológico y de facilitar los espacios y la metodología para la par-

ticipación interinstitucional, con apoyo de la cooperación sueca a través de Swedesurvey.

Entre los principios rectores del SIG-OT se destaca la construcción colectiva de conocimiento y la generación de resultados útiles y oportunos en la agenda del Sistema Nacional de Planeación. Coherente con lo anterior, se propuso y utilizó el método Rational Unified

Proces (RUP), el cual es un proceso iterativo e incremental que se basa en la evolución de prototipos ejecutables; en cada iteración, el sistema va ganando en desarrollo y facilidades; lo que ha favorecido, además de la construcción de resultados, la apropiación, el aprendizaje institucional y la retroalimentación por parte de todas las entidades. Adicionalmente, se utiliza la Metodología del Marco Lógico para la planeación y el seguimiento del Proyecto.

Estructura organizacional:

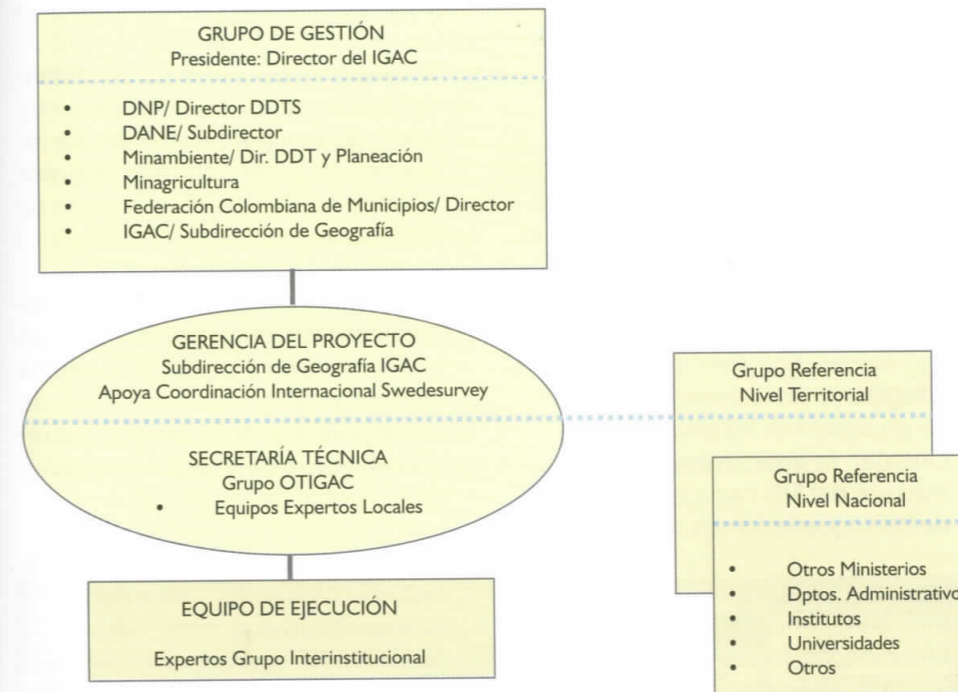


Figura 1. Estructura Organizacional del Proyecto.

Se definieron dos niveles organizacionales:

- **Nivel de direccionamiento:** Conformado por el grupo de gestión, presidido por el director del IGAC e integrado por los subdirectores, viceministros, directores y gerentes de las diferentes entidades participantes. Igualmente, cuenta con el apoyo directo del grupo consultivo nacional e internacional. Su fin es mantener informadas y comprom-

tidas mediante actas a las directivas de cada entidad.

- **Nivel de ejecución:** Integrado por la gerencia del proyecto, ejercida por la Subdirección de Geografía del IGAC; la Secretaría Técnica, ejercida por el Grupo de Ordenamiento Territorial del IGAC; el grupo de ejecución, conformado por los expertos de cada una de las entidades y el grupo de referencia internacional, nacional y territorial, integrado por

los delegados de las entidades participantes.

Principales resultados

A continuación se presentan los resultados por cada objetivo del proyecto, refiriendo el problema que ataca, la estrategia desarrollada, los resultados esperados, indicadores de cumplimiento, resultados alcanzados y las dificultades o situaciones a profundizar encontradas.

Objetivo 1

Problemática Identificada

Desconocimiento de las necesidades de información de los usuarios, y de la capacidad institucional de los actores en el sistema de planeación, para el manejo y uso de información espacial.

Estrategias

- Orientar la metodología de construcción del SIG hacia la satisfacción de los requerimientos del usuario.
- Diseño e implementación de un método estandarizado para la identificación de requerimientos de los usuarios (Información y funcionalidades del sistema).
- Fortalecer la capacidad técnica interinstitucional para la identificación de requerimientos realizando capacitación en este sentido.
- Articulación entre el nivel nacional y territorial, en la identificación de los requerimientos de los usuarios en el sistema de planeación, reconociendo la función de articulación del nivel intermedio (departamental).
- Aprendizaje institucional y precisión de requerimientos, a partir de la

evaluación del uso real y resultados de la implementación de sistemas de información para la planeación a nivel nacional y territorial.

Resultados Alcanzados

- Se ha instalado un proceso de trabajo para la conformación de un sistema de información, y está validado el enfoque hacia las necesidades de la organización y sus usuarios, como énfasis para su desarrollo (ver documentos publicados en la siguiente dirección <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>).
- Se dispone de un método estandarizado para la identificación, priorización y administración de requerimientos de información, por parte de los actores en el sistema de planeación.
- Existe un nivel adecuado de entrenamiento en el Equipo de Ejecución interinstitucional del SIG-OT, para la identificación y administración de requerimientos de usuario; tanto requerimientos de información como de funcionalidades del SIG.
- Se avanzó en la identificación de requerimientos de información y funcionalidades a nivel nacional y territorial, desde el punto de vista de los actores en el sistema de planeación.
- La adaptación de la metodología RUP utilizada en el SIG-OT ha favorecido la apropiación, el aprendizaje institucional y la retroalimentación por parte de todas las entidades.

Objetivo 2.

Problemática Identificada

La información para la toma de decisiones es incompleta, desactualizada, no

documentada ni estandarizada y carece de credibilidad, lo cual dificulta su integración y uso en los procesos de planificación en los diferentes niveles territoriales.

Estrategias

- Establecer una instancia de articulación y coordinación interinstitucional, para fortalecer la producción, acceso y uso de información básica, por parte de los usuarios del sistema de planeación.
- Organizar la información disponible y la producción de información básica, a partir de los requerimientos de los usuarios en el sistema de planeación a nivel nacional, regional y local.
- Acordar interinstitucionalmente estándares para la producción, documentación (metadatos), uso y difusión de la información, dentro de los lineamientos de la ICDE.
- Sensibilizar a los tomadores de decisión y a los organismos productores

de información básica, acerca de los requerimientos de información de los usuarios y a las bondades del uso de información espacial en la gestión pública a nivel territorial.

- Definir concertadamente lineamientos de política para la producción, flujo, acceso y uso de la información.

Resultados Alcanzados

- Base de datos con 228 variables de índole social, económica, institucional, cultural y ambiental, organizada por dimensiones, sectores y objetos de estudio; con series de tiempo y metadatos.
- Acceso rápido, eficaz y permanente a datos de distintas entidades productoras de información estratégica, en temáticas prioritarias para la planeación y el ordenamiento territorial.
- SIG-OT en línea con acceso gratuito, herramientas de análisis espacial, módulos de descarga de datos y consultas avanzadas.



Figura 2. Aplicativo en web del SIG-OT.

Figura 3. Cómo se accede al portal del SIG-OT.



Objetivo 3.

Problemática Identificada

Limitado acceso a la información para la toma de decisiones por parte de los usuarios, en los procesos de planeación a nivel nacional, regional y local.

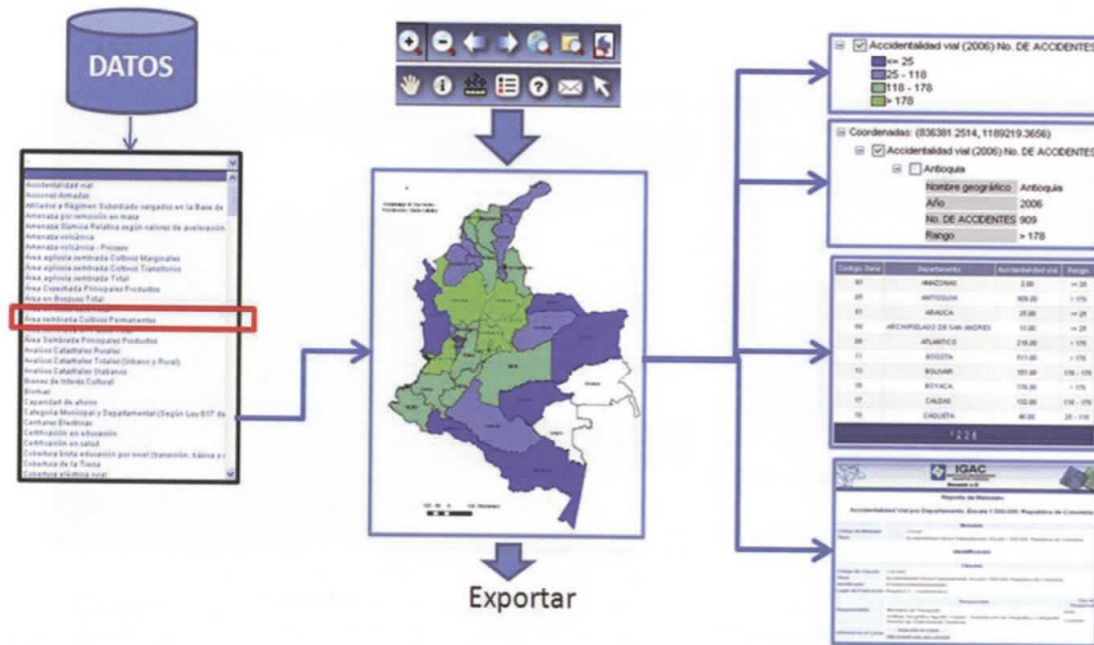
Estrategia:

- Consolidar una política –con base en ICDE– que regule y oriente el flujo y acceso de información geográfica para la planificación y gestión territorial, a nivel nacional y de las entidades territoriales.
- Construir un marco legal institucional que garantice el flujo oportuno y seguro de información geográfica para la planificación y gestión del desarrollo.
- Establecer y adoptar interinstitucionalmente procedimientos estables de entrega de información a los usuarios en los procesos de planeación.
- Documentar la información que se produce (metadato) y poner a disposición de los usuarios un medio de divulgación y consulta acerca de la información producida y el tipo de información disponible en cada entidad.
- Precisar y delimitar adecuadamente la información requerida por el usuario en cada nivel territorial, para reducir los costos asociados a su producción y hacerla asequible a los usuarios.
- Fortalecer el nivel intermedio territorial (departamentos) para la gestión de información y su flujo oportuno entre los niveles nacional y municipal.

Resultados Alcanzados

- Creación de alianzas interinstitucionales desde el inicio del proceso, con el objetivo de construir confianza en torno a compartir información estratégica para la planeación y el ordenamiento territorial. Estas alianzas se han consolidado en la construcción del SIG-OT como la base para establecer un flujo regulado de información y se ha mantenido hasta hoy. La perseverancia y los resultados oportunos en la agenda de planeación, han sido características del proceso del SIG-OT que han generado credibilidad hacia el proyecto.
- El SIG-OT es reconocido como un proyecto demostrativo de aplicación práctica de los conceptos de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), en materia de acuerdos entre productores y usuarios, para la priorización, flujo, acceso y uso de información espacial, entre los diferentes niveles de la administración pública.
- Se ha implementado una aplicación web, construida dentro de los lineamientos de la ICDE, que ofrece funcionalidades SIG con el fin de apoyar la toma de decisiones para el desarrollo territorial en el País.
- Se adoptaron estándares mínimos de transferencia (DIVIPOLA) en torno a la información que fluye en el sistema, como condición básica para facilitar el intercambio de datos.
- Se ha implementado un procedimiento unificado de documentación de la información y productos cartográficos que se difunden a través del SIG-OT. Las variables cargadas en el aplicativo, así como la totalidad de mapas predefinidos nacionales, cuentan con metadatos estandarizados bajo la norma NTC 4611.

Figura 4. Funcionalidades del aplicativo en web del SIG-OT.



Objetivo 4.**Problemática Identificada**

Usuarios técnicos y políticos no utilizan información espacial como una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, en los procesos de planeación a nivel nacional, regional y local.

Estrategias

- Implementar métodos y sistemas amigables de consulta y manejo de información espacial, adecuados a la capacidad técnica y los recursos disponibles por los usuarios a nivel nacional, regional y local.
- Difundir y capacitar en el uso de recursos técnicos y métodos simplificados de análisis de información espacial, apropiados a la capacidad técnica de los actores (autoridades e instancias) del sistema de planeación a nivel nacional, regional y local.
- Introducir un enfoque territorial en la gestión de información.
- Pedagogía a autoridades e instancias de decisión política a nivel nacional y territorial, sobre las bondades del uso de información espacial en los procesos de planeación, y condición que favorece la política de transparencia en la gestión pública.

Imagen 2.
Algunas actividades de difusión del SIG-OT (entrenamientos, presentaciones, participación en Feria de Alcaldes).

**Resultados Alcanzados**

- Se encuentra implementado un aplicativo SIG en línea, como sistema amigable de consulta y manejo de información espacial, adecuado a los requerimientos, la capacidad técnica y los recursos disponibles por los usuarios a nivel nacional, regional y local.
- Se dispone de una versión inicial de métodos simplificados de análisis de la información espacial, aplicados a la caracterización del desarrollo territorial, que pueden ser apropiados en diferentes contextos del país.
- Los avances del SIG-OT han sido difundidos entre autoridades de planeación a nivel nacional y territorial, y se ha llevado a cabo un primer ciclo de capacitación en el uso de la herramienta.
- El SIG-OT es percibido actualmente como una herramienta potente y amigable, que facilita el acceso y análisis de información, y también como un espacio de cooperación interinstitucional para la gestión de información y la producción de conocimiento geográfico del país.
- Se ha introducido un enfoque territorial en la gestión de información en un caso piloto (Región Laboratorio), como construcción de buenas prácticas para el fortalecimiento del nivel departamental.

Objetivo 5.**Problemática Identificada**

Desarticulación y multiplicidad de competencias interinstitucionales en la gestión de la información geográfica (producción, mantenimiento, flujo y uso de la información espacial) que apoye la toma de decisiones para la planeación del desarrollo a nivel nacional, regional y local.

Estrategias

- Consolidar un esquema de gestión interinstitucional entre organismos nacionales y con las entidades territoriales, para el diseño, construcción y sostenibilidad del sistema.
- Desarrollar un marco de política para la articulación interinstitucional y con las estrategias territoriales, para la construcción, operación y sostenibilidad de un Sistema de Información Geográfica que apoye los procesos de planeación a nivel nacional, regional y local.
- Establecer un marco normativo de competencias y recursos que asegure la operación, administración y sostenibilidad del sistema.
- Fortalecer la capacidad de los departamentos en su función de articular la gestión de información entre el nivel nacional y el nivel municipal, en apoyo a los procesos de planeación.
- Hacer sensibilización y pedagogía acerca de la política de datos espaciales y difusión de experiencias exitosas (práctica y resultados) en la gestión de información geográfica en apoyo de los procesos de planeación.
- Enfocar el proyecto SIG-OT como una herramienta de apoyo a la po-

lítica de transparencia de la gestión pública, y en apoyo del sistema de seguimiento y evaluación de la gestión de los recursos del sistema general de participaciones (Ley 715 de 2001).

Resultados Alcanzados

- Se ha mantenido el modelo de organización y de gestión del SIG-OT (Grupo de Gestión, Equipo de ejecución y Grupo de Referencia) basado en coordinación interinstitucional, la construcción de confianza y los acuerdos y compromisos establecidos conjuntamente.
- Se dispone de una experiencia de coordinación interinstitucional de 4 años de trabajo, basada en voluntad y acuerdos de las entidades nacionales y con el apoyo de la cooperación técnica.
- El SIG-OT provee acceso a información oficial estratégica, originada en el esfuerzo de cada institución participante, sin duplicarlo o sustituirlo. El SIG-OT depende de las capacidades de las instituciones participantes y de sus propios sistemas de información, lo cual reconoce la responsabilidad por la información suministrada en cabeza de cada entidad proveedora.
- El reconocimiento por parte del Consejo Nacional de Política Económica y Social de la República de Colombia, Conpes 3585, de la existencia del SIG-OT y su esquema de coordinación y sinergia interinstitucional, que establece la necesidad de formular un plan estratégico al 2019 para asegurar su sostenibilidad al servicio del país.
- Se precisa con mayor fuerza la finalidad del SIG-OT de contribuir a mejorar las decisiones de las autoridades e instancias del sistema de planeación a nivel nacional y territo-

rial, proveyendo información geográfica y ofreciendo herramientas para su manejo, modelamiento, interpretación y análisis.

Lecciones aprendidas

Las principales lecciones aprendidas derivadas de la experiencia pueden resumirse:

Conceptuales

- La orientación dada al proceso como esfuerzo de gestión interinstitucional, ha contribuido a afinar el sistema de información que apoya de manera práctica y sostenible los procesos de planeación y ordenamiento territorial.
- El Proyecto SIG-OT ha abierto un espacio de reconocimiento institucional a nivel nacional, en relación con la importancia de los sistemas de información geográfica como soporte de la toma de decisiones en la gestión pública territorial.
- La priorización de variables y su consecución han evidenciado la necesidad de producción de algunas variables estratégicas para la planificación que actualmente no se construyen.

Metodológicas

- La planificación del proyecto ha sido establecida y adoptada en consenso, destacando la construcción colectiva de conocimiento y la generación de resultados útiles y oportunos en la agenda del Sistema Nacional de Planeación, empleando métodos de visualización o metaplan.
- La metodología seleccionada Rational Unified Procces (RUP), que

propone un proceso iterativo e incremental basado en la evolución de prototipos ejecutables (en cada iteración, el sistema va ganando en desarrollo y facilidades), ha favorecido, no sólo la construcción de resultados, sino también la apropiación, el aprendizaje institucional y la retroalimentación por parte de todas las entidades.

- Se ha logrado la disposición de un aplicativo del SIG-OT en la web al alcance de la comunidad en general de manera amigable y gratuita que se evalúa y reajusta según las necesidades de los usuarios con base en los reportes de pruebas.

Organizacionales

- La instalación formal de una instancia interinstitucional de nivel directivo como Grupo de Gestión, constituyó una base eficaz para mantener activo el compromiso, la participación permanente y el flujo de información hacia el SIG.
- Se avanza en el establecimiento de un marco de gestión interinstitucional. Esto ha requerido que el IGAC, como coordinador técnico, reorganice sus procesos y procedimientos, así como el presupuesto en aras de la sostenibilidad del sistema traducido en apoyo a la tecnología, al equipo de trabajo y a la difusión del proyecto.

Operativas

- Regular el flujo de la información obliga a organización de la información en cada entidad lo que contribuye al mejoramiento de la gestión de datos y en últimas a la eficacia del Estado.
- Se ha establecido un flujo efectivo de información sobre variables

estratégicas del desarrollo territorial.

- La plataforma utilizada está basada en las necesidades y requerimientos de los usuarios y organizaciones involucradas en el proyecto

- La arquitectura propuesta combina diferentes componentes, utilizando los últimos desarrollos de programas SIG y una tecnología de información y comunicaciones que permite avanzar hacia un portal de servicios geográficos en un ambiente distribuido.

Referencias Bibliográficas

CONPES 3585 del 11 de mayo de 2009, Consolidación de la Política Nacional de Información Geográfica y la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales - ICDE.

CONPES 3238 del 11 de agosto de 2003, Estrategias para el Fortalecimiento Departamental.

LEY 152 de 1994, Por la cual se establece la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo.

LEY 388 de 1197, Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones.

SIG-OT, 2006, Documento Marco del Proyecto.

SIG-OT, 2006-2007, Documento Evaluación y Planificación.

SIG-OT, 2007, Memoria del proyecto a nivel territorial.

SIG-OT, 2007, Resultados proceso.

SIG-OT, 2005-2008, Avance y resultados.

Sistema de información geográfica para la toma de decisiones de Corpoica

Luis Fernando Palacio R¹, Marcela Torres C², Hugo Mauricio Mercado³, Lilia Ortiz⁴, Luz Mery Medina⁵, Oscar Marlez⁶, Guillermo Carvajal⁷, Carlos Abaunza⁸.

Resumen

El sistema de Información Geográfica para la toma de decisiones de Corpoica tiene como objetivo la integración de la cartografía básica, temática y raster que posee la Corporación a nivel nacional que integrada con software SIG permite la realización de consultas y análisis espacial para el desarrollo de proyectos de investigación en el sector agropecuario en un ambiente de trabajo cliente servidor y soportado por una base de datos geográfica central.

Palabras clave:

SIG, Toma de Decisiones, cliente servidor, base de datos.

9

Sistema de información geográfica para la toma de decisiones de Corpoica

1 lpalacio@corpoica.org.co
2 mtorres@corpoica.org.co
3 hmercado@corpoica.org.co
4 lortiz@corpoica.org.co
5 lmedina@corpoica.org.co
6 omarlez@corpoica.org.co
7 gcarvajal@corpoica.org.co
8 Cabaunza@corpoica.org.co



Introducción

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, tiene como misión generar y transferir conocimientos científicos y soluciones tecnológicas mediante la investigación y la innovación en servicios y productos para el sector agropecuario colombiano. Por esto es necesario incorporar herramientas que apoyen la toma de decisiones para el desarrollo de la investigación y transferencia de tecnología. Con este fin, se adelanta la creación del Sistema de Información Geográfica para la Toma de Decisiones (SIGTD), que nace como una necesidad que se plantea desde la subdirección de investigación de la corporación y se encuentra enmarcado en el proceso misional de Gestión Acceso y Socialización del Conocimiento con el cual se pretende garantizar el manejo de la información geográfica conforme a las normas técnicas establecidas a nivel nacional y que permita a los investigadores de Corpoica planificar, generar y apoyar procesos de investigación que requieran el uso y análisis de información geográfica.

Materiales y métodos

El SIGTD es un sistema corporativo y como tal debe brindar apoyo a nivel nacional a los investigadores de la corporación; por tal motivo, se plantea un esquema de trabajo cliente servidor el cual está soportado por una base de datos geográfica ubicada en el data center de Corpoica en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca; para su

creación se contó con la contribución de investigadores de diferentes sedes de Corpoica, los cuales mediante su conocimiento, aportaron ideas para la creación del catálogo de objetos el cual se hace teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 053/08.

A partir de este catálogo de objetos, se inicia la creación del modelo de datos con el cual se implementará la base de datos geográfica que soportará el SIGTD; ejecutado este proceso, se realizan las pruebas piloto de conectividad y desempeño de la base de datos para lo cual se conectan algunos usuarios ubicados en el Centro de Investigación CI Tibaitatá, este proceso requiere la constante interacción entre el grupo de geomática, el cual es el encargado de evaluar la funcionalidad de la base de datos y el Departamento de Tecnologías de la Información DTI, con el cual se realizan las pruebas de conectividad y seguridad.

Realizada la prueba piloto se efectúa una evaluación conjunta del desempeño de la base de datos y se hacen los ajustes pertinentes como son: Abrir puertos, asignar usuarios y claves. Teniendo la experiencia del trabajo efectuado en la prueba piloto se conectan las sedes ubicadas en los departamentos de Córdoba, Antioquia, Meta, Tolima (Figura 1) y se procede a documentar este proceso.

La siguiente etapa está en proceso y consiste en la implementación de diferentes servicios WEB que permitirán automatizar tareas como son la evaluación de tierras y la generación de apli-

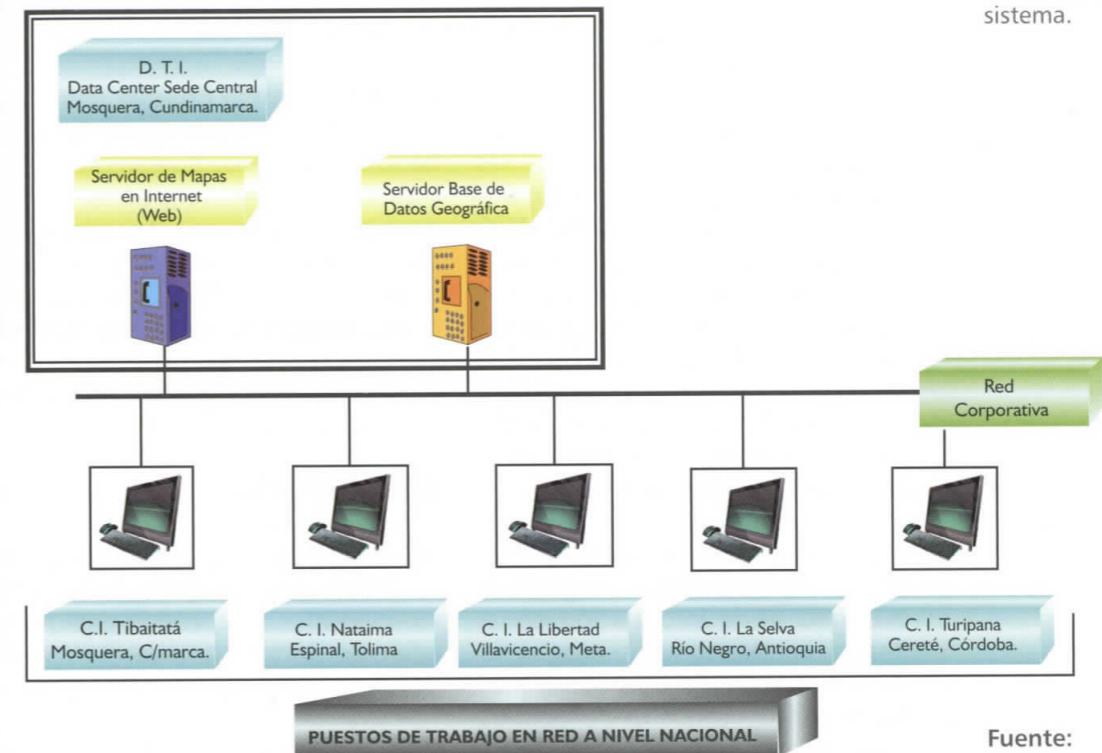


Figura 1.
Arquitectura del sistema.

Fuente:
Elaboración propia.

cativos de escritorio que facilitarán el desarrollo de las investigaciones de la Corporación.

Resultados y discusión

La corporación ha desarrollado diversos trabajos de investigación, los cuales contemplan el uso, manejo y producción de información geográfica, la cual en algunos casos resultó extraviada y, en otros, no cumple con los estándares de producción geográfica. Así mismo, la información geográfica básica,

productos intermedios y los resultados obtenidos en diferentes Centros de Investigación, se encuentran dispersos, sin cumplir con parámetros y estándares y sin contar con un orden lógico que permita su consulta y manipulación. Por lo tanto, no está disponible para ser usada de manera eficiente y oportuna por otras dependencias e investigadores de CORPOICA, causando duplicidad de los datos básicos adquiridos, proliferación y baja calidad de las metodologías de análisis y de sus resultados, lentitud en la obtención de resultados e incumplimiento en algunos proyectos.

Siendo la información geográfica estratégica para la gestión técnica, administrativa, social y económica en el desarrollo de proyectos de investigación, se debe garantizar que los volúmenes y características que se deban manejar, cumplan con el objetivo de servir adecuada y eficientemente para la toma de decisiones, permitiendo el acceso a la información geográfica de todos los investigadores de Corpoica trayendo como beneficios para la Corporación:

1. Información geográfica oficial, que garantiza el cumplimiento de los estándares de producción geográfica establecidos en las normas NTC 5043 - Principios básicos de calidad de los datos geográficos, NTC 4611 - de Metadatos geográficos, NTC DE 055/08 - Especificaciones técnicas de productos cartográficos y con la política nacional de información geográfica planteada en el documento Conpes 3585.
2. Esquema de base de datos central que garantiza la seguridad y disponibilidad de la información construida dando cumplimiento a la norma NTC DE 053/08 sobre Metodología de catálogo de objetos geográficos.
3. Acceso a información geográfica básica y temática y sus atributos relacionados y a información de imágenes de satélite y climática que la Corporación posea o adquiera mediante los diferentes convenios o proyectos.
4. Metodologías de producción cartográfica estandarizadas de acuerdo a las NTC y protocolos predefinidos para algunos procesos de análisis espacial.

Los avances en la implementación del SIGTD han permitido que algunos Centros de Investigación ubicados en diferentes departamentos, estén permanentemente conectados a la base de datos geográfica corporativa, lo cual permite la interacción entre investigadores de diferentes sedes, el intercambio de información, el trabajo colaborativo a nivel nacional y la toma de decisiones teniendo en cuenta diversas opiniones lo cual enriquece el ambiente de investigación.

El SIG tiene como objetivo final llegar a soportar la toma de decisiones a nivel nacional a través de diversos aplicativos, algunos de escritorio y otros vía WEB, para lo cual se tiene planeado a corto plazo la implementación de un sistema de evaluación de tierras teniendo como principal soporte la base de datos de suelos que posee la Corporación.

Conclusiones

La pérdida de información en las instituciones genera la pérdida de la memoria institucional, con lo cual no hay referente de trabajo para el desarrollo de futuros proyectos.

El flujo de información de forma ordenada permite el éxito del trabajo colaborativo en grandes organizaciones, lo cual beneficia a las entidades y sus integrantes.

El SIGTD de Corpoica permite la administración y organización de toda la producción geográfica que se realiza en la Corporación, integrando los diferentes proyectos a nivel nacional.

El cumplimiento de estándares de producción cartográfica y de protocolos de análisis, permite la integración de información proveniente de diferentes fuentes sin contratiempos.

Referencias bibliográficas

- ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE, Understanding GIS, 3a Ed. Editorial ESRI PRESS, 1992.
- GÓMEZ Torán, P., 1986. La informática, una herramienta al servicio del agricultor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones MundiPrensa, Madrid 285 p.
- ZEILER, M. Modeling our World, 1999. Editorial Esri Press, ISBN 1-879102-62-5

Design and simulation of a star tracker for the Aramis nanosatellite

Diego A. Urbina¹

Abstract

Star Trackers are devices that provide higher accuracy than other attitude sensors with the added benefits of 3-axis attitude determination. Nevertheless, Star Trackers are frequently heavy, complex and costly systems that can not be adopted by small satellites such as the ARAMIS from Politecnico di Torino, which needs high-accuracy attitude determination to cover the requirements of certain types of payload.

A preliminary design of a low-mass, low-cost, low-power and coarse accuracy Star Tracker is proposed to satisfy the requirements of the ARAMIS spacecraft. Different available algorithms for identifying the presence of single stars on the imager plane are analyzed, as well as those for pattern recognition necessary to ultimately measure the spacecraft attitude. One set of such image processing and pattern recognition algorithms are chosen for use on board Aramis. Subsequently, they are tested with the experimental use of the 3D open source planetarium Celestia, while a parallel test of the image processing algorithms is performed on real star field imagery to confirm their capabilities with real-world data.

A scheme is proposed to reduce the amount of false results thanks to the use of attitude approximations coming from other sensors, through the homogeneous segmentation of the celestial sphere.

Key words:

Star Tracker, attitude and orbit determination systems, image processing

Resumen

Los sensores de estrellas son sistemas que proveen una exactitud mayor que otros sensores de orientación, con el beneficio añadido de una determinación de la orientación en 3 ejes. Desafortunadamente, los sensores de estrellas son frecuentemente pesados, complejos y costosos, de manera que no pueden ser adoptados por satélites como el ARAMIS del Politécnico de Turín, que necesita una alta exactitud para cubrir los requisitos de ciertos tipos de carga útil.

Un diseño fue propuesto, de sensor de estrellas de reducidos masa, costo y potencia; y de exactitud más baja que los sensores de estrellas comerciales, pero más alta que otros tipos de sensores de orientación; que satisfaga los requisitos de ARAMIS. A continuación, diferentes algoritmos para identificar la presencia de la estrella individual en el sensor CMOS fueron analizados, junto con aquellos necesarios para medir la orientación del satélite. Un conjunto de algoritmos de procesamiento de imagen y reconocimiento de patrón fueron seleccionados. Luego, fueron probados con el uso experimental del popular planetario de fuente abierta Celestia, mientras que un test paralelo de los algoritmos de procesamiento de imagen fueron hechos en imágenes del cielo real, para confirmar su capacidad en el mundo real.

Un esquema fue propuesto para reducir la cantidad de resultados falsos gracias a aproximaciones de orientación provenientes de otros sensores, a través de la segmentación homogénea de la esfera celeste.

Palabras clave:

Sensor de estrellas, sistemas de determinación de orientación y órbita, procesamiento de imagen.

¹ Electronics Engineering Department, Politecnico di Torino, Torino, Italy, diego.urbina@masters.isunet.edu

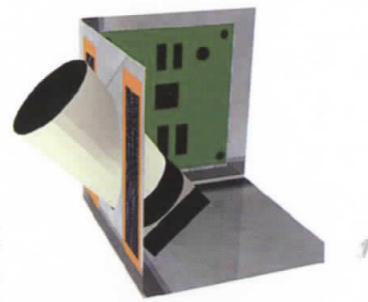


Figure 1. Mockup image of the Star Tracker Setup.

Introduction

Orientation by stars can be traced back to the earliest navigators of the seas who used the stars to know the direction of their journeys by interpreting the visible star constellations. Modern satellites use this very concept to orient themselves in space, but in a more efficient manner.

A Star Tracker takes pictures of the sky, identifies the patterns and compares them with a database of stored patterns. This process ultimately leads

to a measurement of the direction in which the spacecraft is pointing, or attitude. Many different sensors able to determine the attitude of a satellite exist. Of this methods, the one that offers the highest accuracy is the Star Tracker [1].

Aramis is a new type of satellite, evolved from Politecnico di Torino's PiCPoT CUBESAT. The project aims at the creation of a highly flexible small satellite, which won't have to be redesigned almost from scratch for each different mission, taking advantage of the possibilities given by a modular architecture.

Figure 2. Comparison of the Aramis Star Tracker with other Star Trackers: Cost versus Accuracy.

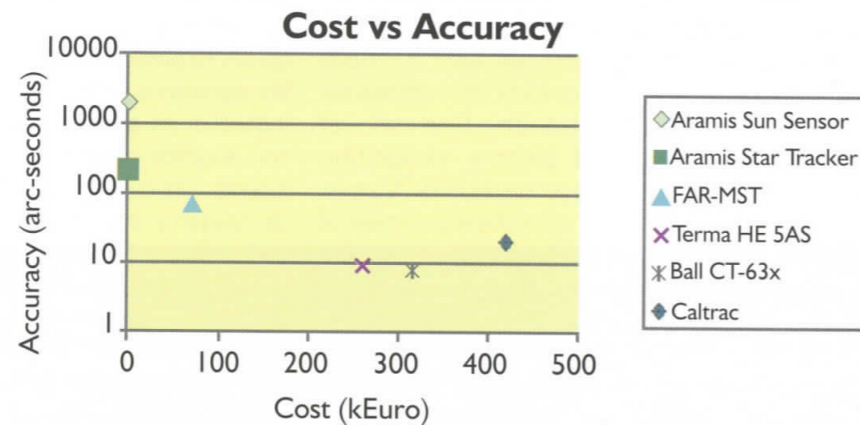


Figure 3. Comparison of the Aramis Star Tracker with other Star Trackers: Mass versus Accuracy.

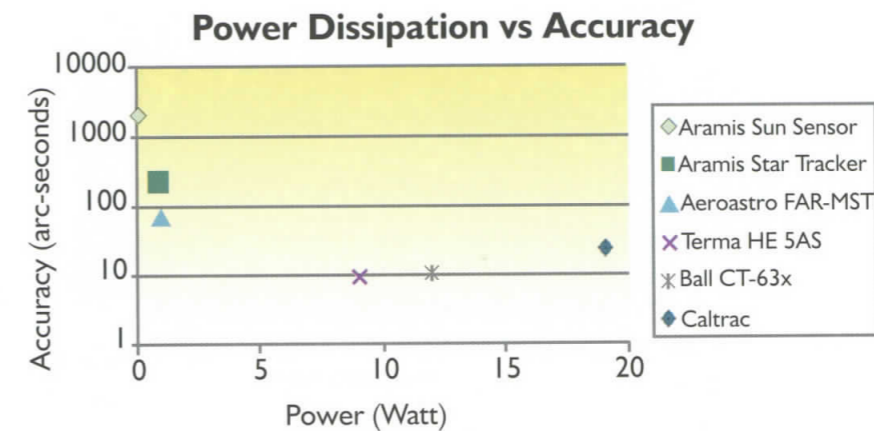
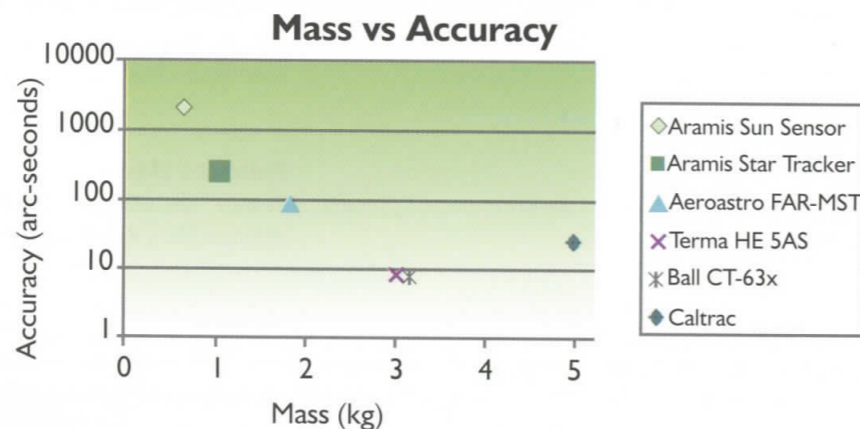


Figure 4. Comparison of the Aramis Star Tracker with other Star Trackers: Power versus Accuracy.

The Aramis Bus will be able to carry different kinds of commercial or scientific payloads that are meant to function in Low Earth Orbit. Certain kinds of payloads, such as telescopes, require high accuracy attitude determination, thus, the need for a Star Tracker on board Aramis arises.

The space environment in which the Star Tracker will work is quite harsh, and consequent Single Event Latchups and Upsets can happen [2][3]. SELs are handled by the power management subsystem, avoiding the complete loss of the Star Tracker and SEUs are mitigated by the use of components less susceptible to radiation, specially for the memories; and in the case of the Imager, by invalidating any attitude reading that comes from SEU-affected images.

Architecture overview

The Star Tracker is composed by two sections. The Star Tracker Camera Unit (SCU) which consists in the optics plus

an imager, and a Star Tracker Processing Unit (SPU), the section that processes the incoming image.

The optics will be based on a CMOS Aptina MT9M001 sensor working together with a Techspec Double Gauss Lens that helps avoid the distorting effects of field curvature [4]. The pinhole solution was discarded because of the excessive necessary integration times due to their scarce light collection area.

The imager detects the impinging photons and translates them into electrons. This signal is then transmitted to the processing unit that is in charge of interpreting the image to obtain relevant attitude data.

The SPU microprocessor will be an Analog Devices Blackfin DSP, a low power consuming yet powerful device [5] that presents an adequate radiation tolerance, and was found being used in various projects including Star Trackers, and Payloads such as those of PicPot and even satellites operating in Polar Orbit [6], which is a high

radiation orbit. Furthermore, in order to protect the necessary databases from SEUs, a Hamming Code scheme will be implemented.

A Yale Bright Star Catalogue was modified for use with the Star Tracker. The whole

celestial sphere was scanned with a window with the dimension of the FOV (entered by the user), with intervals of one degree, leaving the 6 brightest stars for each iteration. Similarly, objects that are not regarded as stars were filtered out from the catalogue.

Figure 5. Full set of stars from the Yale Bright Star Catalogue

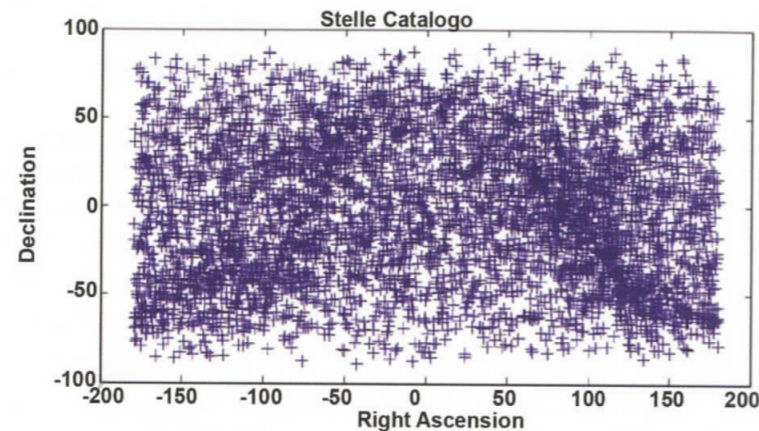
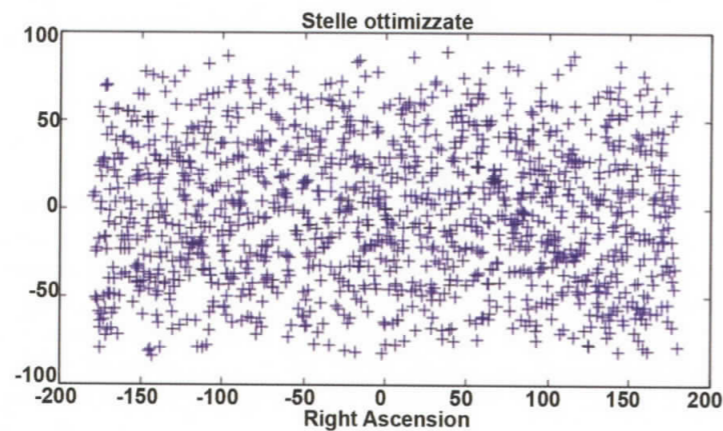


Figure 6. Filtered YBSC stars, leaving at least 6 for any given FOV.



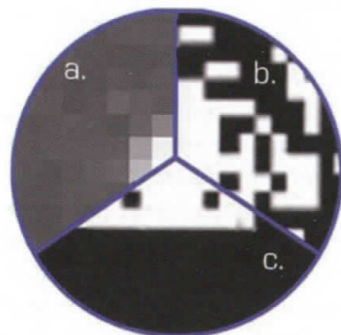
Algorithms

Image Thresholding and Centroiding

A threshold to differentiate star pixels from the background was identified at two times the average grayscale level of the entire picture, averaged also in time, in the last 5 frames. Everything below this level is filtered out, leaving only a group of *potentially valid* pixels and residual noise peaks.

In order to remove these pixels, K. Huffman [7] proposes a 5-by-5 window

Figure 7. a. Original simulated noisy star. b. Resulting mask after thresholding of the simulated image. c. Mask after spike removal.



that scans the image with 5 pixel steps to check the *potentially validity* of at least half of the pixels in the window deeming them ultimately *valid* pixels.

After the noisepike filtering is complete, a centroiding algorithm is run on the valid pixels. Using the grayscale level as the weight, it calculates the x-y position on the imager plane with equation 1

$$pos = \sum_{i=1}^n \frac{Ph_i \cdot position}{\sum_{i=1}^n Ph}$$

Equation 1

where *i* is the actual pixel, *n* is the total number of pixels of the star and *Ph* is the number of photons, or for that matter, the grayscale level of the actual pixel.

Pattern Recognition

A method was developed by C. Cole and J. Crassidis [8] to use planar triangles made up by combinations of three stars. The core idea is that more information can be obtained from a triangle than just from three angles, the latter being a common approach to pattern recognition. This will accelerate the attitude calculation time and will allow us to use less stars in average.

With the unitary vectors pointing to the three stars in the local frame of reference, it is possible to calculate the *area* and *polar moment* of the planar triangle produced by them.

A database was compiled, containing the areas of all the possible star triangles smaller than the Field Of View, along with their polar moment and Harvard Revised Numbers of the stars composing each triangle.

The software running on the Star Tracker computes these two values for

three stars in the Field Of View and tries to find a match in the on board planar triangle database.

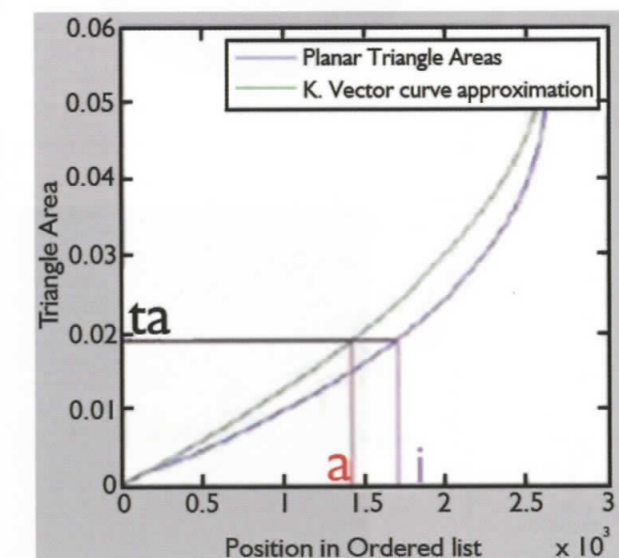
K-Vector

In the ground two lists are made, one with the original indexes of the triangle list ordered with respect to the Polar Moment, and another list of indexes *I*, ordered with respect to their Area. Then, a line is traced from each value of area to the approximating curve. The resulting list *A* will act as an index into the list of indexes *I*, producing the *i* value, which is an index into the list of triangles.

Take for instance, a measured triangle area *ta*. Its value is evaluated in the function describing the k-vector curve, which gives the *a* value. This value is the direct index into the list *I*, which gives the *i* value, that is, the true index in the unsorted list of areas. The same procedure is done for the Polar Moments.

Two boundaries are established based on the variances of Area and Polar Moment. As values Area and Moment obey to a normal distribution, 3σ

Figure 8. K-vector method applied to the Planar Triangle Areas.



where σ is the variance of each of them, is an interval that theoretically guarantees that 99.7% of the times the measurement will fall within these bounds.

Pivoting

In order to avoid the the ambiguous determination of the area and polar moment caused by the use of a range determined by the boundaries described earlier, a pivoting method must be adopted [8]:

An area and moment measurement is performed on the triangle. Three things can happen: no match is found, case in which measurements are restarted from the beginning with a new acquired image (*no result*); a match is found (*conclusive result*), case in which the process is considered successful; and a third case in which no single match is

found (*partial inconclusive result*). In the last case, the measurement of a second triangle is made, this time keeping two of the original triangle's stars, and picking the fourth brightest star, and so on. Each time that a new pivoting occurs, all the triangles that do not share two stars with the previous triangle, are eliminated from the list. At the end, when no more triangles are available, there are three possibilities, *no result*, *conclusive result* and *inconclusive result*.

Aided Mode

In order to avoid taking in consideration triangles that are clearly out of the FOV when a first approximation from a coarse sensor is available, every triangle in the database of star triangles is tagged with the number of the face of an iteratively-divided icosahedron in which its unitary vector falls. Once a first approach of attitude is obtained from the coarser satellite sensors, the system evaluates on which of the 320 faces this approximation vector falls in. It will then exclude any triangle whose center is located outside this face or its directly adjacent faces.

Algorithm test

The centroiding algorithm was tested by selecting a series of adequate night sky images from a popular picture website. These images were taken with commercial photographic equipment.

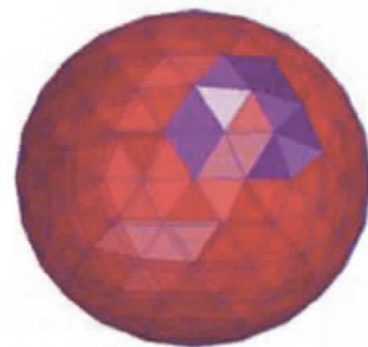


Figure 9. Geodesic sphere showing the area of interest upon reception of the coarse attitude measurement.



Figure 10. A real image with three centroided stars and detail of one of them.

The whole (thresholding and centroiding) algorithm was tested with the experimental use of the Celestia 3D planetarium, its scripting language based on LUA. The catalog was produced in C, and MATLAB, and a simulation using a video feed from Celestia runs on MATLAB. The algorithm attempts to identify the triangle formed by the 3 brightest stars at any time, using the pivoting technique.

The centroider performed flawlessly on images fairly free of compression artifacts (the image will not be compressed in the real hardware).

The simulation sequence, when the aided mode was enabled, gave only true conclusive results as opposed to when the LIS mode was active. It helped increase the reliability of the algorithm, as it automatically rejects results that are blatantly far from reality.



Figure 11. An inconclusive result in the simulation sequence

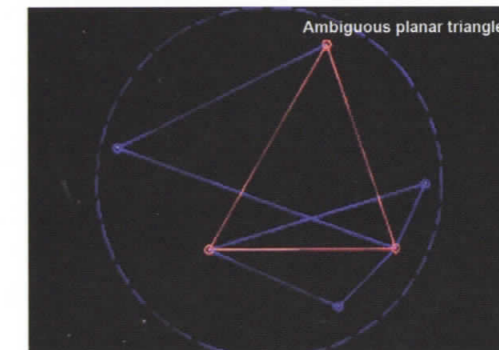


Figure 12. An ambiguous result in the simulation sequence

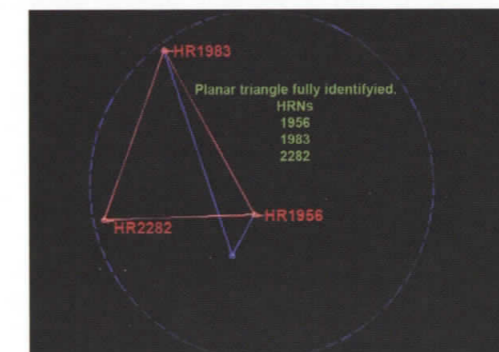


Figure 13. A conclusive result in the simulation sequence

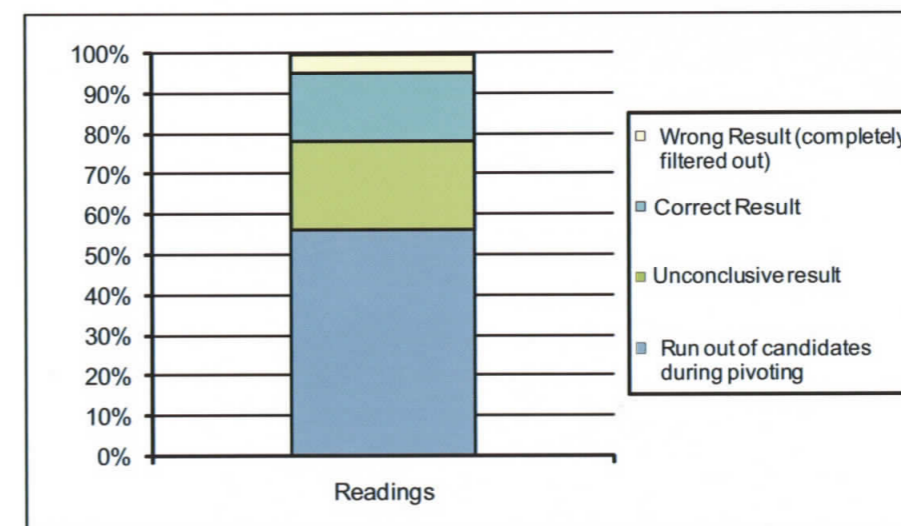


Figure 14. Distribution of the simulation results

Conclusions and future work

A low cost, low mass and low power consuming Star Tracker design was proposed and compared with the state of the art. A preliminary schematics design was produced, and components were chosen based on radiation tolerance, performance and commercial off-the-shelf availability criteria.

Radiation effects on the imager can be mitigated by data encoding and unused pattern exclusion by the means of an operative mode (aided mode) in which data from coarser Aramis sensors is used. This allows to have a smaller pool of patterns, so the likelihood of identifying a triangle that contains a false star diminishes.

Different available algorithms were analyzed and a set was picked from them. The threshold, centroid and pattern recognition algorithms were first tested with the use of the Celestia 3D planetarium.

A set of m-files was produced and documented in order to support the future development of this project.

A star database filterer that can generate a new database with the x brightest stars per FOV was developed and used to make a 6 stars per FOV list with all the necessary data for each star. Along with it, a pattern database generator for the planar triangle was made and used to produce a database of 265292 triangles with their correspondent HRNs, areas and polar moments.

The algorithms were first tried on carefully configured screenshots and then on image sequences.

Future work shall include using the implemented algorithms with the actual optics assembly on the real star field, which should reduce the number of inconclusive and no-results, as the distortions of the star field simulator are eliminated.

Acknowledgment

Thanks to prof. Leonardo Reyneri, prof. Alberto Vallan, prof. Nikolai Tolyarenko, Dr. Angie Buckley, Dr. Jeff Hoffman, Danilo Roascio, Fabio Maggioni.

References

- V. L. Pisacane. *Fundamentals of Space Systems*. Oxford University Press, 2005.
- KENNETH A. LaBel. Single event effect criticality analysis, 15/02/1996 (Retrieved on 15/10/2008).
- NASA. Single event effects specification (draft), (Retrieved on 15/10/2008). <http://radhome.gsfc.nasa.gov/radhome/papers/seespec.htm>.
- UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA MATHEMATICS DEPARTMENT. "Field curvature", (Retrieved on 15/10/2008). <http://www.math.ubc.ca/cass/courses/m309-01a/chu/Aberration/field.htm>.
- ANALOG DEVICES INC. ADSPBF533 data sheet, 2007.
- JET PROPULSION LABORATORY M. Elghefari. Interoffice memorandum iom 5144-07-017a on ecliptic sel test, 2007.
- KARA M. Huffman. Designing star trackers to meet micro-satellite requirements. Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- CRAIG L. Cole (1); John L. Crassidis. Fast star-pattern recognition using planar triangles. *Journal of guidance, control, and dynamics*, pages 64-71, 2006.

11

Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión municipal.
La implementación del Sistema Georreferenciado de Información Socioeconómica y el Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de Montería (SIGISOT), Córdoba, Colombia

Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión municipal.

La implementación del Sistema Georreferenciado de Información Socioeconómica y el Ordenamiento Territorial de la Alcaldía de Montería (SIGISOT), Córdoba, Colombia

Doris Helena Serrano Amaya¹, Teonila Aguilar Jiménez², Wilson Bayardo Castro Guerra³.

Resumen

El SIGISOT es un proyecto desarrollado en forma conjunta por la Alcaldía de Montería y la Universidad de Córdoba, con la coordinación del Departamento de Geografía. Sus objetivos fueron diseñar e implantar un sistema de gestión de información geográfica con la información proveniente del ajuste al Plan de Ordenamiento Territorial, las estadísticas agregadas de los programas que desarrollan las Secretarías y áreas técnicas de la municipalidad y demás información necesaria para la gestión que requiera de este tipo de datos. El proyecto se realizó mediante una metodología de tipo espiral creciente, con la participación de los funcionarios de la Alcaldía con quienes se definieron las funcionalidades y desarrollaron tareas de validación y verificación de cada etapa del proyecto. La elaboración del sistema se llevó a cabo en cinco fases de trabajo: Diagnóstico, análisis, diseño, desarrollo e implementación.

El aplicativo permite realizar diversas funciones como son: Selección e identificación de elementos sobre 94 capas de información, visualización de fotografías, generación de mapas en formato pdf, reportes html,

consultas transversales, gráficas de estadísticas sobre temas de salud, educación, proyectos, programas de atención social y accidentes de tránsito, consultas avanzadas mediante operadores lógicos, operaciones geográficas de análisis espacial entre capas de datos, búsqueda por geocodificador, consulta de la normativa urbana, carga de datos y administración de usuarios. El desarrollo fue elaborado con software libre en lenguaje PHP y JAVA, componentes de FLEX, MapServer para su publicación y PostgreSQL PostGIS como gestor de la base de datos.

El resultado de este proyecto es una herramienta de gestión municipal, que se puede acceder desde cualquier navegador web al vínculo del aplicativo, ubicado en la página de la Alcaldía de Montería⁴, en donde se puede consultar la información geográfica organizada por zonas de interés: General, urbana y rural.

Palabras clave:

SIG vía web, Gestión municipal, Bases de Datos, Consultas geográficas.

1 Profesora Universidad de Córdoba. Agróloga. Especialista SIG. MSc. Geomática. E-mail: dserranoamaya@gmail.com
2 Profesora Universidad de Córdoba. Lic. Ciencias Sociales. Candidata MSc. Geografía. E-mail: teonila7@gmail.com
3 Profesor Universidad de Córdoba. Geógrafo. Especialista SIG. E-mail: wilsonbayardo@gmail.com
4 www.monteria-cordoba.gov.co



Introducción

El avance de las tecnologías de gestión de información, el mejoramiento de la infraestructura de las redes de datos y los adelantos de las metodologías utilizadas para la implementación de los Sistemas de Información Geográfica, han contribuido a mejorar los procesos investigativos, generando un mayor dinamismo en algunas ciencias y en organizaciones empresariales. Estas últimas, se han visto obligadas a buscar nuevos mecanismos que les permita la publicación de su información de una forma más eficiente, efectiva, económica y de fácil utilización. Es así como la Alcaldía del Municipio de Montería, incursiona en este ámbito, a través de la implementación del Sistema Georreferenciado de Información Socioeconómica y el Ordenamiento Territorial SIGISOT, como elemento fundamental de organización, consulta y manejo de la información espacial y atributiva del ente territorial. Con la instalación de este sistema, la Administración Municipal obtiene una herramienta eficaz que le permite tener un manejo adecuado de la información geográfica, un apoyo en los diferentes procesos de planificación y toma de decisiones y a su vez, permite realizar un seguimiento y evaluación a sus procesos y proyectos.

Se debe tener en cuenta que tanto los procesos de planificación como de toma de decisiones, requieren información confiable y actualizada que le permita al gobierno municipal tener una visión de su realidad y donde se puedan identificar las particularidades del territorio.

Antecedentes

El uso de Sistemas de Información Geográfica es relativamente reciente; sin embargo, en las últimas décadas se ha experimentado una creciente aplicabilidad, tanto en el ámbito de la profesión geográfica, como en otras áreas del conocimiento. En la actualidad la utilización de esta herramienta abarca un sinnúmero de posibilidades tanto en entidades públicas como privadas.

Son muchas las experiencias que se cuentan con el uso de SIG. Un ejemplo a nivel global, que se destaca por la cantidad de información que maneja, al contar con más de 70 países miembros y 30 organizaciones adicionales, es el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF), el cual tiene disponibles, de manera gratuita en un portal de Internet, todos los datos posibles sobre biodiversidad. El sistema de información opera como un servicio Web que usa proveedores de distribución de datos, localizados a través de un registro central. Toda la información vinculada al sistema utiliza protocolos y formatos estándares. Los proveedores de datos deben instalar programas especiales que les permitan acceder a las bases de datos locales (Saarenmaa, 2006).

En Colombia, en las últimas décadas se ha incrementado el uso de los SIG y son ya varios los aplicativos desarrollados que demuestran su importancia. Las experiencias de aplicaciones en el ámbito de la gestión pública son más recientes aún. Siendo los ejemplos destacados en el país:

- El Sistema de Información Regional (SIR), que almacena la información de instituciones públicas y privadas. Su desarrollo está orientado al acopio, almacenamiento y distribución de información requerida para el desarrollo sostenible de la Eco – región del Eje Cafetero⁵.
- El Sistema de Información Geográfica para el Ordenamiento Territorial Nacional (SIGOT), es una aplicación práctica de las políticas de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE). Reúne información espacial de diferentes entidades públicas a nivel nacional y departamental con lo cual se “busca conformar un sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial, cuyo objetivo central es contribuir a una eficiente y oportuna toma de decisiones, apoyando a los actores, a nivel nacional, regional y local, con una herramienta tecnológica que soporte la gestión y evaluación de las políticas públicas, con información político-administrativa, socio-económica y ambiental georreferenciada que permita orientar adecuadamente los recursos (IGAC, 2008)”.
- El Sistema de Información Territorial de la Alcaldía de Medellín (SITE), es un aplicativo que permite realizar algunas tareas geográficas como son: Seleccionar elementos geométricos, realizar consultas por atributo, generar shapes o capas de datos e imprimir mapas. Este proyecto sirve además como mecanismo de acceso a la información geográfica y territorial del Municipio, en donde las distintas secretarías han aportado su conocimiento temático, como instrumento para la toma de decisiones, basado en políticas y lineamientos de manejo de información geográfica⁶.
- El SIG del Municipio de Floridablanca, Departamento de Santander, permite acceder a la normatividad y los esquemas gráficos correspondientes a cada tipo de uso, tratamiento y actividad en el suelo urbano y rural del Municipio, haciendo uso del software MAPSERVER como un vínculo adicional a la página Web de la Administración Municipal⁷.
- El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, desarrolló una herramienta en software libre para publicar información en la Web, permitiendo visualizar, consultar y descargar información espacial relacionada con ecosistemas y demás información biológica del país⁸. Este Sistema de Información Geográfica surge por la necesidad de divulgar, publicar y socializar información relacionada con biodiversidad, debido a la creciente demanda de la información generada por usuarios internos y externos del instituto.

Problema

El Municipio de Montería y en particular la Alcaldía, como entidad encargada de administrar sus recursos e implementar las estrategias de planificación y desarrollo maneja gran cantidad de información que difícilmente el ciudadano común puede conocer, pues esta información se encuentra en formatos análogos y en oficinas de archivos a la cual no tienen acceso de manera rápida y oportuna. A nivel interno, también existe esta debilidad y es que los resultados obtenidos de las actividades propias de cada dependencia no son

5 <http://www.sirideec.org.co>

6 <http://portal.medellin.gov.co>

7 <http://www.floridablancasig.com>

8 <http://www.humboldt.org.co/humboldt>

utilizados por el resto de funcionarios de esa misma área o de áreas distintas, para dar continuidad o retroalimentar los procesos administrativos. Esto se debe en general a los continuos relevos de personal comunes en este tipo de entidades y al manejo documental que se acostumbra en las mismas. Existe información que requiere ser compartida entre las diferentes secretarías y áreas técnicas, como son los reportes o bases de datos del Sisben, que son utilizados por las secretarías de Salud y Gobierno; asimismo la Secretaría de Educación comparte información con la Secretaría de Infraestructura y la oficina de Gestión Social, entre otras. Para poder intercambiar esta información se requieren trámites y solicitudes que demandan tiempo y recursos. Adicionalmente se presentan congestiones permanentes en algunas dependencias que manejan información de interés general y de consulta permanente.

De igual manera, existe la necesidad de que la comunidad conozca su entorno y todos los procesos organizativos que se han venido implementando producto de las políticas de ordenamiento del territorio y los programas y proyectos que hacen parte de esas políticas, así como los programas de asistencia social del nivel nacional que son canalizados a través de oficinas seccionales a nivel municipal. Se evidencia así, la necesidad que esta información se encuentre disponible y accesible tanto para funcionarios como para la sociedad en general.

Objetivos

General

Diseñar e implementar el Sistema de Información Geográfica de la Alcaldía de Montería como herramienta de soporte

a la gestión de información y toma de decisiones.

Específicos

- Identificar y analizar los requerimientos de los diferentes usuarios del sistema para determinar los módulos funcionales del mismo.
- Diseñar e implementar la base de datos que responda a las necesidades y requerimientos del sistema.
- Evaluar la información geográfica existente que contendrá el SIG y levantar la información pertinente acorde a las necesidades y funcionalidades del sistema.
- Desarrollar interfases para usuario final acorde a las funcionalidades identificadas en la etapa de análisis del proyecto.
- Implementar el sistema y desarrollar pruebas que garanticen el correcto funcionamiento del mismo.
- Consolidar ambientes de apoyo y transferencia tecnológica como elementos clave en los procesos de gestión acorde a los avances tecnológicos y necesidades de modernización del sector público siguiendo los lineamientos del Gobierno Nacional⁹.

Metodología

El trabajo se llevó a cabo en 5 fases: Diagnóstico, análisis, diseño, desarrollo e implementación.

En la etapa de diagnóstico se identificaron las dependencias que conforman la estructura organizacional y administrativa de la Alcaldía y las empresas conce-

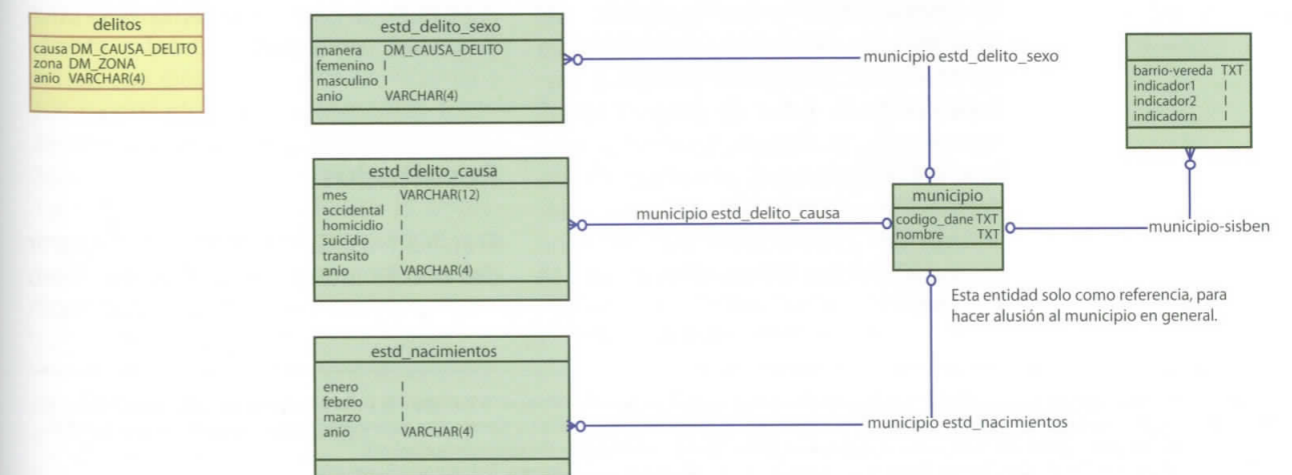
sionarias, que aunque no hacen parte de la estructura organizacional de la Alcaldía, son empresas que se encargan, mediante un contrato de concesión otorgado por la entidad, del manejo y administración de algunos bienes y servicios con información de interés público, considerada para ser incluida en el SIGISOT. Todo esto con el propósito de establecer las actividades técnicas y administrativas que requieren el uso de información geográfica y establecer las funcionalidades que cumplirá el sistema. Posteriormente, se aplicó un formulario con el propósito de identificar, cuantificar y evaluar cada uno de los productos generados en las secretarías y áreas técnicas. Se buscó obtener claridad sobre las características específicas de la información con que cuenta la Alcaldía, los productos geográficos que se generan y los que se desearían obtener, conocer los requerimientos en información para el desarrollo de las actividades, la existencia de procesos automatizados para el procesamiento de datos, la existencia de bases de datos, además de los mecanismos de acceso a la información existente, siendo esto último un dato fundamental para determinar los permisos de acceso y manipulación de información para cada uno de los usuarios. Por último, en el formulario se consulta sobre la infraestructura tecnológica (internet, intranet, licencias de software) con la que

cuentan actualmente cada una de las dependencias de la Alcaldía y a partir de aquí generar las exigencias para la implementación del sistema.

En la fase de análisis se definieron los requerimientos y necesidades de los usuarios que permitieron establecer las funcionalidades prioritarias del sistema para cada Secretaría y/o dependencia. Incluyó la propuesta de arquitectura y la evaluación del estado de la información geográfica identificada en el diagnóstico y los procesos de ajuste a la misma.

A partir de los resultados del análisis, se comenzó la etapa de diseño, en la cual se elaboró el modelo entidad relación donde se plasmaron los aspectos físicos, económicos y sociales relevantes para la Administración Municipal (ver figura 1) y se implementó el modelo de datos relacional para el aplicativo SIGISOT con el fin de modelar la información a incluir y administrar los datos dinámicamente; adicionalmente tiene como ventaja su fácil entendimiento para los diferentes tipos de usuarios de la base de datos. La información puede ser recuperada mediante "consultas" que ofrecen una amplia flexibilidad y facilita al administrador el almacenamiento de la información. El lenguaje utilizado para construir las consultas a bases de datos relacionales fue Struc-

Figura 1. Esquema del modelo entidad relación para la Secretaría de Salud.



9 Gobierno en línea (<http://www.gobiernoenlinea.gov.co>). ICDE Infraestructura Colombiana de Datos espaciales (<http://www.geoportal.gov.co/>). Sistema de información geográfica para el ordenamiento territorial nacional, SIGOT (<http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/>). Sistema de información para la contratación estatal SICE (<http://www.sice-cgr.gov.co/>). Comisión colombiana del espacio (www.cce.gov.co). Portal único de contratación (www.contratos.gov.co), Agenda de Conectividad (www.agenda.gov.co).

tured Query Language –SQL, o Lenguaje Estructurado de Consultas, que es un estándar implementado por los principales motores o sistemas de gestión de bases de datos relacionales.

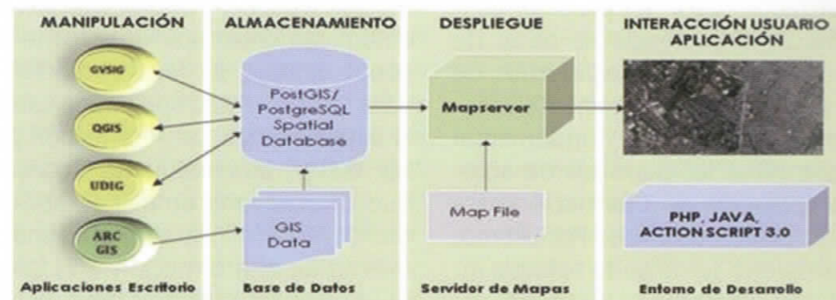
Para la etapa de desarrollo e implementación del SIGISOT, se utilizó software libre: GvSIG, PostgreSQL PostGIS, Mapserver y el servidor Apache, los cuales incluyen funcionalidades para el manejo y manipulación de la base de datos espacial y atributiva. Las alternativas libres mencionadas son totalmente interoperables, es decir, pueden importar formatos tales como DXF, Shape Files, DGN, asimismo, pueden conectarse a otras bases de datos y exportar a una variedad de formatos. Tienen también implementados el formato estándar GML, definido por la OGC.¹⁰

Para la integración de los diferentes componentes se empleó JAVA y PHP,

lenguajes de programación que han permitido realizar diferentes operaciones geográficas de manera dinámica con Mapserver, conectándose a la base de datos geográfica elaborada en PostgreSQL PostGIS. Para la interacción de la aplicación con el usuario se ha utilizado Flex 3 de Adobe, herramienta que ha permitido el desarrollo de aplicaciones enriquecidas para Internet (Rich Internet Applications). Esta clase de aplicaciones enriquecidas tienen características similares a las aplicaciones desktop en cuanto a la facilidad de manejo y optimización del tráfico de datos entre el cliente y el servidor, haciéndolas más livianas y rápidas en su respuesta en comparación con aplicaciones Web tradicionales basadas en HTML.

La arquitectura para este tipo de aplicaciones tiene cuatro componentes principales, como se diagraman a continuación (ver figura 2).

Figura 2. Arquitectura Básica Aplicaciones para Visualización de Mapas¹¹.



La implementación, última fase de todo este proceso se llevó a cabo con la implantación y configuración del aplicativo en el servidor de la Alcaldía de Montería. El proceso incluyó la instalación de la base de datos PostGIS PostgreSQL, la disposición del servidor con las aplicaciones, el cargue de información a la base de datos, la ordenación del archivo MAP que contiene la configuración de los shapes que se

visualizarán en el aplicativo y la configuración de parámetros del servidor, el cual cuenta con un sistema operativo Windows Server 2008.

Resultados

El aplicativo SIGISOT tiene acceso a partir del vínculo integrado en la página Web

de la Alcaldía de Montería (ver figura 3). Se encuentra organizado por módulos: Consulta y Carga de datos (ver figura 4), donde los usuarios pueden acceder a la visualización de información, consultas espaciales, generación

de gráficos a partir de estadísticas, ubicar sitios de interés a partir de direcciones, elaborar mapas o actualizar la información. Estas funcionalidades se describen a continuación:



Figura 3. Vínculo de entrada a SIGISOT.

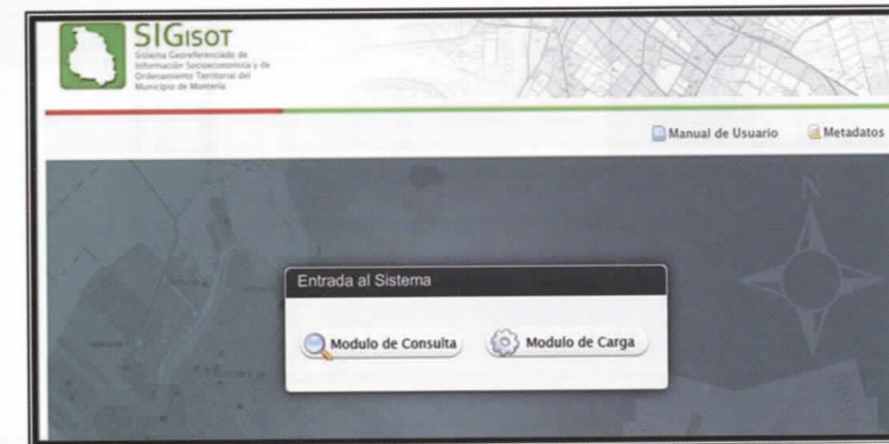


Figura 4. Módulos de Consulta y Carga de datos.

Visualización y consulta de atributos a las capas de datos

Permite presentar en un ambiente sencillo la información espacial correspondiente a las capas de datos básicos y temáticos elaborados por la Alcaldía y los recopilados de las diferentes fuentes o entidades productoras que facilitaron la información para este sistema. La cual se accede mediante la implementación de un visor geográfico, que contiene las siguientes operaciones (ver figuras 5, 6, 7 y 8):

- Acercamientos y alejamientos para observar con diversos detalles la información, observación de toda la extensión de los datos, selección de un área de interés, almacenamiento de vistas anteriores y posteriores, escala de visualización y opción para impresión.
- Consulta de atributos individual y de forma transversal a las capas de datos que se encuentren activas. Esta información puede contener archivos vinculados como fotografías o documentos.
- Elaboración de mapas. Esta funcionalidad permite la generación de

10 El Open Geospatial Consortium (OGC) es un consorcio internacional que reúne a compañías privadas, agencias gubernamentales y universidades, las cuales participan en un proceso de consenso para definir y desarrollar estándares y especificaciones que posibiliten el intercambio de información entre diferentes aplicaciones. <http://www.opengeospatial.org>
 11 Adaptada de Adding Spatial Smarts to PostgreSQL with PostGIS. Paul Ramsey Refractions Research.

una salida gráfica de la información activa y desplegada en el visor geográfico, de forma que pueda ser impresa en el dispositivo de salida que

tenga el usuario consultor. El diseño del mapa contiene elementos básicos de diseño, como son leyenda, norte y escala.

Figura 5. Vista de la consulta general en el entorno del aplicativo.

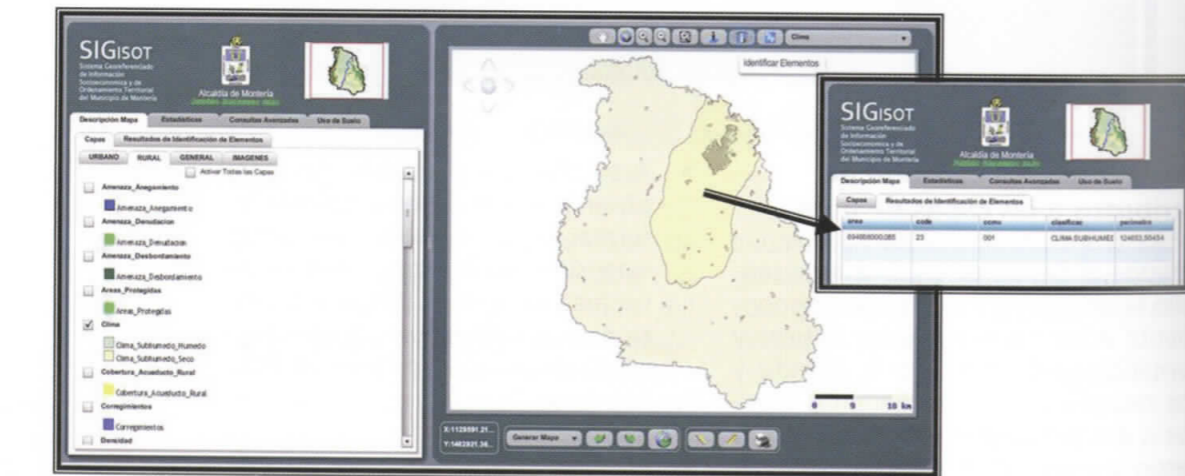
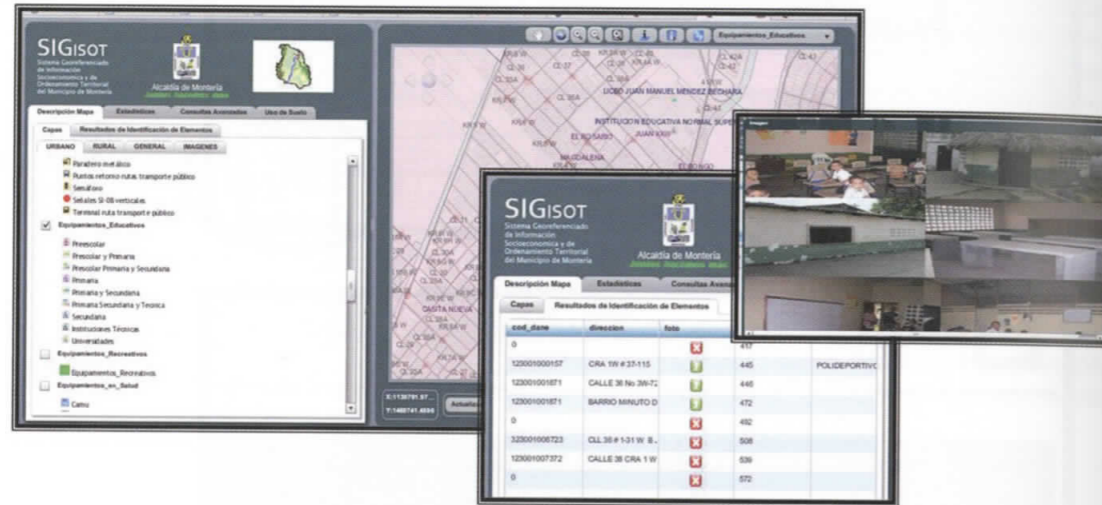


Figura 6. Consulta de atributos de las capas de datos.



Figura 7. Ejemplo de consulta transversal de atributos de las capas de datos activas a un predio señalado.

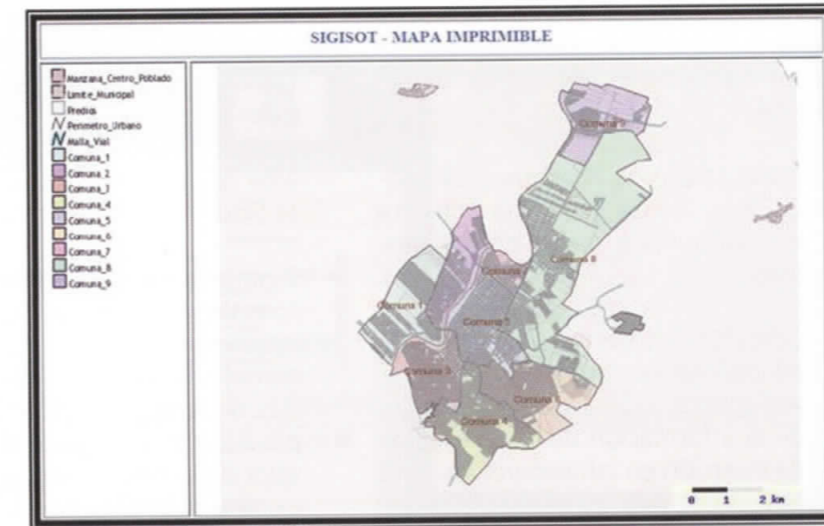


Figura 8. Mapa en formato PDF generado a través del aplicativo.

Generación de gráficos estadísticos

El módulo presenta la información estadística en forma de tortas o barras (ver figuras 9 y 10) de las variables estratégicas a nivel del Municipio y agregada a las unidades territoriales internas para la zona urbana y rural. Para análisis comparativo se muestran además, los indicadores que por su comportamiento periódico permiten conocer la dinámica de la información.

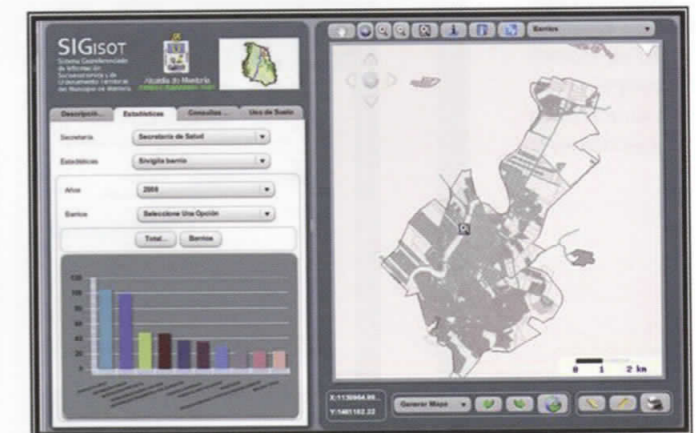
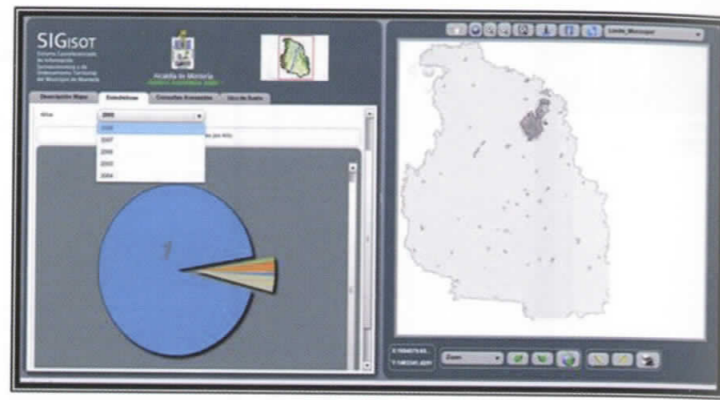


Figura 9. Gráfico de la cantidad de casos por diversas enfermedades a nivel de barrio.

Figura 10. Gráfico que presenta la cantidad de los tipos de accidentes en distintos años. Información de la Secretaría de Tránsito.



Consulta espacial

Este módulo facilita la búsqueda y representación de la información espacial y atributiva correspondiente a las capas de datos publicadas, permitiendo las siguientes actividades (ver figuras 11, 12, 13 y 14):

- Presentación de los elementos geográficos vinculados a una consulta por atributos y realce de los mismos.
- Consultas a la base de datos a partir de operadores lógicos (igual, mayor, menor, diferente) visualización de la información de los proyectos de inversión en infraestructura. Esta función permite hacer una búsqueda de los proyectos por Secretaría, estado, ubicación y descripción. Se

genera un reporte, donde en un nuevo ambiente del visor se puede observar la localización del proyecto y conocer documentación de soporte del mismo (fotos o fichas).

- Elaborar análisis geográfico a cualquier elemento de la base de datos. Incluye funciones de intersección, área de influencia (buffer) o contacto (Touch).
- Búsqueda de vías o predios por la concatenación de los elementos de las direcciones. Esta funcionalidad permite la ubicación de predios y vías de la zona urbana del Municipio a partir del ingreso del dato del valor de la intersección entre calles y carreras o transversales y diagonales con un área de influencia, del cual se selecciona el predio de interés.

Figura 11. Consulta de atributos por operadores lógicos.

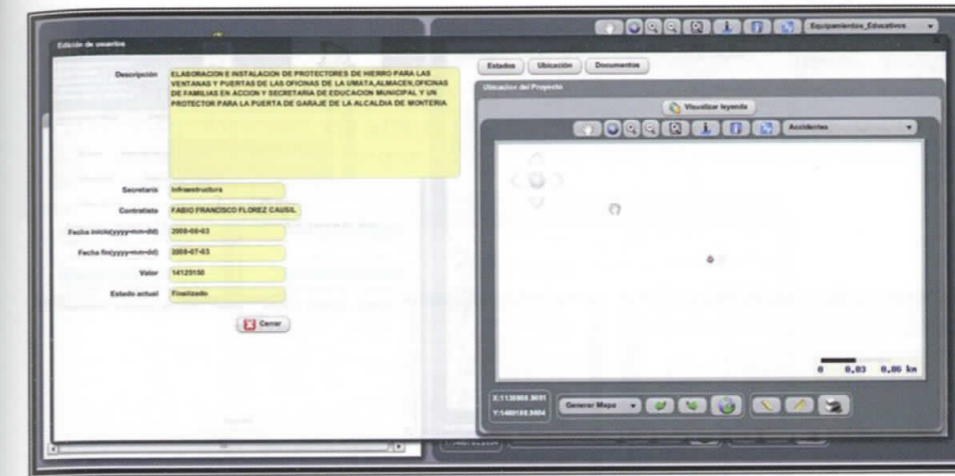


Figura 12. Consulta de las características de los proyectos de inversión en infraestructura del Municipio.

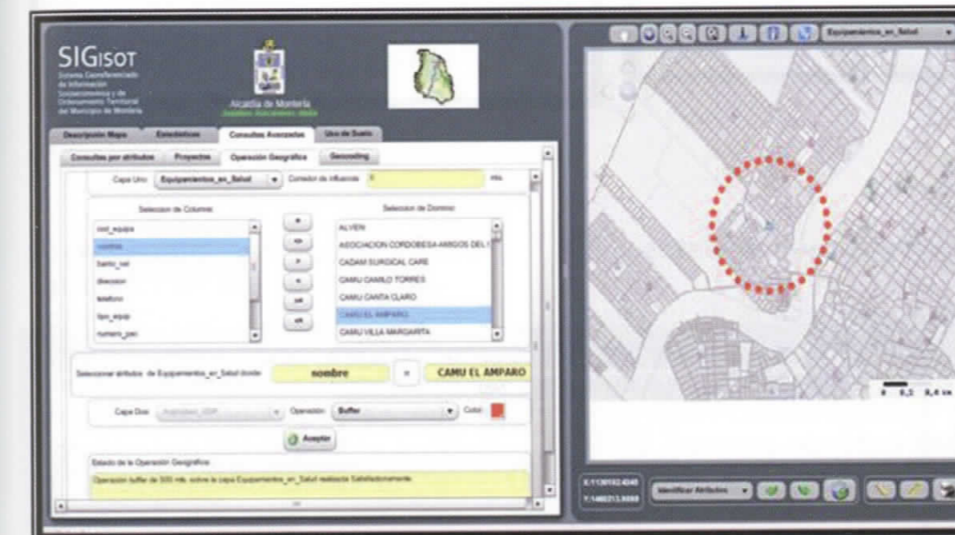


Figura 13. Áreas de influencia de una determinada distancia definida por el usuario a partir de elementos de interés.



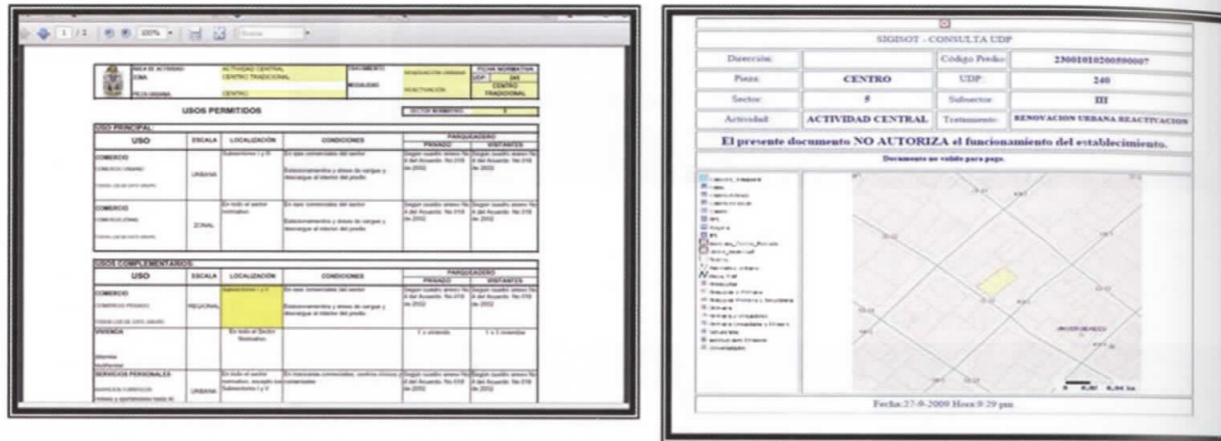
Figura 14. Ejemplo de la ubicación de un predio por búsqueda de su cercanía a una intersección vial

Uso del suelo

Esta funcionalidad permite la consulta de la información del uso del suelo de los predios urbanos, por dirección

o por código catastral. Se muestra además la normativa del mismo y se genera un reporte (en formato PDF) que puede ser guardado para su posterior impresión (ver figura 15).

Figura 15. Ejemplo de consulta de la normativa de uso del suelo urbano.



Edición y cargue de datos

Esta funcionalidad es de uso exclusivo de la Alcaldía puesto que permite (ver figuras 16, 17 y 18):

- Definición de permisos de acceso a los datos. Esta funcionalidad permite acceder a través de password suministrados por el administrador del sistema, los cuales una vez validados, los usuarios tienen la posibilidad de actualizar o adicionar las estadísticas en cada Secretaría y editar los proyectos de infraestructura.
- Adición o actualización de la información estadística mediante el cargue de archivos planos TXT o en formato XLS. Mediante esta función los usuarios adicionan datos a la base de datos o cambian los que ya se encuentran almacenados.
- Edición de características y ubicación espacial de los proyectos

de inversión en infraestructura a partir de sus coordenadas o por ubicación de elementos existentes en las capas de educación y salud. Esta funcionalidad permite ingresar, editar o eliminar la descripción y la ubicación espacial del proyecto, el cual puede estar vinculado a un punto o una línea cualquiera o a un equipamiento o predio. Tiene la versatilidad de que su almacenamiento es de tipo multigeométrico, es decir, a varios puntos o varias líneas o puntos y líneas. Los proyectos pueden tener un seguimiento ya que almacenan los estados y las fechas de estos.

Información adicional

Para el manejo del aplicativo y las características técnicas de la información contenida en el sistema se elaboraron los siguientes manuales y documentación anexa:

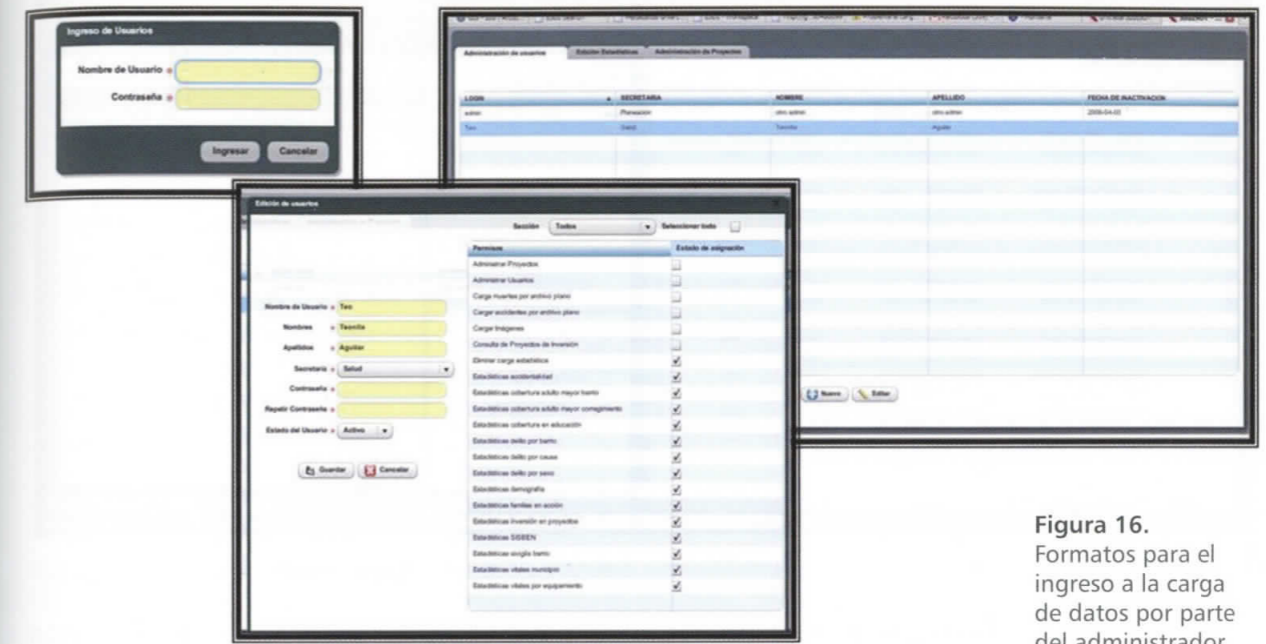


Figura 16. Formatos para el ingreso a la carga de datos por parte del administrador del sistema y los usuarios responsables de esta actividad de cada Secretaría.

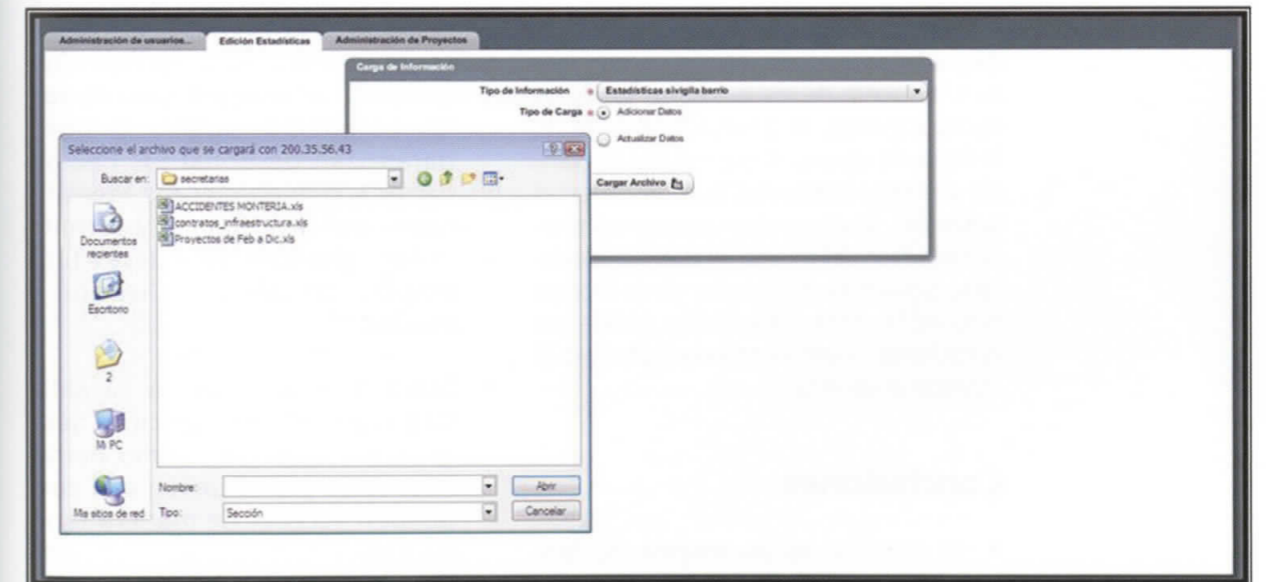


Figura 17. Formato para el cargue de archivos. xls y txt de estadísticas del aplicativo.

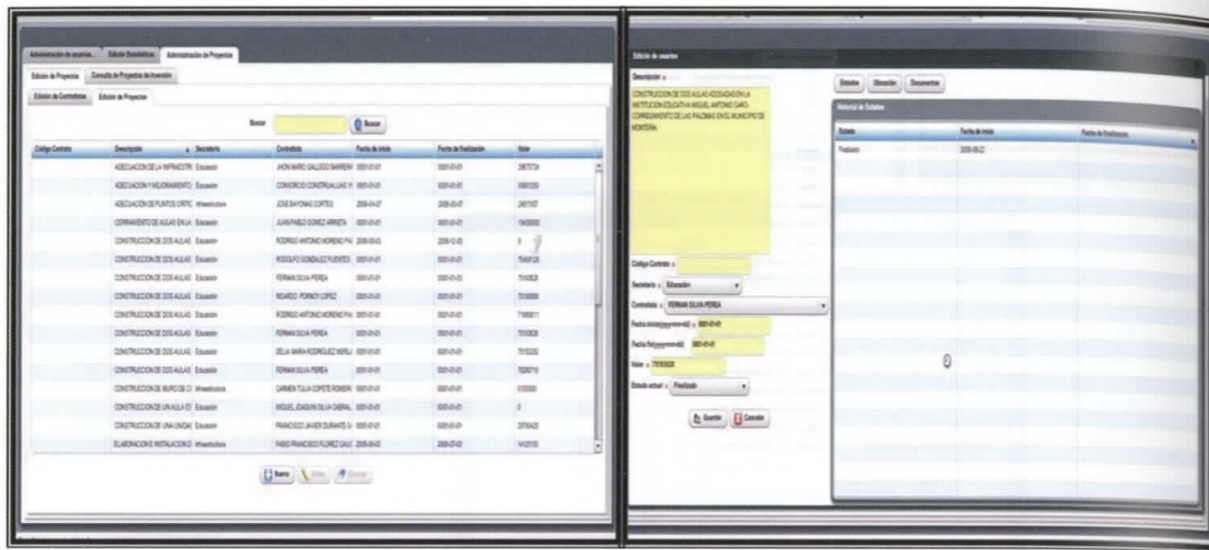


Figura 18. Edición de proyectos desarrollados por Secretaría de Infraestructura de la Alcaldía.

Manuales de usuario e instalación:

El manual de usuario contiene las funcionalidades del sistema y puede ser accedido desde el mismo aplicativo. El manual de instalación se encuentra en el área de sistemas, el cual recopila los pasos para la configuración del aplicativo y la instalación de la base de datos en el servidor que la Alcaldía a dispuesto para el alojamiento y acceso del SIGISOT.

Metadatos: La información concerniente a la fuente de los datos, los procesos llevados a cabo, la organización física de la base de datos, el sistema de referencia y demás elementos que describen el aplicativo, se encuentran consignados en el metadato del mismo, el cual fue elaborado siguiendo el estándar de la Norma NTC 4611. Esta información puede ser consultada desde el mismo aplicativo al ingresar al sistema.

Conclusiones

- El SIGISOT, es un sistema de fácil consulta a través de la web, con in-

terfases sencillas, que permiten el acceso concurrente a registros de información geográfica almacenada y organizada en la base de datos. Permite consultas dinámicas de la información atributiva las cuales son representadas espacialmente sobre la cartografía básica y temática que se integró producto del ajuste del Plan del Ordenamiento Territorial y demás información. Tiene un diseño abierto en el que las estructuras lógica y física garantizan gestionar las necesidades y requerimientos identificados por los usuarios y permite la incorporación de nuevas funcionalidades de actualización y crecimiento.

- Los funcionarios de la Alcaldía disponen de información geográfica actualizada como herramienta de planificación a la cual pueden acceder de manera rápida y confiable de cualquier zona del Municipio de Montería.

Citas bibliográficas y referencias

ALVAREZ, Sara. 2007. Arquitectura de las bases de datos. Artículo on line: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-base-de-datos.html> Acceso: 05-05-2009.

GARCÍA, Carlos. 2005. Diseño de base de datos relacionales. Artículo on line: <http://www.mailxmail.com/curso-diseno-base-datos-relacionales/disenio-conceptual-bases-datos-modelo-entidad-relacion>. Acceso: 05-05-2009.

IGAC. 2008. El Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional –SIGOT. Resumen Ejecutivo. Documento on line: <http://sigotn.igac.gov.co>. Acceso: 17-06-2009.

LONGLEY, Paul. Goodchild, Michael.;Maguire, David.; Rhind, David. 2001. Geographic Information Systems and Science. Inglaterra.

THURSTON, Jeff.; Poiker, Thomas.; Moore J. Patrick. 2003. Integrated Geospatial Technologies. New Jersey.

SAARENMAA, Hannu. 2006. Sharing and Accessing Biodiversity Data Globally. Revista ArcUser.

12

Transformación de la cobertura forestal en el Valle del Magdalena Medio en el período 1987-2001

Transformación de la cobertura forestal en el Valle del Magdalena Medio en el período 1987-2001

Autores: Natalia Rodríguez & Andrés Etter.¹

Resumen

Este estudio analiza la dinámica de transformación de la cobertura forestal en el Valle del Magdalena Medio entre 1987-2001, en un área de 13.500 km² mediante un análisis multitemporal para determinar los patrones, tasas y factores de transformación de las coberturas durante este período. El análisis utilizó imágenes Landsat y cartografía básica, y el método de regresión logística para analizar la relación entre la presencia de bosques y los procesos de deforestación y regeneración con variables independientes. A lo largo de las tres fechas estudiadas se observa un decrecimiento de los bosques y se evidencia la dominancia de los pastos en las tres fechas. Entre 1987-2001 se deforestaron aproximadamente 10.000 ha/año. La regeneración de bosques para el período de 1987-1991 fue 8 veces mayor (34.600 ha/año) que entre 1991-2001 (4.200 ha/año). Entre 1987-2001 el área de bosques en la región disminuyó en 101.806 has. Los principales factores de disminución del área de bosque en el período de 1987-2001 están relacionados con el aumento de la población y la ampliación de la frontera agrícola, además de los conflictos armados de la región. El desempeño de los modelos fue bajo (ROC: 0,66-0,75), en especial para explicar los procesos de regeneración y deforestación. La presencia de bosque, la regeneración y deforestación presentan una relación negativa con la fertilidad del suelo y la altitud; y positiva con la pendiente y la distancia a vías, asentamientos y ríos.

Palabras clave:

Transformación del paisaje, análisis multitemporal, cobertura forestal, regeneración de bosque, deforestación, análisis de regresión logística.

Abstract

This study analyze the forest cover change in the Middle Magdalena Valley between 1987-2001; in a 13.50 Km² area, using a multitemporal change cover analysis to determine patterns, rates and factors in this period. We used Landsat images and basic cartography, and the logistic regression analysis to analyze the relation between the forest presences, deforestation and regeneration process with independents variables. During the three years, the forest decrease and the grassland was the dominant cover. In 1987-2001 the deforestation had a 10.000 ha/year rate. The regeneration in 1987-1991 (34.600 ha/year) was eight times higher than 1991-2001 (4.200 ha/year). In 1987-2001 the forest reduces its area in 101.806 has. The main factors in the decrease of the forest area in this period, are related with the population growth and the enlargement of the agriculture front, in addition with the armed conflict in the region. The fulfillment of the models were low (ROC 0,66-0,75) the most in regeneration and deforestation. The forest presences, regeneration and deforestation show a negative relation with the soil fertility and elevation, and the slope and distance to rows, settlements and rivers show a positive relation.

Key words

Land cover change, multitemporal analysis, forest cover, forest regeneration, deforestation, logistic regression analysis.

¹ Grupo de Ecología y Territorio. Universidad Javeriana, rodriguez.natalia@javeriana.edu.co



Introducción

La transformación de los ecosistemas es el resultado de la ocupación y el uso del paisaje por las comunidades humanas a diferentes escalas espaciales y temporales. Esta presión sobre los ecosistemas naturales no va a disminuir en un futuro cercano debido al acelerado crecimiento de la población humana y la economía global, que están incrementando la demanda de alimentos y otros recursos generando el avance de la frontera de producción agropecuaria sobre los bosques (Vitousek et al. 1997; Angelsen & Kaimowitz, 2001; Etter et al., 2006c).

La transformación genera cambios en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas naturales alterando los bienes y servicios que estos prestan. Las principales consecuencias de estas transformaciones son los cambios climáticos, el aumento en la emisión de gases de efecto invernadero, la pérdida de biodiversidad por la reducción y fragmentación de hábitats y por la reducción de sus tamaños poblacionales; la disminución del abastecimiento de madera, y la degradación y contaminación de suelos y aguas que generan cambios significativos en ecosistemas acuáticos (Meyer & Turner II, 1992; Vitousek et al., 1997; Viña & Cavelier, 1999; Angelsen & Kaimowitz, 2001; Linkie et al., 2004).

Gran parte de estos problemas surgen por la deforestación, lo cual ha incrementado el interés y la priorización de estudios que involucren el monitoreo y la comprensión de las dinámicas de

transformación del paisaje y las fuerzas direccionadoras biofísicas, sociales y económicas que los explican. (Lepers et al., 2005).

Entre 1980 y 2000 los trópicos experimentaron la mayor reducción en las áreas de bosques, en particular en países de América Latina como lo indica el estudio de Lepers et al. (2005). Los estudios de Etter y Van Wyngaarden (2000) y Etter et al. (2008) para Colombia elaboran análisis a nivel nacional de la transformación del paisaje desde antes de la llegada de los españoles, mostrando cómo amplias áreas de la región Andina y Caribe han sido afectadas por las actividades humanas de manera marcada desde hace más de 500 años. A partir del siglo XX en particular después de 1950 la transformación se ha expandido hacia zonas húmedas de tierras bajas debido a las migraciones de la población humana (Etter et al., 2006c). Estos estudios muestran que la deforestación ha sido acelerada, espontánea y sin planeación, y enfatizan el efecto transformador de la ganadería, que ha generado la implantación de pastos introducidos, con consecuentes bajos niveles de regeneración de la vegetación secundaria (Etter et al., 2005).

Los Andes colombianos y valles intercordilleranos son considerados como áreas de alta prioridad para la conservación por los altos niveles de biodiversidad y endemismo, tasas de transformación aceleradas y altos valores en términos de servicios ambientales (Dinerstein et al., 1995). Desde la década de los 60

se han incrementado las amenazas por la colonización agropecuaria y ganadera, y la plantación de cultivos ilegales (Cavelier & Etter, 1995; Etter, 1998), siendo la región del Magdalena Medio una de las áreas más transformadas. Dinerstein et al. (1995) la han catalogado como un área de amenaza crítica por la pérdida de hábitat, fragmentación, degradación y la alta tasa de cambio; consecuencias de la construcción de vías para la comunicación entre el interior del país y la costa Caribe, en combinación con actividades petroleras, ganaderas y de cultivos ilícitos, que presionan los remanentes de bosque. A esto se agregan los recurrentes conflictos sociales y políticos en los que la lucha por los recursos naturales ha generado enfrentamientos entre Estado, guerrilla y paramilitares (Márquez, 2001).

Franco (2004), realizó un análisis multitemporal de los bosques del Carare - Opón, donde analizó los cambios en la cobertura forestal de esta zona por medio de una clasificación digital de imágenes satelitales en diferentes escalas (región, municipio, vereda, geoforma y cuencas), concluyendo de manera general que las áreas de cambio de cobertura forestal no están concentradas en alguna región específica, ya que se evidencian cambios y áreas en equilibrio en todos los sectores y paisajes.

El conocimiento acerca de las causas de los procesos de deforestación y regeneración de los bosques, permite entender las relaciones entre actividades humanas y patrones de dirección

y transformación del paisaje, facilitando la identificación y la formulación de planes de manejo para mantener áreas claves para la conservación. Existe un vacío de estos estudios a escala intermedia que se ubiquen entre las aproximaciones globales/continentales y los estudios locales, ya que las características ecosistémicas, biofísicas, socioeconómicas y culturales muestran variaciones a escala regional (Margules & Pressey, 2000; Nagendra et al., 2003; Etter et al., 2006a, c).

Este estudio contribuye a la comprensión de la dinámica de la cobertura forestal en la región del Valle del Magdalena Medio, por medio de un análisis de transformación multitemporal, para cuantificar los cambios en esta área (13.500 km²). Para estudiar la presencia de bosque y los procesos de deforestación y regeneración se aplicó un modelo de regresión logística con información sobre variables biofísicas y socioeconómicas disponibles. Se concluye identificando las áreas más dinámicas y estables del paisaje en esta región.

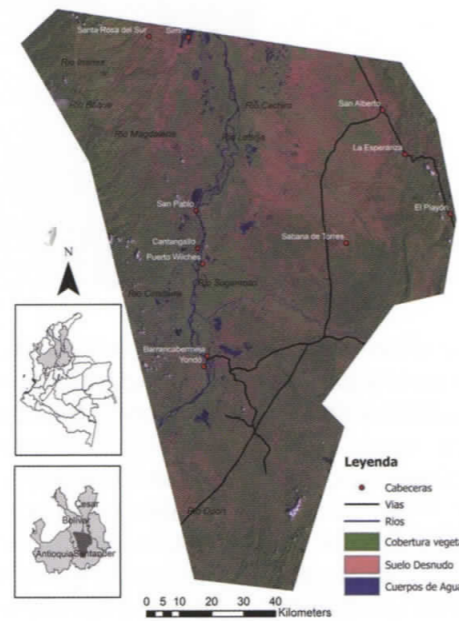
Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio comprende 13.500 km², y se encuentra localizada en la cuenca media del valle del río Magdalena, abarcando parte de los departamentos de Santander, Bolívar, Cesar, Norte de Santander y Antioquia (Figura 1). Pre-

Figura 1.
Área de estudio.
Valle del
Magdalena Medio.

Fuente:
Elaboración propia
a partir de la
imagen Landsat
ETM+ 2001
Path_8/Row_55.



senta elevaciones que van desde 50-100 m en el valle y 1.700 m en la Serranía de San Lucas (Cordillera Central) y 1.500 m en la Cordillera Oriental. El clima presenta oscilaciones de temperatura media entre 23-30°C y una precipitación que varía entre 2.500 mm en las partes altas y 1000 mm en el valle (CORMAGDALENA; Universidad Nacional de Colombia, 2002). Los suelos de la región tienen una relación marcada con las características topográficas, presentándose Inceptisoles y Entisoles en las pendientes, suelos con características vérticas en las terrazas, y Entisoles e Inceptisoles en las planicies aluviales. (CORMAGDALENA; Universidad Nacional de Colombia, 2002). Las actividades agropecuarias más comunes son la ganadería y los cultivos agroindustriales de palma africana; la extracción y refinación de petróleo es la actividad económica más importante.

Elaboración de mapas multitemporales de coberturas

Se usaron imágenes Landsat (TM y ETM+) pertenecientes al Path_8/Row_55 de los años 1987, 1991 y 2001, con una resolución de 28,5 m (se descargaron de la página Global Land Cover Facility de

la Universidad de Maryland) siendo estas imágenes las que estaban disponibles al momento de hacer la descarga. Con el fin de poder analizar los cambios multitemporales se georreferenciaron todas las imágenes tomando como base la imagen del año 1987. Esto se realizó por el proceso de georreferenciación imagen a imagen con el software ArcGis 9.2 con un error RMS de 0.4 (RMS= root mean square).

Se realizó una clasificación supervisada de las imágenes por el método del paralelepípedo en el software Envi 4.1. Para hacer la clasificación se seleccionaron sitios de muestreo representativos de las clases de coberturas en las imágenes que se estudiaron (Jensen, 2005), los cuales se tomaron de la imagen por medio de polígonos. Las clases resultantes fueron Bosque, Vegetación Secundaria, Cultivo de Palma, Pastos, Pastos Inundables, Pastos Secos, Cuerpos de Agua, Suelo Desnudo, Nubes y Sombras. Estos fueron reclasificados uniendo los pastos y el suelo desnudo en una sola clasificación de Pastos, al igual que las Nubes y Sombras. Esta última categoría se eliminó de todas las imágenes, puesto que la presencia de nubes en las imágenes altera las firmas espectrales en las imágenes de satélite y genera problemas en la clasificación (Jensen, 2005). Las coberturas se

simplificaron a 5 clases: Bosque, Vegetación Secundaria, Cuerpos de Agua, Cultivo de Palma y Pastos. La clasificación de las coberturas se realizó primero en categorías específicas para evitar errores de aproximación, los cuales se redujeron al ser agrupadas posteriormente.

Para validar la clasificación se realizó una matriz de confusión que permite determinar la precisión de la clasificación con respecto a las muestras tomadas para cada clase. Se obtuvo una precisión de 86%, 91% y 94% y un coeficiente Kappa de 0.82, 0.89 y 0.93 de cada imagen 1987, 1991 y 2001 respectivamente.

A partir de los mapas se realizaron las matrices de cambio de los períodos estudiados (1987-1991 y 1991-2001) utilizando la función "Tabulate area" de ArcGis 9.2. Para la determinación de las áreas estables durante todo el período se realizaron cálculos entre los mapas con el software ArcGis 9.2. La tasa anual de cambio fue calculada de acuerdo a Puyravaud (2003):

$$Tasa = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \ln \left(\frac{A_{i_2}}{A_{i_1}} \right)$$

Donde A_{i_1} es la cobertura de la clase i en el tiempo inicial (t_1) y A_{i_2} es la cobertura de la clase i en el tiempo final (t_2).

Construcción de variables dependientes e independientes

Para realizar la modelación estadística, los mapas de los diferentes años se remuestrearon a una grilla común de 1 ha de resolución espacial. Después se construyeron mapas binarios (1-0) de bosque-no bosque para cada fecha, con los cuales se construyeron los mapas de deforestación (bosque a no bosque) y regeneración (no bosque a bosque) para los períodos de 1987-1991 y 1991-2001 por medio de ArcGis 9.2, y se calcularon las matrices de cambio de cada período.

Para analizar los efectos de factores biofísicos y económicos en la presencia, deforestación y regeneración de bosque se construyeron mapas con base en la misma grilla de 1 ha, para la pendiente, distancia a vías, distancia a ríos, distancia a cabeceras y fertilidad de suelo. (Tabla 1).

Tabla 1.
Variables explicativas.

VARIABLE	FUENTE	UNIDADES
Fertilidad de suelo	IGAC, 1983 Mapa de suelos	Categorica: 1 = Baja, 2 = Media 3 = Alta
Distancia Vías 1987 1991	IGAC, 2000 Mapas topográficos 1:100.000	Continua: m
Distancia Cabeceras		Continua: m
Distancia Ríos		Continua: m
Pendiente	SRTM	Continua: grados
Altitud		Continua: msnm

Las variables independientes se estandarizaron dividiendo cada grilla entre la raíz cuadrada de la media (siglas en inglés RMS root mean square) (Etter et al., 2005).

$$RMS = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}}$$

Donde x es el valor de la celda y n el número total de celdas.

$$Logit(y) = B_0 + B_1*(Altitud) + B_2*(D\ Cab) + B_3*(D\ rios) + B_4*(D\ Vias) + B_5*(Pendiente) + B_6*(Fertilidad\ suelo)$$

Donde Logit (y) es la probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente medida en un rango entre 0-1 (deforestación, regeneración y presencia de bosques) resultado de la linealización de la ecuación de regresión logística; y B el coeficiente de cada variable (Eastman, 2003).

La validación de las predicciones de cada modelo se realiza en la función "Logistigreg" de IDRISI mediante el uso del área bajo la curva ROC (Relative Operating Characteristics), la cual compara la probabilidad de una ocurrencia diferente en un modelo predicho a la ocurrencia actual de los datos observados, en términos de positivos verdaderos y positivos falsos

Modelación – Análisis de regresión logística

Con las variables dependientes (presencia de bosque, deforestación y regeneración) y las variables independientes (fertilidad del suelo, altitud, pendiente, distancias a vías, cabeceras y ríos) se aplicó un modelo de regresión logística mediante la función "logisticreg" del Software Idrisi GIS 32, que utiliza el siguiente modelo matemático:

(errores). Cuando el valor ROC es cercano a 1 la predicción es perfecta y cuando se acerca a 0,5 la predicción es equivalente al azar, siendo el valor de 0,7 el valor mínimo aceptable para una modelación (Etter et al., 2006b; Eastman, 2003).

Resultados y discusión

Cambios en la cobertura, deforestación y regeneración del bosque

Al observar las tres fechas estudiadas el valle del Magdalena Medio no presenta una transformación uniforme en el período de estudio (Figura 2), lo que se puede explicar en las ca-

racterísticas socioeconómicas de la región del Magdalena Medio, dentro de las que se encuentran diferentes actividades de desarrollo económico e infraestructura, como la ganadería, los cultivos de palma y la extracción de petróleo, que han impedido la regeneración del bosque en las zonas bajas y con pendientes suaves; y la presencia de grupos armados ilegales que genera por una parte abandono de tierras y migración de los campesinos a las ciudades; y por otra parte, la siembra de cultivos ilícitos en las áreas de ocupación de estos grupos generando deforestación.

Los conflictos inherentes de esta región determinan los patrones del paisaje, ya que debido a estas características socioeconómicas la presencia y permanencia de bosque en los tres años de estudio se concentra principalmente en la Serranía de San Lucas y en el flanco occidental de la Cordillera Oriental en áreas de pendientes fuertes, donde se dificulta el establecimiento de la ganadería, cultivos agroindustriales e infraestructura vial (Dávalos, 2001); en las zonas bajas se encuentran áreas de bosque pero menos distribuidas. Para el año 1987 el bosque se presenta también en áreas de baja accesibilidad en la zona sur (Figura 3).

Figura 3. Mapa de coberturas por año. Fuente: Elaboración propia.

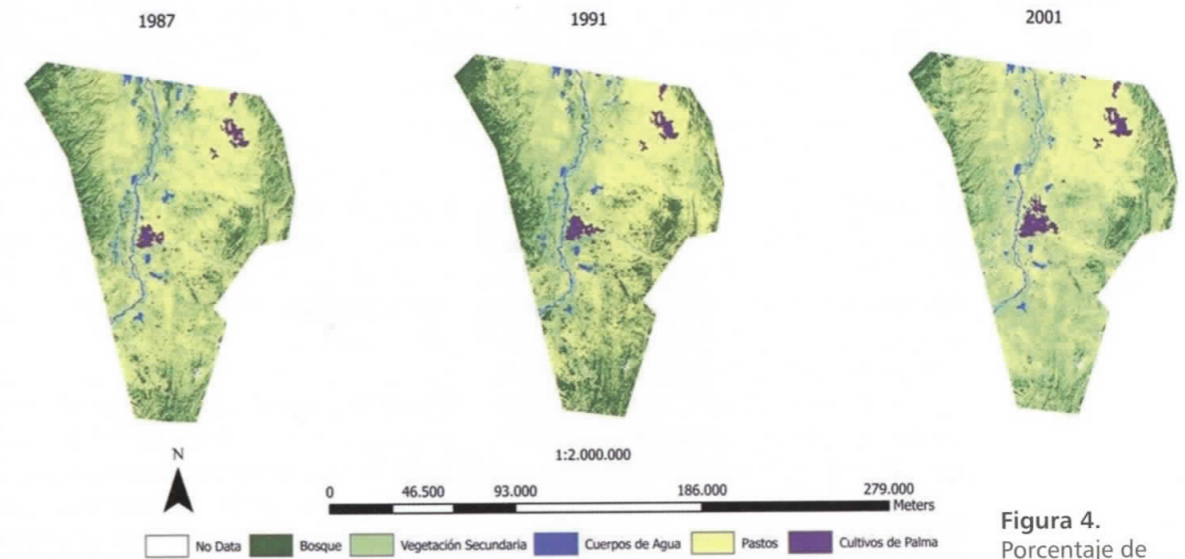
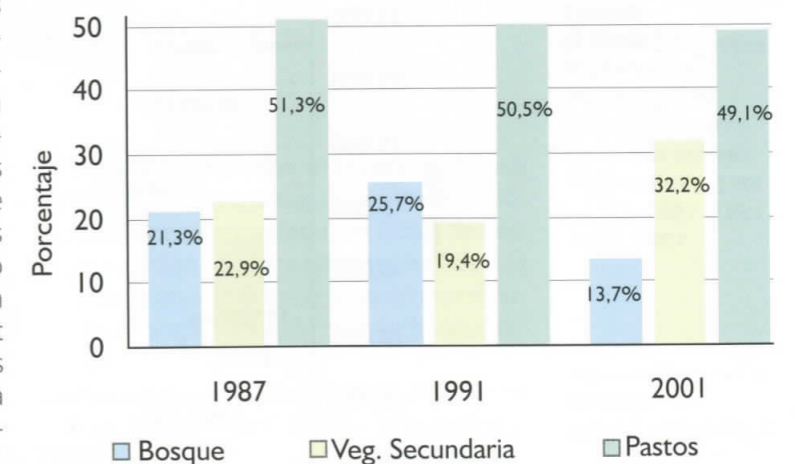


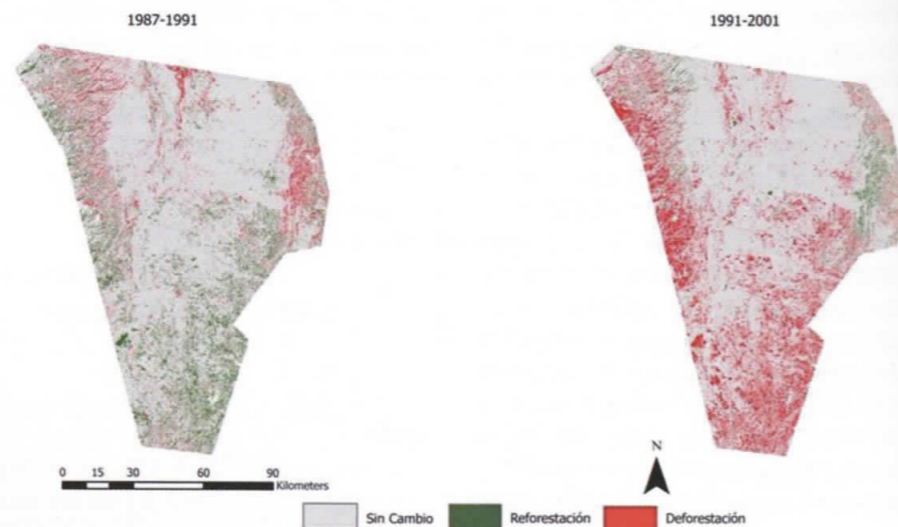
Figura 4. Porcentaje de Bosque, Vegetación secundaria y Pastos por año. Fuente: Elaboración propia.



La dominancia y establecimiento de los pastos en zonas bajas y de pendientes moderadas en la región (Figura 4), responde a la actividad económica principal que es la ganadería extensiva, ya que las planicies y terrazas aluviales facilitan el establecimiento de los pastos y el ganado. Debido a esto las áreas de pastos y vegetación secundaria son las coberturas dominantes de reemplazo de bosque. Lo anterior concuerda con los resultados encontrados por Etter et al., (2006c) en los bosques tropicales de zonas bajas, en donde se encuentra que desde la década de los 40 los pro-

Figura 2. Mapa de deforestación y regeneración de bosque para los períodos de estudio.

Fuente: Elaboración propia.



cesos de deforestación muestran una rápida disminución del bosque, y son cambiados principalmente por pastos introducidos para la ganadería.

Los cultivos de palma en el período de estudio se presentan en zonas bajas, con pendientes suaves, buena accesibilidad y suelos fértiles. Las condiciones de clima, suelo y relieve del Valle del Magdalena

Medio, han generado el aumento de los cultivos de palma en el período de estudio que pasaron de 19.509 ha en 1987 ha 30.535 ha en el 2001 (Tabla 2), ya que el cultivo de palma africana ha tomado una gran importancia dentro de la producción nacional de oleaginosas por los altos índices de productividad por unidad de superficie que presenta esta palma (Guerra, 1983).

Tabla 2.
Áreas (ha) de las coberturas de los años 1987, 1991 y 2001.

COBERTURA/ÁREA (ha)	1987	1991	2001
Bosque	285.389	343.922	183.583
Veg. Secundaria	306.952	260.155	432.346
Cuerpos Agua	40.469	36.418	35.252
Pastos	687.441	676.669	658.130
Cultivo Palma	19.595	22.682	30.535
Total	1'339.846	1'339.846	1'339.846

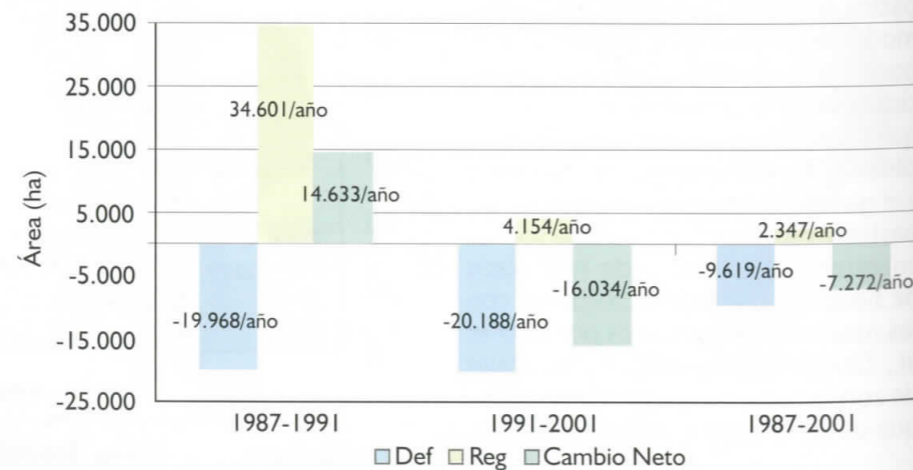
Las diferencias en las áreas de cuerpos de agua se pueden explicar porque las imágenes fueron tomadas en diferentes períodos climáticos. Para poder realizar un análisis de los cuerpos de agua es necesario contar con imágenes tomadas en la misma época, y preferiblemente en los dos períodos (invierno y verano), con el fin de que sean comparables.

El año con mayor área de bosque encontrado en el área de estudio fue 1991 (Tabla 2), como resultado de la regeneración aparente de la vegetación secundaria presente en 1987 que se transformó en un 29% a bosque. Esto indica que en

el período de 1987-1991 los procesos de regeneración fueron más altos que los procesos de deforestación presentando una tasa de 4,6% de transformación (Figura 5).

Sin embargo este resultado puede estar sesgado por la imagen obtenida para 1991, la cual presenta brumas que alteran la información de las coberturas para este año, y generan el resultado de una aparente regeneración en el período de 1987 a 1991, resultado no esperado debido al aumento de la población y de la producción agropecuaria y agroindustrial en la región.

Figura 5.
Tasa anual de deforestación, regeneración y cambio neto para los períodos 1987-1991, 1991-2001 y 1987-2001.



Fuente:
Elaboración propia.

Al excluir los datos de 1991, se obtiene una disminución del área de bosque, en el período de 1987 a 2001 de 101.806 ha, la cual se puede explicar en el aumento de la población, diferentes producciones agropecuarias, la ampliación de la frontera agrícola (colonización), además de la explotación aurífera en el sur de Bolívar (Fonseca et al., 2005), la cual se desarrolla principalmente en zonas altas y de piedemonte, lo que generó una alta deforestación de bosque en la Serranía de San Lucas, debido a que este proceso productivo va acompañado por la explotación inadecuada de bosque con fines maderables, además del incremento en la siembra de cultivos ilegales lo que ha hecho que la deforestación aumente, con una tasa

de transformación negativa para el bosque.

Las tasas de cambio encontradas coinciden con lo encontrado por Etter et al. (2006b) para el Caquetá, donde la máxima tasa de deforestación fue de 4,1% para el período de 1996-1999, pero difieren de lo encontrado por Franco (2004) en la zona del Carare-Opón en el período de 1991-2002, ya que la cobertura boscosa aumentó 11.600 ha presentando una tasa de crecimiento de cobertura forestal de un 15%.

A lo largo de los 13 años estudiados se encuentran áreas estables de cobertura de bosque, pastos, vegetación secundaria y cultivos de palma (Figura 6).

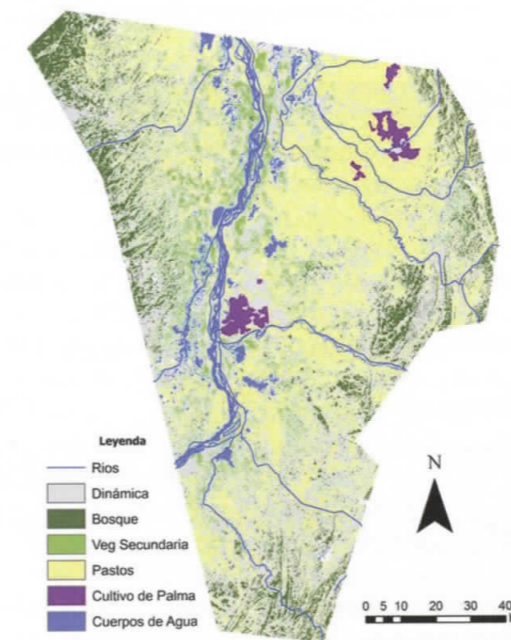


Figura 6.
Áreas de coberturas estables a través del período de estudio (1987-2001).

Fuente:
Elaboración propia.

El bosque estable a través del período de estudio se encuentra concentrado en las zonas de pendientes fuertes; en la parte norte en zonas altas (Serranía de San Lucas) y en la parte sur en zonas con accesibilidad baja. El bosque dinámico se presenta en toda el área de estudio.

Los pastos estables se encuentran en zonas bajas, existen áreas dispersas de pastos en la

Serranía de San Lucas en la zona norte. Los pastos estables a través de los tres años de estudio no se encuentran en zonas de baja accesibilidad, ni de pendientes fuertes. Las áreas dinámicas de pastos tienen una distribución amplia por toda el área de estudio.

Los cultivos de palma estables se dan en zonas bajas, con buena accesibilidad, pendientes suaves y en suelos fértiles.

La vegetación secundaria que permanece estable en el período de estudio, se presenta en zonas bajas con pendientes suaves y accesibles. En cambio la vegetación secundaria dinámica se encuentra dispersa por toda el área de estudio. Sin embargo, este resultado no se debería encontrar al ser una cobertura intermedia entre la cobertura boscosa y la cobertura de pastos, presente en los paisajes altamente transformados en la mayoría de bosques de tierras bajas de Colombia (Etter et al. 2005). Al revisar las matrices de confusión y errores de clasificación de las imágenes se evidencian porcentajes altos de comisión, pixeles que son clasificados como vegetación secundaria que no le pertenecen a esta cobertura, esto genera errores en la clasificación que pueden ser causa de este resultado. Sin embargo, al

Tabla 3.

Valores de ROC para los modelos de deforestación, regeneración y presencia de bosque en 1987, 1991 y 2001.

MODELO	ROC
Def87-91	0,661
Def91-01	0,701
Reg87-91	0,669
Reg91-01	0,701
Bos87	0,745
Bos91	0,757
Bos01	0,735

Los valores de ROC menor a 0,75 indican una capacidad de discriminación de los modelos entre regular y muy baja correspondiendo las mejores a las predicciones de presencia-ausencia de bosques. Por lo tanto, las variables utilizadas en el análisis (fertilidad del suelo, pendiente, altitud y accesibilidad) sólo explican de manera parcial la presencia de bosque, los procesos de regeneración y deforestación en el valle del Magdalena Medio. Los estudios de Etter et al. (2005, 2006c, d) sobre los patrones espaciales y temporales de deforestación con va-

encontrarse la vegetación secundaria en las riberas del río Magdalena, es posible que sea una cobertura diferente a las que se establecieron en este estudio.

Variables explicativas

Los valores ROC obtenidos para los modelos de deforestación, regeneración y presencia de bosques para 1987, 1991 y 2001, se presentan en la Tabla 3. Los modelos de presencia de bosque tienen una mejor predicción que los de deforestación y regeneración ya que presentan los valores más altos de ROC, siendo más alto el modelo de predicción de presencia de bosque de 1991, seguido del modelo de 1987 y de 2001. El modelo con menor predicción es la deforestación de 1987-1991.

riables de fertilidad de suelo y accesibilidad, muestran una alta correlación, por lo que la presencia de valores bajos en este estudio se puede deber a problemas con la clasificación de las imágenes y la calidad de la información colectada de las variables independientes.

Las relaciones encontradas entre las variables de fertilidad del suelo, pendiente, altitud y distancia a vías, ríos y cabeceras, al igual que las encontradas en estudios anteriores en la literatura se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4.

Comparación de la relación de las variables explicativas obtenidas en este estudio, con otros estudios, para la regeneración.

VARIABLES	REGENERACIÓN		BOSQUE		DEFORESTACIÓN	
	R. E.	R. L.	R. E.	R. L.	R. E.	R. L.
Fertilidad del suelo	-	- Etter et al., 2006b,c,d	-	- Etter et al., 2006b,c,d	-	+ Etter et al., 2006b,c,d
Pendiente	+	+ Etter et al., 2006d; Southworth & Tucker, 2001	+	+ Etter et al., 2006d; Southworth & Tucker, 2001	+	- Etter et al., 2006d; Southworth & Tucker, 2001
D_vías	+	+ Etter et al., 2006b,c	+	+ Nagendra et al., 2003; Viña et al., 2004	+	- Nagendra et al., 2003; Viña et al., 2004; Etter et al., 2006b,c,d; Southworth & Tucker, 2001
D_ríos	+		+			
D_cabeceras	+/-		+			
Altitud	-	+ Nagendra et al. 2003	-	+ Nagendra et al. 2003	-	- Nagendra et al., 2003; Southworth & Tucker, 2001

R.E.: Relación encontrada en este estudio

R.L.: Relación encontrada en la literatura

La relación negativa entre la fertilidad del suelo y todos los procesos, podría explicarse por la gran deforestación de esta área antes de la fecha de estudio, siendo en las zonas menos fértiles donde está el bosque presente, debido a los intensos procesos agropecuarios (ganadería extensiva y pastos, además de cultivos de oleaginosas) (Estrada, 1985; CAJSC, 1993).

Los resultados de este estudio sugieren que los procesos de regeneración tienden a ocurrir en áreas con baja calidad del suelo, coincidiendo con los resultados de Etter et al. (2006b) en el Caquetá.

La altitud también presenta una relación negativa con la deforestación y la regeneración de bosques, al igual que la presencia de bosques, se dan en las zonas bajas. Este resultado difiere de lo esperado para la presencia de bosque y la regeneración, ya que la elevación es una limitante al acceso del bosque (Nagendra et al., 2003).

Franco (2004), sin embargo en el análisis para las geformas encontró que

la mayor cantidad de pérdida de área forestal ocurrió en las zonas de colinas y terraza disectadas bajas. Esta zona mostró ser una de las más dinámicas, ya que allí apareció la mayor cantidad de bosque. Respecto al bosque original, la mayor pérdida ocurrió en la zona de llanura aluvial, pero también se ganó el mayor porcentaje de bosques nuevos. Las áreas constantes de cobertura forestal se presentaron en las zonas de montaña.

Con la pendiente se presenta una relación positiva, en las áreas con mayores pendientes se presenta el bosque, favoreciendo los procesos de regeneración, debido a que estas son más difíciles de acceder, a la vez que en las áreas de menor pendiente la producción ganadera es muy fuerte y no permiten la ocurrencia de la regeneración. De la misma manera la deforestación se da en zonas de fuertes pendientes ya que allí es donde se encuentra el bosque y donde es posible deforestar, puesto que en zonas bajas ya no hay espacio para las actividades productivas las cuales necesitan desplazarse a nuevas áreas (Estrada, 1985).

La deforestación en el período de 1987-1991 presenta una relación positiva con la distancia a vías y ríos, y negativa con las cabeceras. Lo que indica que la deforestación se dio en este período lejos de las vías y ríos, pero cerca de las cabeceras. Entre 1991-2001 la relación de la deforestación es positiva con la accesibilidad, dándose la deforestación en las zonas más alejadas por el aumento de los cultivos ilegales, que se establecen en zonas lejos de las vías, cabeceras y ríos (Etter et al., 2005), y por la deforestación generada en los períodos anteriores en las áreas más accesibles.

Sólo la relación negativa de las cabeceras con la deforestación en 1987-1991, coincide con lo reportado por Etter et al. (2006c) para las zonas bajas de Colombia y por Etter et al. (2006b) para la Amazonía Colombiana, en donde la accesibilidad promueve la deforestación por el incremento en el acceso a la frontera forestal.

Al igual que los resultados de Etter et al. (2006b, c) la regeneración del bosque en el período de 1987-1991 para el Magdalena Medio presenta una relación positiva con las variables de accesibilidad, ya que para este período las zonas inaccesibles presentan las condiciones adecuadas para la regeneración del bosque. En el período de 1991-2001 la relación positiva se mantiene con los ríos y vías, pero no con las cabeceras, en donde la relación es negativa.

Para la presencia de bosque la relación con la accesibilidad es positiva con los tres años, presentándose el bosque en las zonas inaccesibles por los fuertes procesos de deforestación de períodos anteriores en las zonas cercanas a vías, ríos y cabeceras, que permiten el transporte de los productos agrícolas y pecuarios (Estrada, 1985), siendo lo esperado ya que la accesibilidad en la frontera agrícola aumenta la probabilidad de deforestación de los bosques (Etter et al., 2005; 2006b,c).

La accesibilidad es una causa directa de la transformación del paisaje, ya que un

mayor acceso al bosque y a los mercados acelera la deforestación. En este sentido las vías, ríos y ferrocarriles facilitan este acceso (Angelsen & Kaimowitz, 1999). En esta área se presentan la Troncal de la Paz construida en los 1990 y el ferrocarril del Atlántico en 1955, Kalmanovitz (1982) señala que en la zona norte (Bolívar, Cesar, Antioquia y los Santanderes) el área de pastos pasó de 7,94 millones de hectáreas en 1950 a 11,6 millones en 1972, aumento que representa un 46,6% sobre su superficie original.

Existen otros direccionadores de la transformación que por su difícil medición en el tiempo y en el espacio no han sido analizados cuantitativamente, pero que debido a su importancia es necesario hacer mención. Algunos de estos son la tenencia de la tierra, el crecimiento de la población que aumenta la expansión de las tierras agrícolas, el conflicto armado, y las economías ilegales, los cuales han cambiado el uso del paisaje en la región generando abandono de tierras y desplazamiento hacia zonas que no presentan valores de tierra altos para la actividad agropecuaria (Dávalos, 2001; Etter et al. 2005; 2006c).

El valle del Magdalena Medio es una zona de procesos socio-políticos y económicos complejos que generan patrones diferentes a los esperados teniendo en cuenta los estudios de Nagendra *et al.*, 2003; Viña *et al.*, 2004; Etter *et al.*, 2005, 2006b, c, d, ya que las fuerzas armadas ilegales y los cultivos de coca, dirigen la deforestación hacia áreas inaccesibles para ocultarse y dificultar el proceso del erradicación por parte del Estado.

Conclusiones

La zona del valle del Magdalena Medio ha sido fuertemente transformada a través de su historia de colonización, condición que configura su distribución espacial actual, generando cambios en las áreas de cobertura presentes en

esta y presentando una alta dinámica entre la cobertura boscosa, pastos y vegetación secundaria. Las áreas que aún mantienen una cobertura de bosque son en general áreas inaccesibles, con pendientes fuertes en zonas bajas y con baja fertilidad, respondiendo a procesos sociales, políticos y económicos locales, y a condiciones como el conflicto arma-

do y los bajos niveles de gobernabilidad en gran parte de la región.

Realizar estudios de cambios de cobertura en zonas tropicales es difícil por la poca información disponible para esta región y la baja calidad de esta, limitando el análisis y la utilización de variables que permitan explicar en un mayor grado la dinámica de transformación.

Referencias bibliográficas

- ANGELSEN, A., & Kaimowitz, D. (2001). Introduction: The role of agricultural technologies in tropical deforestation. En A. Angelsen, & D. Kaimowitz (Edits.), *Agricultural technologies and tropical deforestation* (págs. 1-17). Wallingford, UK: CABI Publishing. CIFOR.
- ANGELSEN, A., & Kaimowitz, D. (1999). Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *The World Bank Research Observer*, 14 (1), 73-98.
- CAJSC, Comision Andina de Juristas Seccional Colombia. (1993). *Nordeste Antioqueño y Magdalena Medio*. (C. Marín, Ed.) Bogotá: Informes regionales de derechos humanos.
- CAVELIER, J., & Etter, A. (1995). Deforestation of montane forests in Colombia as a result of illegal plantations of opium (*Papaver somniferum*). En S. Churchill, H. Balslev, E. Forero, & J. Luteyn (Edits.), *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests* (págs. 541-550). New York: The New York Botanical Garden.
- CORMAGDALENA; Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Humanas. (2002). Documento final de síntesis de caracterización de la cuenca del Rio Grande de la Magdalena. Bogotá: CORMAGDALENA.
- DÁVALOS, L. 2001. The San Lucas mountain range in Colombia: how much conservation is owed to the violence? *Biodiversity and Conservation*, 10, 69-78.
- DINERSTEIN, E., Olson, D., Graham, D., Webster, A., Primm, S., Bookbinder, M., y otros. (1995). *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, DC: The World Bank in association with World Wildlife Fund.
- EASTMAN, R. 2003. *IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and image processing*. MA, USA: Clark Labs. Clark University Worcester.
- ESTRADA, M. 1985. *Confrontación agraria en el Magdalena Medio*. Bucaramanga, Santander, Colombia: Ediciones Biblioteca Gabriel Turbay.
- ETTER, A. 1998. Bosque húmedo tropical. En I. d. Humboldt, M. Chávez, & N. Arango (Edits.), *Información Nacional sobre el estado de la biodiversidad - 1997*. Colombia. Tomo I (págs. 106-133). Bogotá: Instituto Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente.

- ETTER, A., & McAlpine, C. (2008). Modeling unplanned land cover change across scales. A Colombian case study. En R. Aspinall, & M. Hill, Land use change. Science, policy and management (págs. 81-98). Boca Raton, US: CRC Press. Taylor & Francis Group.
- ETTER, A., & van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. *Ambio*, 29, 432-439.
- ETTER, A., McAlpine, C., Phinn, S., Pullar, D., & Possingham, H. (2006a). Characterizing a tropical deforestation wave: a dynamic spatial analysis of a deforestation hotspot in the Colombian Amazon. *Global Change Biology*, 12, 1409-1420.
- ETTER, A., McAlpine, C., Phinn, S., Pullar, D., & Possingham, H. (2006b). Unplanned land clearing of Colombian rainforests: spreading like disease? *Landscape and Urban Planning*, 77, 240-254.
- ETTER, A., McAlpine, C., Pullar, D., & Possingham, H. (2005). Modeling the age of tropical moist forest fragments in heavily-cleared lowland landscapes of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 208, 249-260.
- ETTER, A., McAlpine, C., Pullar, D., & Possingham, H. (2006c). Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of Environmental Management*, 79, 74-87.
- ETTER, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006d). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 369-386.
- FONSECA, D., Gutiérrez, Ó., & Rudqvist, A. (2005). Cultivos de uso ilícito en el sur de Bolívar: aproximaciones de la economía política. Bogotá: PNUD-Asdi.
- FRANCO, R. (2004). Análisis satelital multitemporal de los bosques del Carare - Opón (Primera Edición). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.
- GUERRA DE LA ESPRIELLA, A. (1983). El nuevo cultivo de Colombia y los aceites y grasas comestibles: la contratación del desarrollo para la producción de aceite de palma. Bogotá: Fedepalma.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (1983). Mapa general de suelos de Colombia (1:1 500 000). Bogotá: IGAC.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (2000). Mapas topográficos (1:1 500 000). Bogotá: IGAC.
- JENSEN, J. (2005). Introductory digital image processing a remote sensing perspective. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- KALMANOVITZ, S. (1982). El desarrollo de la agricultura en Colombia. Bogotá: Carlos Valencia Editores.
- LEPERS, E., Lambin, E., Janetos, A., Defries, R., Achard, F., Ramankutty, N., y otros. (2005). A synthesis of information on rapid land-cover change for the period 1981- 2000. *BioScience*, 55 (2), 115-124.
- LINKIE, M., Smith, R., & Leader-Williams, N. (2004). Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1809-1818.
- MARGULES, C., & Pressey, R. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243-253.
- MÁRQUEZ, G. (2001). De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia. En G. Palacio (Ed.), *Naturaleza en disputa. Ensayos de historia ambiental en Colombia 1850-1995* (pág. 480). Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Icanh.
- MEYER, W., & Turner II, B. (1992). Human population growth and global land-use/cover change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23, 39-61.
- NAGENDRA, H., Southworth, J., & Tucker, C. (2003). Accessibility as a determinant of landscape transformation in western Honduras: linking pattern and process. *Landscape Ecology*, 18, 141-158.
- PUYRAVAUD, J. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177, 593-596.
- SOUTHWORTH, J., & Tucker, C. (2001). The influence of accessibility, local institutions, and socioeconomic factors on forest cover change in the Mountains of Western Honduras. *Mountain Research and Development*, 21 (3), 276-283.
- UNIVERSITY OF MARYLAND. (s.f.). Global Land Cover Facility. Recuperado el junio de 2008, de <http://www.landcover.org>
- U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey. (s.f.). Order SRTM Elevation data from the USGS. Recuperado el Junio de 2008, de <http://edcscns17.cr.usgs.gov/srtmbil/>
- VIÑA, A., & Cavelier, J. (1999). Deforestation rates (1938-1988) of tropical lowland forests on the Andean foothills of Colombia. *Biotropica*, 31 (1), 31-36.
- VIÑA, A., Echavarría, F., & Rundquist, D. (2004). Satellite change detection analysis of deforestation rates and patterns along the Colombia - Ecuador border. *Ambio*, 33 (3), 118-125.
- VITOUSEK, P., Mooney, H., Lubchenco, J., & Melillo, J. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277 (494).

13

Identificación de altos valores de conservación y su incorporación en la zonificación provincial de uso de la tierra en el norte de Esmeraldas, Ecuador

Identificación de altos valores de conservación y su incorporación en la zonificación provincial de uso de la tierra en el norte de Esmeraldas, Ecuador

Mary Yolita Puentes, Andrés Felipe Trujillo, Martha Lucy Mondragón¹, Mario Andino², Cristian Rodas³.

Resumen

La identificación de los Altos Valores de Conservación (AVC) es una metodología elaborada por Forest Stewardship Council (FSC) que aplica 6 criterios los cuales evalúan los atributos ecológicos críticos o excepcionales, servicios ambientales y relaciones socioculturales de los ecosistemas de una región, identificando las áreas que deben ser manejadas adecuadamente con el objeto de mantener o mejorar los valores de conservación.

WWF viene aplicando esta metodología en la provincia de Esmeraldas, Ecuador, mediante un modelo de recopilación de información geográfica, imágenes de satélite, y bases de datos de especies de flora y fauna. Esta información es luego procesada a través de herramientas de SIG para evaluar y califi-

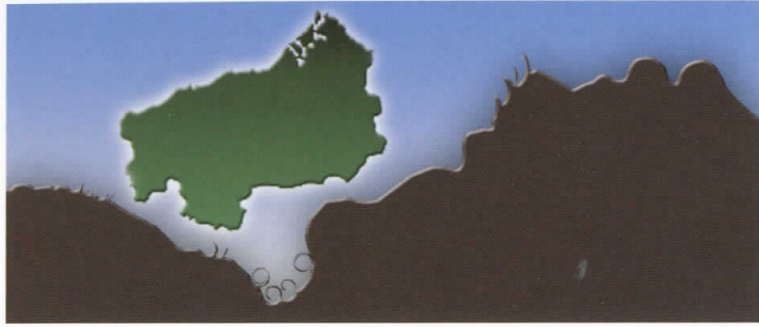
car los AVC, dando como resultado tres escenarios: Estado actual de los AVC, representatividad ideal y tendencias de cambio.

Actualmente se están elaborando propuestas que permitan incorporar los resultados obtenidos a los procesos de ordenamiento territorial, esto con el fin de mantener los ecosistemas naturales y promover el desarrollo sostenible en las áreas de expansión de cultivos de palma africana.

Palabras clave:

Sistemas de información geográfica, ordenamiento, imágenes de satélite, Esmeraldas, Ecuador, riqueza biológica, bienes y servicios ambientales, Altos Valores de Conservación, palma africana, Esmeraldas, Ecuador

1 WWF Colombia, Fundación Sirua
2 Ministerio de Ambiente Ecuador (MAE), Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Ecuador (MAGAP)
3 Fundación Altropico



Introducción

El concepto de Altos Valores de Conservación se refiere a todos aquellos valores bienes y servicios ecológicos y ambientales considerados de gran importancia o de importancia crítica y que poseen significado cultural, mítico o religioso; ejemplo de ellos son los hábitat de vida silvestre, especies de fauna y flora, los bosques que protegen cuencas, humedales etc. En el caso de los bosques se denominan BAVC.

El concepto de BAVC fue desarrollado originalmente por el Consejo de Manejo Forestal (Forest Stewardship Council - FSC) para uso en la certificación forestal, pero está siendo utilizado también en otras iniciativas, mapeos, conservación y planificación de uso de recursos naturales, así como también en las políticas de compra de recursos naturales por las compañías y más recientemente empieza a aparecer en las discusiones y políticas de las agencias gubernamentales. Los Bosques con Alto Valor de Conservación son aquellos bosques que necesitan ser manejados en forma adecuada para poder mantener o acrecentar sus atributos.

El concepto también puede ser aplicado en un proceso de ordenamiento del uso de los recursos de un territorio, como es el caso del escenario de conservación AWA -Cotacachi y Remacam. La definición e identificación de AVC en este proceso es primordial, dado que constituye una contribución para la permanencia en el largo plazo de aquellos valores, bienes y servicios que garantizarán el desarrollo sostenible del área y el uso racional de los recursos naturales.

Con este enfoque, se piensa el futuro del territorio con base en las condiciones actuales, las tendencias que se muestran a la luz del desarrollo histórico y las necesidades de Conservación de los valores naturales, histórico culturales.

- La construcción de la base de referencia o análisis tendencial, en esta fase se analiza la situación física, biótica, socioeconómica y cultural y se buscan variables estratégicas o indicativas
- Elaboración de Escenarios que conduzcan al esclarecimiento de previsión por escenarios, en esta fase se elaboran los escenarios prospectivos y se seleccionan las opciones estratégicas y se establece la negociación entre todos los interesados.

Es fundamental conocer aquellas áreas que poseen un Alto Valor de Conservación (AVC), para la ordenación del territorio, para la definición de criterios con los cuales se distribuirán sobre el territorio las actividades productivas que impulsan el desarrollo y también las actividades de conservación de los recursos naturales que se constituyan en base del desarrollo y la producción de bienes para la sociedad. Es mediante un análisis de AVC, que se puede saber los emplazamientos más adecuados para todos los tipos posibles de producción que respeten la existencia y viabilidad de los AVC.

El WWF está desarrollando el concepto de Altos Valores de Conservación (AVC) y ampliándolo en su aplicación

no sólo para ecosistemas boscosos, en un programa amplio de protección-manejo-recuperación. Los AVC comprenden las áreas de ecosistemas vitales que deben ser mantenidas o mejoradas en un entorno natural. Los AVC se encuentran en un amplio rango de biomas forestales (tropicales o boreales), dentro de un diverso rango de condiciones forestales (desde intactos en su mayor parte, hasta los altamente fragmentados) y en ecorregiones con redes de trabajo para áreas protegidas completas o subrepresentadas. Los AVC pueden ser bosques muy antiguos de Siberia, hábitats de orangutanes amenazados del Asia suroriental, o cementerios sagrados de algún pueblo originario de Norte América. Aunque la metodología de AVC fue originalmente diseñada como una herramienta para apoyar la certificación forestal, el concepto de AVC se ha ido ampliando hacia una planificación más general de la conservación, hasta incluir el diseño de redes representativas de áreas protegidas o zonas de amortiguamiento.

Desde el soporte técnico del proceso, se espera determinar los AVC para contribuir con la consolidación del paisaje de conservación AWA Cotacachi, en el Complejo Ecorregional Chocó Darién que incluyan sistemas de producción amigables con la conservación. Para ello, se plantea la determinación de los 6 tipos de criterios de AVC y su análisis prospectivo en 3 escenarios que permitan explorar hipótesis que muestren tendencias con base en preocupaciones o deseos actuales para prever el desarrollo futuro del territorio. Lo anterior partiendo

del análisis de información histórica y actual, para la proyección de situaciones futuras de conservación y de planificación del aprovechamiento de la tierra más amigable con la naturaleza.

Se espera con los resultados del análisis de Altos Valores de Conservación-AVC:

- Identificar y cartografiar en el escenario de conservación AWA Cotacachi, las áreas más importantes que contienen ecosistemas de Alto Valor para la Conservación, en los 6 tipos de AVC.
- Realizar un Análisis prospectivo de oportunidades (representatividad ideal) y de amenazas entendidas como tendencias de intervención del territorio.
- Criterios de Zonificación y ordenación del uso de la tierra en el norte de Esmeraldas como contribución al proceso de ordenamiento territorial.

La identificación de AVC en las 6 categorías o tipos reconocidos por el Forest Stewardship Council-FSC y su análisis nos permitirá tener una vista en su conjunto, sinergias, oportunidades y amenazas sobre los AVC en el área de estudio.

Esta identificación permitirá igualmente contribuir a la inclusión de aspectos fundamentales de Conservación de Altos Valores en el Ordenamiento Territorial, lo cual buscará la permanencia en el largo plazo de

aquellos valores, bienes y servicios que garantizarán el desarrollo sostenible del territorio y el uso racional de los recursos naturales.

Con este enfoque se piensa el futuro del territorio ahora mediante el análisis de hipótesis futuristas en las que se espera prever la actitud de los pobladores hacia el porvenir. Este enfoque se constituye en un análisis prospectivo del futuro basándose en las tendencias históricas y el presente, para construir alternativas que permitan un acercamiento progresivo a un futuro deseado y concertado. Las hipótesis se convierten en escenarios de negociación que conduzcan al esclarecimiento de cómo se desea que evolucione el territorio para el bienestar de todos y se seleccionan las opciones estratégicas y de negociación entre todos los interesados.

Se presentó la metodología y posteriormente se socializaron las propuestas de desarrollo técnico en un formato y lenguaje comprensible para la comunidad en general, se dieron avances de resultados y hallazgos, se levantan datos nuevos o se validaron los existentes, y se definieron criterios de concertación para los espacios de concertación de los criterios de ordenación más amplios. Miembros de ambos grupos participaron en los espacios de concertación más amplios.

Materiales y métodos

Metodología para identificación y caracterización de Altos Valores de Conservación-AVC.

La metodología para el análisis de la información en el marco de AVC que soportará la toma de decisiones sobre el territorio y la negociación del enfoque del Ordenamiento territorial, se basa en lo descrito por Jennings et

al, (2002) y tiene dos aspectos fundamentales: El primero está relacionado con la participación interinstitucional y comunitaria para la identificación de los AVC y la contribución a la zonificación y la ordenación del territorio y el segundo se relaciona con aspectos técnicos de análisis de información y mapeo.

La Participación interinstitucional y comunitaria, para el análisis de la información y mapeo que conduzca a la identificación de los AVC y la contribución a la zonificación y la ordenación del territorio se desarrolla mediante los siguientes aspectos:

- Identificación de instituciones, organizaciones y socios claves.
- Generación de espacios de discusión, acuerdo, transferencia tecnológica y desarrollos técnicos.

Descripción y análisis de la mapificación general

En el esquema de la figura 1 se muestra la secuencia de análisis y mapeo de la información para construir cuadro tipo de escenarios.

- Escenario 1-E1: Un escenario que muestre el estado actual de los AVC.
- Escenario 2-E2: Cómo deberían los AVC en conjunto estar representados.
- Escenario 3-E3: Cómo pueden verse afectados los AVC para su persistencia en el largo plazo por las tendencias de producción de la palma de aceite e impacto por la aparición de vías de acceso a 5-10 y 15 años.
- Escenario 4-E4: Criterio AVC para la Zonificación y Ordenamiento del Territorio.

Identificación de altos valores de conservación y su incorporación en la zonificación provincial de uso de la tierra en el norte de Esmeraldas, Ecuador

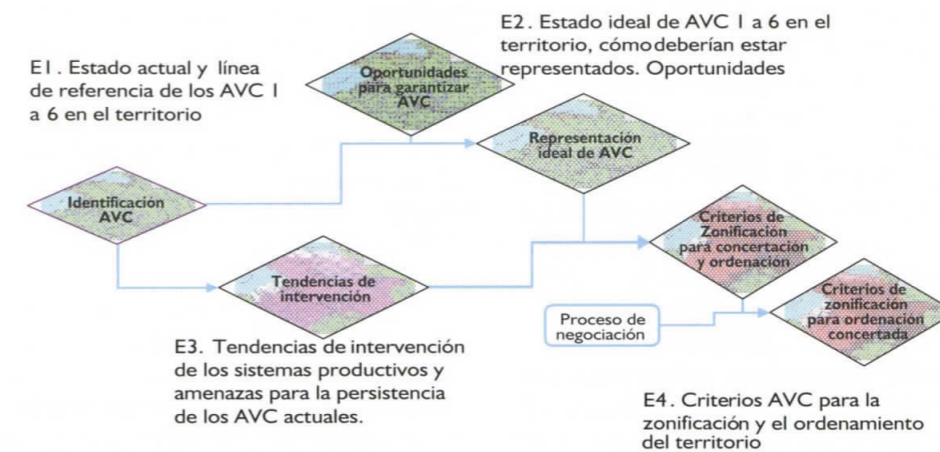


Figura 1. Análisis y mapeo de la información para construir cuadro tipo de escenarios.

Fuente: Manual Técnico SIG para cálculo AVC.

Identificación y caracterización de los AVC

Para la identificación y caracterización de los Bosque con Alto Valor de Conservación se describen los parámetros como: La presentación de cada uno de los AVC, donde se analizan sus elementos particulares dependiendo del grado de conservación y biodiversidad

existentes. Adicionalmente se describen su justificación, información requerida, modelo SIG, submodelos cartográficos, umbrales y socialización (discusión, concertación y validación).

La descripción del parámetro modelo SIG es semejante en todos los AVC y se describe en los siguientes párrafos:

Cuadro 1. Modelo SIG.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SIGNIFICADO
	Cuadrado	Mapas, el color de relleno significa el tipo de mapa inicial o intermedio.
	Óvalo	Procesos, el color significa si el proceso se efectúa en ArcView (color naranja) o en otro software (color fucsia).
	Cuadro doble	Procesos estadísticos o aritméticos en Excel o SPSS
	Flecha	Flujo de los datos e información

Fuente: Manual Técnico SIG para cálculo AVC

Modelo SIG: Presenta la descripción detallada de las variables o elementos específicos, y la forma como estas deben operarse para obtener cada mapa de AVC. La descripción detallada de las mencionadas variables se denomina modelo lógico.

Los colores y formas de los símbolos en el flujo significan el tipo de datos o procedimientos específicos de la siguiente manera:

- **AVC1** Áreas que contienen concentraciones significativas de valores de biodiversidad a nivel global, regional o nacional.

Presentación: El AVC1 identifica los ecosistemas que contienen concentraciones de valores de biodiversidad importantes a nivel global, regional o nacional (eje endemismo, riesgo biológico, refugios, etc.), los patrones de biodiversidad en este espacio deben ser contemplados a la hora de definir áreas de conservación claves en un proceso de Orde-

namiento Territorial. Los elementos o variables claves a considerar aquí son:

- Biodiversidad (incluye riqueza).
- Especies endémicas (incluye rareza).
- Especies en peligro (vulnerabilidad).
- Especies generalistas.

Los Submodelos cartográficos: se realizan en un diagrama de Flujo combinando las variables, los flujos de datos se han construido teniendo en cuenta el formato del Model builder de ArcView 3.3 en el cual las figuras representan datos (mapas o tablas), procesos y flujos de información. (Ver anexo 1 Manual Técnico SIG para cálculo AVC).

Los submodelos cartográficos para la definición de unidades de análisis y AVC 1 los presentan las figuras 2 y 3.

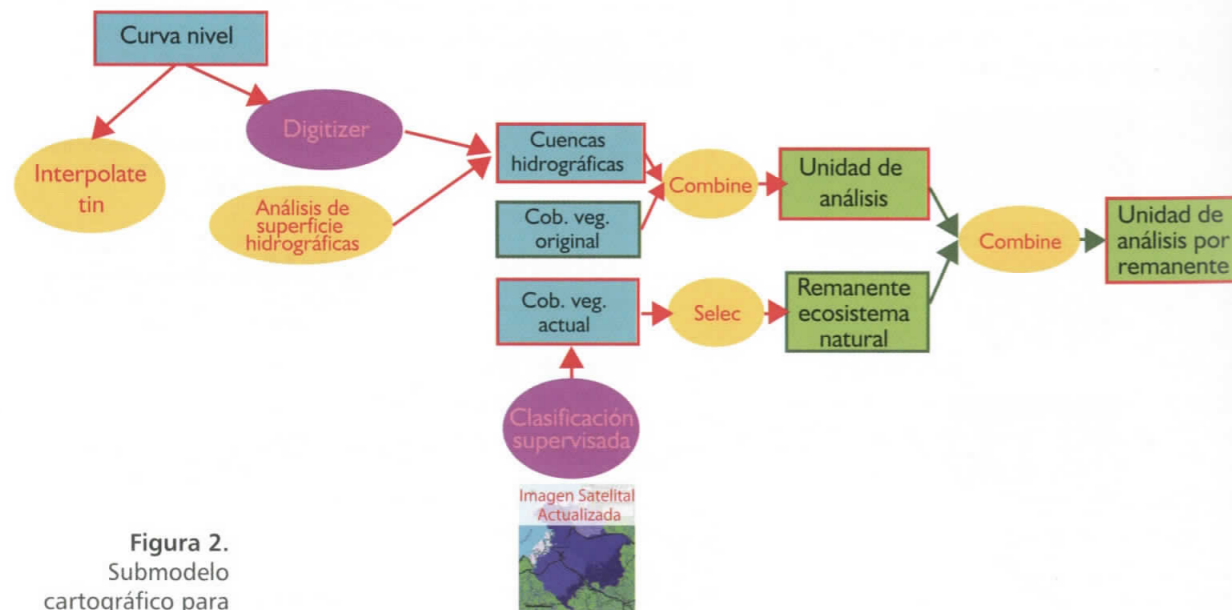


Figura 2. Submodelo cartográfico para el cálculo de Unidades de Análisis.

Identificación de altos valores de conservación y su incorporación en la zonificación provincial de uso de la tierra en el norte de Esmeraldas, Ecuador

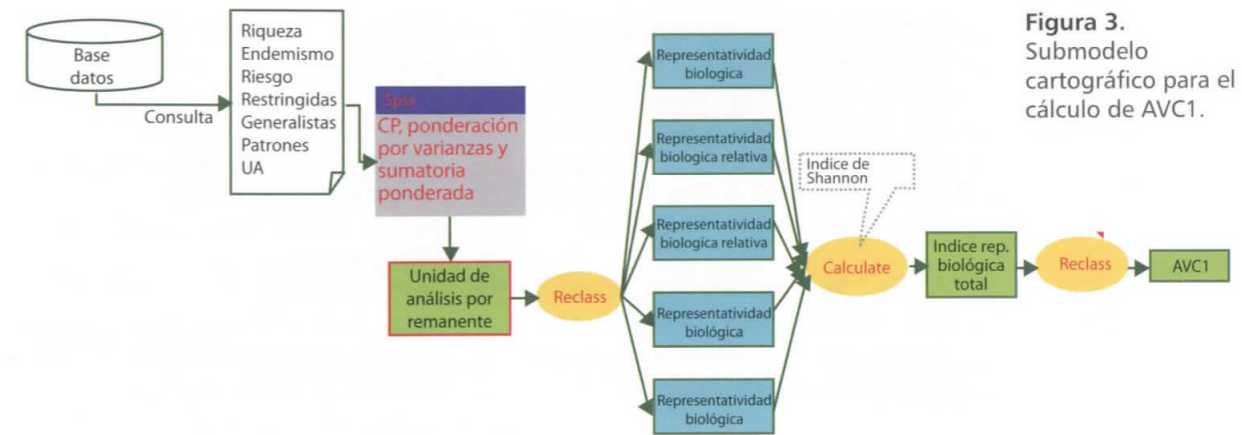


Figura 3. Submodelo cartográfico para el cálculo de AVC1.

Umbrales: Los umbrales o categorías están definidos aquí por los valores del índice de representatividad biológica relativa y van desde muy bajo a muy alto por el método estadístico de cuantiles.

- **AVC2 Integridad Ecológica.**

Presentación: El AVC2 evalúa la integridad ecológica de los ecosistemas que sirven de hábitat para las poblaciones de especies, estas áreas de conservación deben contar con elementos que componen la biodiversidad (bioma, biótico) y suficiente extensión que garanticen la conectividad de los ecosistemas (corredores biológicos). Los elementos o variables clave para la formulación del AVC2 son:

- Tamaño de fragmentos de ecosistemas
- Forma.
- Rango altitudinal.
- Conectividad.
- Área núcleo.
- Diversidad y riqueza de ecosistemas.
- Distribución natural de especies focales.

Los submodelos cartográficos para la definición de unidades de análisis y AVC2 los presentan las figuras 4.

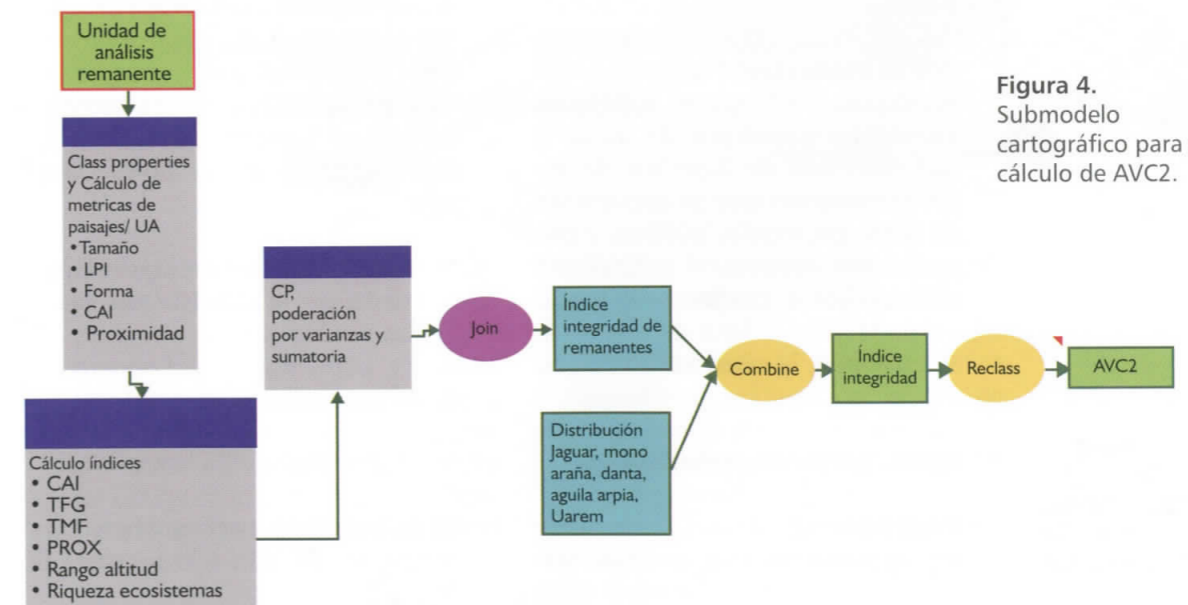


Figura 4. Submodelo cartográfico para el cálculo de AVC2.

Umbrales: Los umbrales o categorías del AVC2, están definidos aquí por los valores del índice de integridad ecológica, que se reclasifican de manera nominal en categorías desde muy bajo a muy alto por el método estadístico de cuantiles.

- **AVC3. Singularidades ecológicas importantes para la conservación, amenazadas o en peligro de extinción.**

Presentación: El AVC3 identifica singularidades ecológicas entendidas como aquellas áreas de importancia biológica que existen en coberturas pequeñas y no resultan prioritizadas en los análisis efectuados hasta el momento; estas corresponden a ecosistemas azonales y/o que ayudan a

mantener la dinámica de ciertas poblaciones o la dinámica ecológica de una región. (Walschburger T. et al, 2005). Se puede definir también como aquellos relictos de cobertura vegetal dispersos en el área de estudio y que conservan una importante biodiversidad, que en algunos casos son fundamentales para la conectividad entre ecosistemas y la supervivencia de especies.

Los elementos o variables clave aquí son: Manglares, bosques húmedos inundables y cuerpos de agua o humedales.

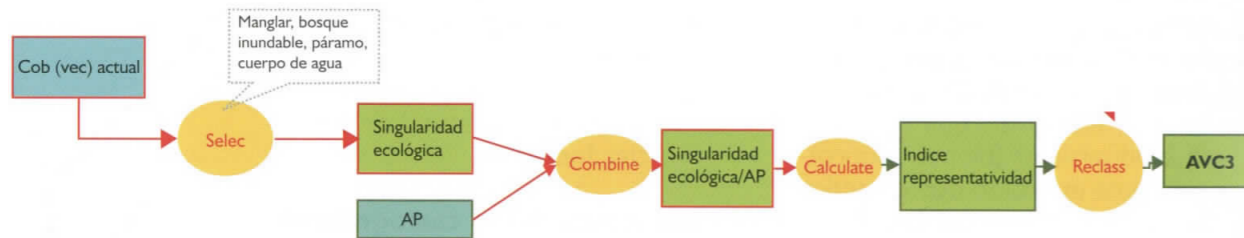
Los submodelos cartográficos para la definición de unidades de análisis y AVC3 los presentan las figuras 5.

como: Captura y regulación de agua (cantidad de agua), control de erosión (susceptibilidad y fragilidad), captura de CO₂, y belleza escénica (atractivos turísticos naturales). En estos aspectos las variables claves son:

- Disponibilidad de agua regulada por la cobertura en las cuencas.
- Escorrentía superficial.
- Susceptibilidad a la erosión.

El submodelo cartográfico para el cálculo del AVC4 lo presenta la figura 6.

Figura 5. Submodelo cartográfico para el cálculo de AVC3

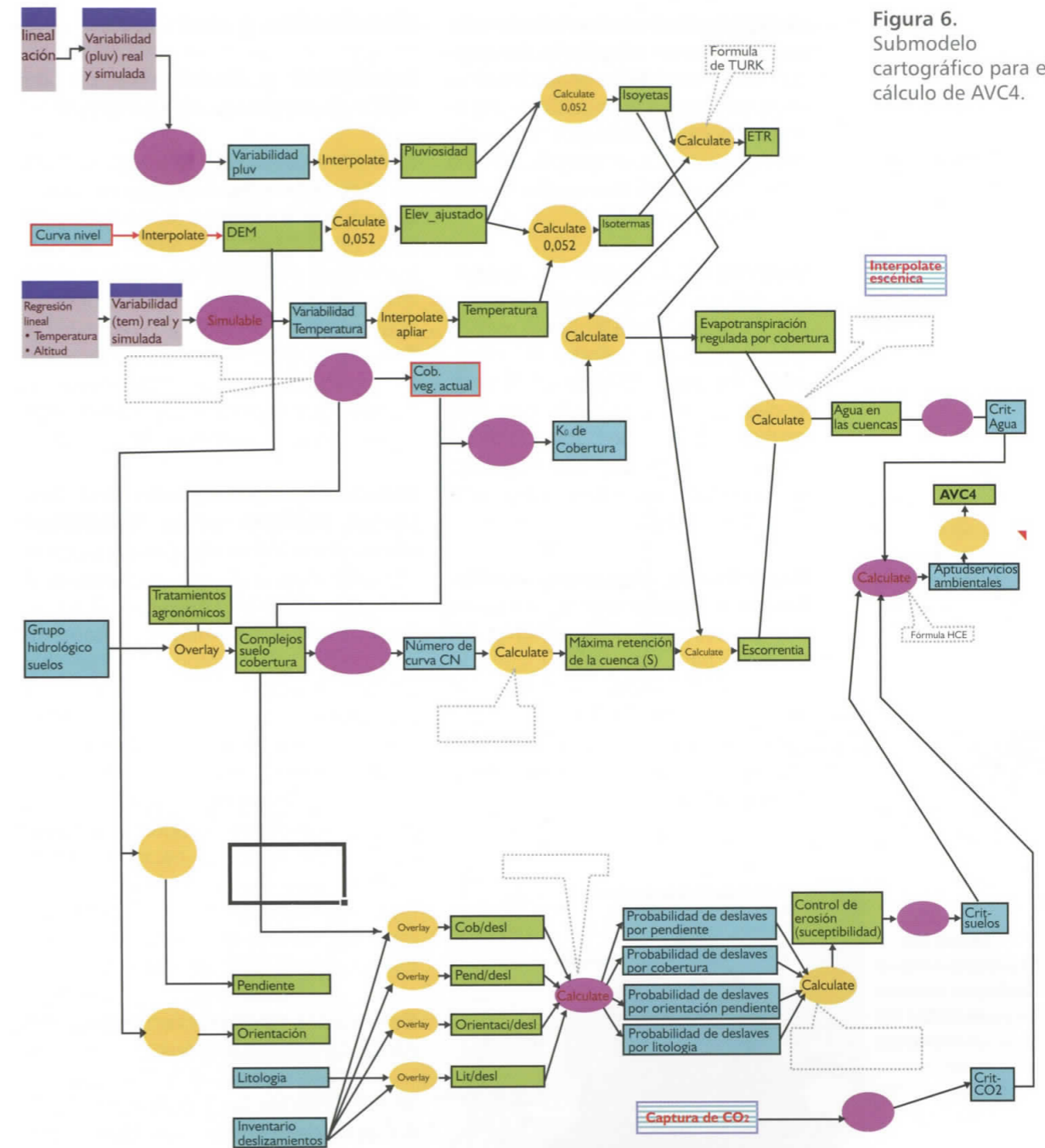


Umbrales: Los umbrales o categorías del AVC3, están definidos aquí por la presencia de singularidades ecológicas (Manglares, Bosques inundables y cuerpos de agua) y qué extensión de superficie de estos ecosistemas que se encuentran en áreas protegidas públicas y privadas. Actualmente, el umbral está definido por el porcentaje o grado de protección o falta de ella en la singularidad, la categoría va de alto a bajo.

- **AVC4. Servicios ambientales.**

Presentación: El AVC4 identifica los ecosistemas que prestan servicios básicos a la sociedad tales

Figura 6. Submodelo cartográfico para el cálculo de AVC4.



Umbrales: Los umbrales o categorías del AVC4, están definidos por la sumatoria ponderada de la disponibilidad de agua regulada por la cobertura en las cuencas, la escorrentía superficial, la susceptibilidad a la erosión, la captura de CO₂ y calidad del paisaje. Donde su categoría se clasifica como alto, medio y bajo.

- **AVC5 y 6 Servicios para comunidades locales y valores míticos.**

Presentación: El AVC5 identifica aquellos ecosistemas o lugares de importancia para satisfacer las necesidades básicas de las comunidades locales (Ej. Subsistencia, salud, vivienda, artesanía, pesca). Áreas clave de caza o de forrajeo para co-

comunidades que viven a nivel de subsistencia en un mosaico de bosque; el AVC6 representa ecosistemas o áreas con importancia cultural (identidad tradicional), ecológica y religiosa; estos parámetros se identificaron en colaboración con pobladores de las comunidades locales.

Umbrales: Los umbrales o categorías del AVC5 y 6, están definidos por la importancia cultural, ecológica (para supervivencia del hombre) y religiosa existente en el sitio, se clasifican en categorías: muy alto equivalente a sitios inventariados por su alta importancia y muy bajo equivalentes a sitios con escaso valor natural y cultural.

Socialización, discusión, concertación y validación: La socialización y validación de la información obtenida para este AVC5 y 6 se formuló en los talleres realizados con las comunidades del área de estudio para el levantamiento de información ecológica, cultural y religiosa de la zona.

Resultados y discusión

Resultados y Caracterización del AVC1 (Representatividad biológica)

El AVC1 muestra la distribución y cuantía relativa de la Biodiversidad (incluye riqueza), por la totalidad de especies y por taxas (mamíferos, aves, reptiles, anfibios y plantas), expresada en especies endémicas (incluye rareza), los patrones de traslape y el riesgo biológico según UICN. Con este análisis se busca resaltar aquellos espacios geográficos en los cuales, las especies por distintas causas se encuentran en peligro (vulnerabilidad).

Índice de representatividad biológica relativa y su significado como Alto Valor de Conservación.

- El área de estudio cubre aproximadamente 1 628 754,189 ha. De las cuales, entre Muy Altamente y Altamente representativas biológicamente hay aproximadamente 700 036,108 ha, localizadas en cuenca alta del río Mira, cuenca media y alta del río Mataje y Tulumbi; cuencas media y baja de los ríos Santiago y Cayapas, 159 083,038 ha poseen representatividad biológica media localizadas en los nacimientos del río Gualcala y Pulgande; 647 836,047 ha en representatividad biológica baja y muy baja, en la parte alta de los ríos Santiago, Lita y Guabo. Ver mapa No. 1

Resultados y Caracterización del AVC2 (integridad ecológica)

Se encontró de las 1 628 754,189 ha del área de estudio, con Muy Alta y Alta integridad ecológica localizadas en cuenca alta del río Mira, cuenca media y alta del río Mataje, cuenca media y baja de los ríos Santiago y Cayapas, 159 083,038 ha, presentan representatividad biológica media localizadas en los nacimientos del río Gualcala y Pulgande y 647 836,047 ha en representatividad biológica baja y muy baja, en la parte alta de los ríos Santiago, Lita y Guabo.

Las zonas con Muy Alta y Alta integridad, en la parte media de la cuenca del río Mira y en la parte alta y media del río Cayapas están constituidas por parches

de bosque natural e intervenido entre 13 010,5 y 313 153 ha, poco fragmentados (menor número de parches) ver gráfico N.º 1 y 2

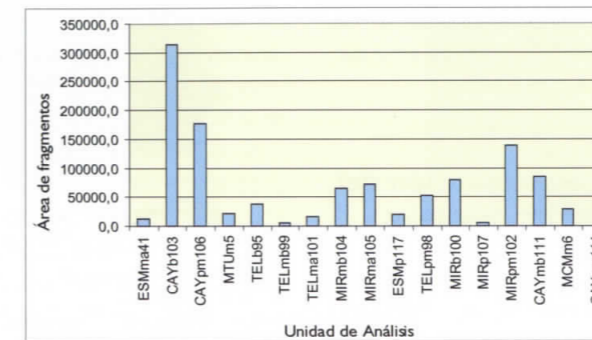


Gráfico No. 1
Área de parches por unidad de análisis del área estudio.

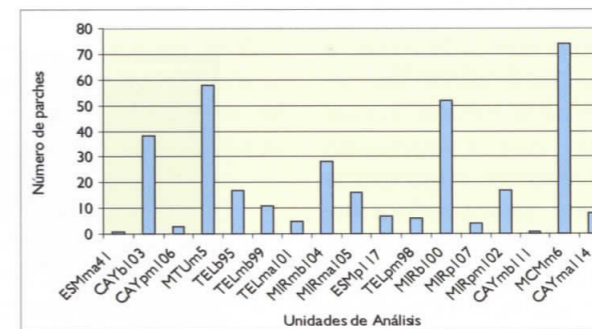


Gráfico No. 2
Número de parches por unidad de análisis del área estudio.

Así mismo, se caracterizan porque la distancia o proximidad entre los parches es baja, es decir, están muy

cercanos entre sí, lo que facilita la existencia de procesos ecológicos. Ver gráfico No. 3.

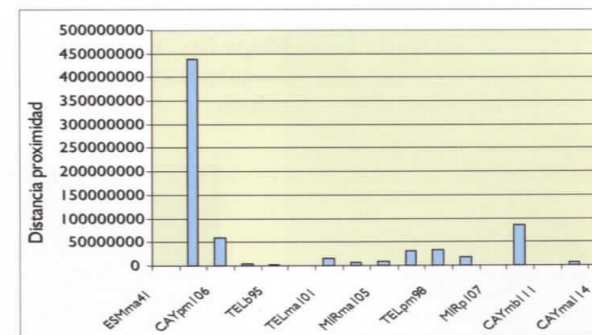
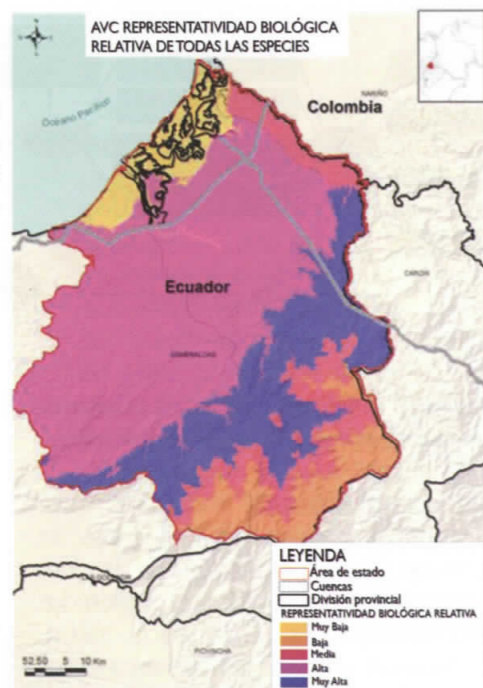


Gráfico No. 3
Proximidad entre los fragmentos de bosque natural por unidad de análisis del área estudio.

Mapa No. 1
Representatividad biológica relativa de todas las especies.



Resultados y Caracterización del AVC3 (singularidades ecológicas)

En la zona de estudio se encontró que quedan aun remanentes muy pequeños con respecto a su extensión original de bosques inundables de tierras bajas, y 26 721 ha de manglar en la reserva remacam, la cual alberga el 66.91% del manglar existente en el área de estudio, también en área de patrimonio forestal se mantienen 18.80% del manglar existente.

Litoral Norte del Ancón de Mataje. Cerca de la desembocadura del río Mataje, corresponde al área donde se desarrollan manglares que alcanzan hasta 50 metros, considerados los más altos del mundo, incluye asociaciones de los bosques adyacentes; desafortunadamente la intervención es extremadamente alta por el lado ecuatoriano.

Bosques húmedos de tierras bajas. Esta zona fue identificada en un estudio

realizado en 1999 como una de las 6 prioridades de conservación en Ecuador (por su nivel de remanencia entre otras razones), se encuentran remanentes de ecosistemas inundables como los guaduales. Aunque colinda con la Reserva de Cayapas-Mataje no se encuentran protegidos.

Resultados y Caracterización del AVC4 (Servicios ambientales)

Una vez más una sumatoria ponderada de los resultados del balance hídrico y el mapa de control de erosión da un resultado que muestra que el 83.14% de la zona de estudio presenta de medio a muy alto valor de conservación por regulación hídrica y de la erosión, lo cual indica en la zona, que la vegetación natural tiene un enorme importancia como reguladora y garantizadora del flujo de servicios de la naturaleza hacia las actividades productivas al proveer de agua y estabilidad los suelos.

AVC5 y 6 (Servicios para comunidades locales y valores míticos)

El **mapa No. 5**, muestra aquellos lugares que en el área de estudio son de gran importancia para las comunidades locales étnicas y campesinas, así como para las administraciones locales y nacionales.

Estos lugares y/o áreas son:

La Isla de Tatabrero, Cascada en San Antonio, Cementerio Internacional, Isla de los Pájaros, varios sitios históricos donde existen restos arqueológicos, concesiones dadas a las comunidades como Campanita, Changuaral, El Viento, Palma Real y Tambillo, también se incluyen los Bosques Protectores, reservas ecológicas de Remacam y Cotacachi Cayapas, así como los territorios afro y del pueblo Awa.



Mapa No. 2
AVC2. Integridad ecológica de los remanentes naturales en el área de estudio.



Mapa No. 3
Singularidades ecológicas en el área de estudio.



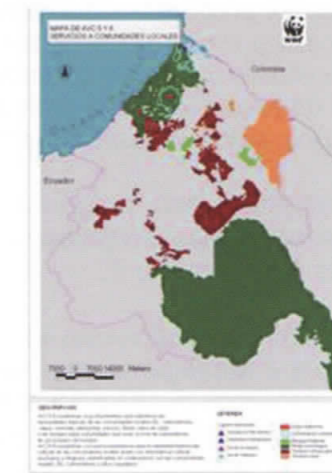
Mapa No. 4
Alto valor de conservación por servicios ambientales

Conclusiones

El escenario 2 o estado deseado de los AVC, corresponde a una simulación con base en la pregunta cómo sería la distribución de los AVC en los próximos 15 años, si se determinaran e implementaran políticas y acciones de recuperación para mantener e incrementar el valor de los hábitat de especies, ecosistemas proveedores de servicios ambientales como agua y protección ante la erosión, y lugares de importancia mítica, religiosa, cultural y de supervivencia de comunidades locales?

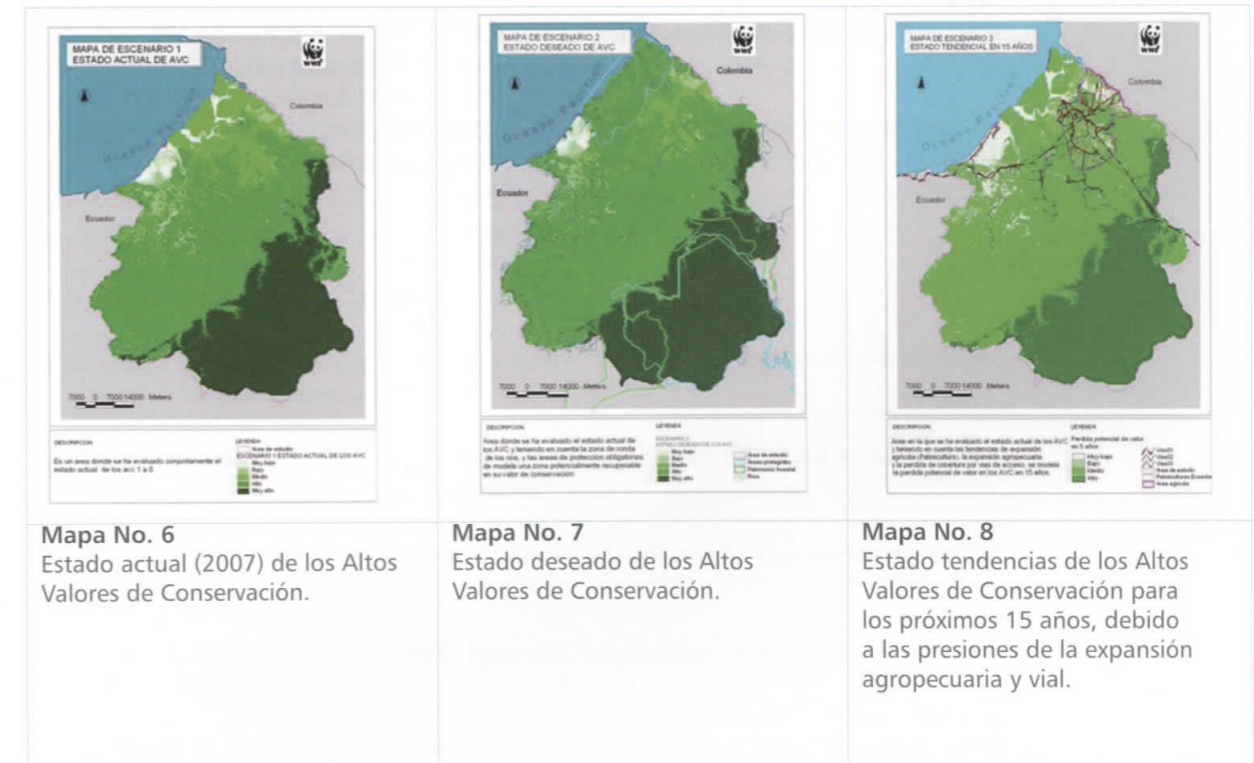
¿Cómo sería la distribución de los AVC en el área de estudio si además de lo anterior, se respetaran las normas de ronda hídrica y se aumentara la ronda a 100m?

Si estas preguntas se respondieran afirmativamente y el escenario 2 fuera posible podría ocurrir que las zonas actualmente con calificación muy alta y alta



Mapa No. 5
Servicios a las comunidades locales.

aumentarían un 10% aproximadamente. Lo que significaría aumento significativo del valor de conservación de los bosques existentes en el área de estudio.



Mapa No. 6
Estado actual (2007) de los Altos Valores de Conservación.

Mapa No. 7
Estado deseado de los Altos Valores de Conservación.

Mapa No. 8
Estado tendencias de los Altos Valores de Conservación para los próximos 15 años, debido a las presiones de la expansión agropecuaria y vial.

Si la respuesta a las preguntas planteadas en el escenario 2, fueran negativas, las preguntas siguientes son ¿qué pasa si esto no ocurre, si en lugar de ello se sigue con la tendencia actual de expansión de la agricultura y la agroindustria a tasas elevadas?

La respuesta a esta pregunta es lo que muestran las 3 versiones temporales del escenario 3.

Este escenario se presenta como la respuesta a la pregunta ¿qué pasa si en los próximos 5, 10 y 15 años se sigue con la tendencia actual de expansión de la frontera agropecuaria, la frontera agroindustrial y la deforestación por explotación del bosque y vías de acceso?

Lo que muestra el escenario 3 a 5 años es que de seguirse esta tendencia se puede perder 13% de valor muy alto a medio, por el deterioro de hábitat de especies, la integridad de los ecosistemas boscosos, la prestación de servicios ambientales y la utilidad para las comunidades locales, pasando de muy alto a alto o medio a valores inferiores.

Lo que muestra el escenario 3 a 10 años es que de seguirse esta ten-

dencia se puede perder el valor muy alto, por el deterioro de hábitat de especies, la integridad de los ecosistemas boscosos, la prestación de servicios ambientales y la utilidad para las comunidades locales, pasando de muy alto a alto o medio a valores inferiores.

Las zonas que actualmente están catalogadas como de muy alto valor porque a su vez presentan muy alto valor los AVC relacionados con hábitat de especies, ecosistemas con altos valores de integridad, ecosistemas proveedores de servicios ambientales como agua y protección ante la erosión, y lugares de importancia mítica, religiosa, cultural y de supervivencia de comunidades locales, perderían su valor con el consiguiente deterioro.

El escenario 3 a 15 años muestra que de seguirse esta tendencia de deterioro habría una pérdida generalizada de valor. No solo se pueden perder el valor muy alto, de hábitat de especies, la integridad de los ecosistemas boscosos, la prestación de servicios ambientales y la utilidad para las comunidades locales, pasando los valores actuales a menores valores en todas las categorías.

Referencias bibliográficas

- A.O.U. 2003. Checklist of North American birds. (7th edition, reviewed 2003). American Ornithologist's Union, Washington D.C.
- AUSTIN, M.P. & C.R. Margules. 1986. Assessing representativeness. In: Usher, M.B. (Ed.). Wildlife conservation evaluation. Chapman and Hall, London. Pp: 45-67
- BARBOSA, C. 2000. Contribución al conocimiento de la flora y vegetación del Parque Nacional Natural Isla Gorgona y Gorgonilla. Pérez Arbelaeza, 1: 311-335.
- BECCALONI, G.W. & K.J. Gaston. 1994. Predicting the species richness of Neotropical forest butterflies: Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae) as indicators. Biological Conservation: 71(1): 77-86.
- BIOPACÍFICO-Colombia, Proyecto. 1998-2000. Informe Final General. Tomos I - VI. Ministerio del Medio Ambiente, GEF, PNUD, Bogotá.
- CARRERAS C. et al, 2005. Guía para la identificación y manejo de bosques de alto valor de conservación en Ecuador. CEFOVE, GTZ, JATUN SACHA.
- DINERSTEIN, E., D. Olson, D. Graham, A. Webster, S. Primm, M. Bookbinder & G. Ledec. 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF, Banco Mundial, Washington, D.C.
- FORMAN, R.T.T. & M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2004. AICAs. En: www.humboldt.org.co
- IUCN, 1996a. Memoirs of the Cat Specialist Group Meeting. Switzerland.
- IUCN. 1996b. IUCN Red List Categories, as approved by the 40th meeting of IUCN Council Gland (1994). Switzerland.
- IUCN. 2001. IUCN Red list categories. Version 3.1. Prepared by the IUCN Species Survival Commission. 23pp. Gland, Switzerland.
- JENNINGS et al, 2002. Identificación de Altos Valores de Conservación a un nivel nacional: Guía práctica. Proforest.
- MARGULES, C. R., & R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405:243-253.
- MARGULES, C. R., & T. D. Redhead. 1995. Guidelines for using the BioRap methodology and tools. CSIRO, Canberra, Australia.

Publicaciones Especiales

NOSS, R. F. 1996. Ecosystems as conservation targets. *Trends Ecol. Evol.* 11:351.

NOSS, R.F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management* 115: 135-146.

PICKETT, S.T.A. Thompson, J.N., 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biological Conservation* 13, 27-37.

RENJIFO, L.M. 1999. Composition changes in a subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology*, Vol. 13 (5): 1124-1139.

RENJIFO, L.M. A.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B.López-Lanús (Eds.). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.

SMITH, T. B., M. W. Bruford & R. K. Wayne. 1993. The preservation of process: The missing element of conservation programs. *Biodivers. Lett.* 1:164-167.

WALSCHBURGER T. et al, 2005. Biodiversidad y sociedad en el complejo ecorregional Chocó (Panamá, Colombia y Ecuador). Bases para la construcción de un plan de conservación. *wwf, ecotrópico, CECOIN.*

Publicaciones Especiales

- Geografía para Niños CD-Rom** (2009) - \$20.500
- Fundamentos Físicos de Teledetección** (2007) - \$14.500
- Nombres Geográficos de Colombia Departamentos y Ciudades Capitales** (2010) - \$34.000
- Geografía para Niños** (2009) - \$46.500
- Los Nombres Originales de los Territorios de Colombia** (1995) - \$52.500
- Principios Básicos de Cartografía Temática** (1995) - \$52.500
- Suelos para Niños** (2009) - \$48.000
- Mapas de Ruta Pequeño** (2006) - \$13.000
- Mapas de Ruta Argollado** (2006) - \$13.000
- Problemas de Fotogrametría Elemental** (1981) - \$2.500
- Modelo de Datos Urbanos CS 2000** (1999) - \$27.000
- Conceptos Básicos Sobre SIG y Aplicaciones en Latinoamérica** (1995) - \$9.500
- Zonificación Ambiental para el Plan Modelo Colombo-Brasilero** (1997) - \$30.500
- Libro de Gravimetría** (1998) - \$58.000
- Bogotá un Museo de cielo Abierto** (2008) - \$51.000
- Los Cañones Colombianos Una Síntesis Geográfica** (2008) - \$38.500
- Atlas y Videos**
- Atlas de Colombia Libro o CD-Rom** (2002) - Libro \$115.000, CD-Rom \$46.500
- Atlas Básico de Colombia 2 tomos** (2008) - \$61.500
- Reservas Forestales Protectoras Nacionales de Colombia Atlas Básico** (2005) - \$52.500
- Atlas de la Salud** (2005) - \$77.000
- Atlas de Mortalidad por Cáncer en Colombia** (2003) - \$23.500
- Atlas de Cundinamarca** (2007) - \$71.500
- Atlas Histórico de Bogotá Cartografía 1791-2007** (2007) - \$203.000
- Videos Geográficos de Colombia** (2007) - \$45.500
- Mapas de Colombia**
- Mapa de Fronteras Terrestres y Marítimas** (2009) - \$14.000
- Mapa Físico Político de Colombia** (2009) - \$14.000
- Mapa de Entidades Territoriales** (2006) - \$14.000
- Mapa de Suelos de Colombia** (2002) - \$14.000
- Mapa de Zonificación Agroecológica** (2002) - \$14.000
- Mapa de Cobertura y Uso de las Tierras** (2002) - \$14.000
- Mapa de Vocación de Uso de las Tierras** (2002) - \$14.000
- Mapa de Uso Adecuado y Conflictos de Uso de las Tierras** (2002) - \$14.000
- Mapa Gravimétrico de Colombia Anomalía Total de Bogotá** (2002) - \$58.000