



Infraestructura de datos espaciales

Infraestructura de datos espaciales del sistema de información geológico ambiental minero (SIGAM) del servicio geológico y minero argentino (SEGEMAR)

Pedreira José Ángel¹, Ferpozzi Federico², Álvarez Saúl¹, Candaosa Gabriel², Chavez Silvia², Avanzas Rubén¹, Zappetini Eduardo², García Pilar³, Marín Graciela²

1 Sociedad Asturiana de Diversificación Minera (SADIM)
C/Jaime Alberti 2, 33900 Ciaño/Asurias/España
jangel.pedreira@sadim.es

2 Instituto de Geología y Recursos Minerales (IGRM)/Servicio Geológico Minero de Argentina (SEGEMAR)
Av/ General Paz 5445 - Parque Tecnológico Miguelete. Edificio 25 /Provincia de Buenos Aires/ Argentina
graciela.marin@segemar.gov.ar

3 Instituto de Recursos Naturales y Ordenación del Territorio (INDUROT)/Universidad de Oviedo
Campus de Mieres. Edificio de Investigación. C/Gonzalo Gutiérrez Quirós s/n, 33600 /Mieres/España
marquinez@uniovi.es

RESUMEN

En el marco del Subprograma Gestión Ambiental Minera (GEAMIN) de la Secretaría de Minería, se ha desarrollado el Sistema de Información Geoambiental Minera (SIGAM) con el objetivo estratégico de contribuir a la modernización e implantación de nuevas capacidades en el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Uno de sus componentes es la Infraestructura de Datos Espaciales, que es el mecanismo utilizado para facilitar el acceso a la información geoambiental de base generada en el SEGEMAR, lo que permite a un usuario, utilizando un simple navegador, poder descubrir, utilizar esa información y combinarla según sus necesidades. Son objetivos del proyecto: implementar la IDE del SIGAM, que permita la publicación en la Web, de información cartográfica geológica ambiental y minera producida por el SEGEMAR, a través de Servicios estándar del OGC, basada en componentes de software libre; conseguir una integración del SIG institucional del SIGAM, basado en el software de ESRI ArcGIS, con los componentes de software libre utilizados para implementar esta IDE; separar completamente el entorno de producción cartográfica del SIGAM, del entorno de publicación de su IDE. Para el desarrollo de la IDE del SIGAM, y la publicación, de la información geoespacial generada desde el Sistema de producción cartográfica del SIGAM, se optó por la utilización de componentes de Software Libre, los cuales facilitan la escalabilidad de la solución, sin necesidad de invertir en costosas licencias, y con capacidad suficiente para publicar los servicios WMS, WFS y CSW definidos por el OGC.

Palabras clave: **Infraestructura de Datos Espaciales, GIS, Software Libre, Geología.**

ABSTRACT

Within the framework of the Mining Environmental Management Subprogram (GEAMIN) of the Mining Secretariat, the Geo-Environmental Mining Information System (SIGAM) has been developed with the strategic objective of contributing to the modernization and implementation of new capabilities in the Argentine Geological Mining Service (SEGEMAR). One of its components is the Spatial Data Infrastructure, which is the mechanism used to facilitate access to basic geo-environmental information generated in the SEGEMAR, which allows a user, using a simple browser, to discover, use that information and combine it according to its needs. The goals to achieve are: implement the SIGAM SDI, which allows the publication

on the Web of environmental and mining geological cartographic information produced by SEGEMAR, through OGC standard services, based on opens source software components; achieve the SIGAM GIS integration, based on the ESRI ArcGIS software, with the free software components used to implement this SDI; completely separate the cartographic production environment of the SIGAM from the publishing environment of its SDI. For the development of the SIGAM SDI, and the publication, of the geospatial information generated from the SIGAM cartographic production system, Free Software components has been used, these eases the scalability of the solution, without the need to invest in costly licenses, and with sufficient capacity to publish the WMS, WFS and CSW services defined by the OGC.

Keywords: Spatial Data infrastructure, GIS, Open source software, Geology.

I. INTRODUCCIÓN

Podemos definir una IDE como “un conjunto de datos espaciales, tecnología, normas y planes institucionales, todos ellos encaminados a facilitar la disponibilidad y el acceso a dichos datos espaciales”. (Luaces, M., Olaya ,V. & Fonts, O. (2014))

A diferencia de los planteamientos anteriores a la aparición de las IDE, en los que se consideraba a los datos como elementos independientes que podían jugar su papel en el entorno SIG sin necesidad de establecer políticas o acuerdos referidos a ellos, el desarrollo de las IDE trae consigo un nuevo planteamiento en el que los datos necesitan elementos adicionales para ser verdaderamente productivos. Una Infraestructura de Datos Espaciales es, por tanto, mucho más que datos. Una IDE incluye, además de los datos y atributos geográficos, metadatos (datos que describen la información geográfica), métodos que permitan descubrir, visualizar y valorar esos datos (catálogos y cartografía en red) y algún método para proporcionar acceso a los datos geográficos (normalmente, un GeoPortal, publicado en Internet es el medio habitual)

Dicho esto, estructuralmente una IDE se constituye en una red virtual, integrada de distintas partes o elementos, cuyos componentes principales son:

- **Datos geográficos:** Son aquellos datos espaciales que hacen referencia a una localización sobre la tierra (georeferenciados) y con los cuales se representan objetos del mundo real (Hidrografía, carreteras, uso del suelo, curvas de nivel, etc.).
- **Metadatos:** informan a los usuarios sobre las características descriptivas de los datos geográficos. Los metadatos van a describir la información cartográfica contestando a las siguientes preguntas:
 - ¿Qué describe el conjunto de datos?
 - ¿Quién ha producido el conjunto de datos?
 - ¿Qué finalidad tienen los datos?
 - ¿Cómo se creó el conjunto de datos?
 - ¿Cómo sería posible obtener una copia del conjunto de datos?
 - ¿Quién escribió los metadatos?
- **Servicios:** son funcionalidades asociadas a las capas de información que se ofrecen a través de la web, en función de estándares abiertos e interoperables con la finalidad de facilitar el acceso de los usuarios a todos los datos publicados. Entre los servicios más importantes que ofrece una IDE están: WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) y CSW (Catalogue Service Web).
- **Tecnología:** se refiere a la arquitectura informática que soporta la relación cliente-servidor, mediante la cual el

servidor procesa la petición de uno o varios clientes devolviendo una respuesta.

- **Normas y estándares:** son documentos de aplicación voluntaria que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica, para que los datos puedan entenderse y transferirse a través de la web.
- **Acuerdos políticos:** permiten establecer acciones coordinadas entre instituciones, a través de un marco legal con efectos jurídicos y técnicos que sostengan la implementación de la IDE en todos los niveles del Estado. El apoyo político es fundamental para el correcto desarrollo de las IDE, ya que el mayor esfuerzo de captura y mantenimiento de información geográfica se realiza en el sector público.
- **Actores:** son organismos o entidades que juegan un rol dentro la IDE, entre los cuales están: los productores de datos, desarrolladores de software, intermediarios y usuarios.

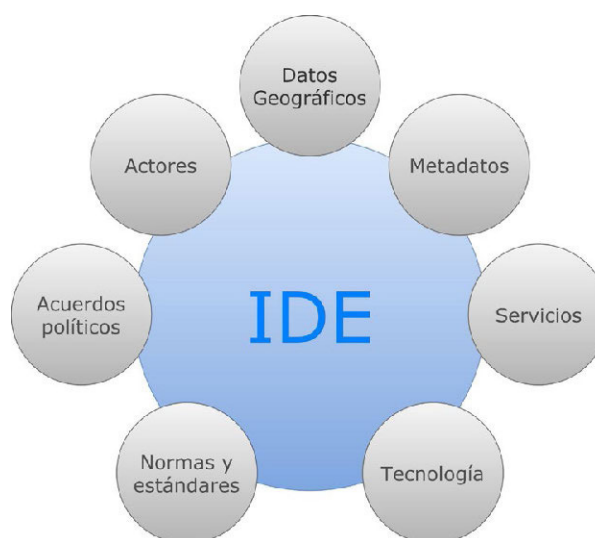


Figura. 1. Componentes de una IDE

En el marco del Subprograma Gestión Ambiental Minera (GEAMIN) de la Secretaría de Minería, se ha desarrollado el Sistema de Información Geológica Ambiental Minera (SIGAM) con el objetivo estratégico de contribuir a la modernización e implantación de nuevas capacidades en el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

El SIGAM, ha sido diseñado y desarrollado como una infraestructura de datos espaciales (IDE) y un SIG institucional para la gestión de datos e información geológico-ambientales, abar-

cando la incorporación, administración, evaluación, accesibilidad y disponibilidad vía “web” de la información existente.

El SIGAM además, contribuye a la solución de otra necesidad estratégica del Estado Nacional, la cual es la de facilitar el acceso y/o disponibilidad de la información geoambiental de base generada en el SEGEMAR, en tiempo y forma, para su utilización en el proceso de toma de decisiones, sea en lo referente a administración sustentable de los recursos y el ambiente, en gestión ambiental de la actividad minera y en planificación territorial, entre otros aspectos.

Por tanto, dentro de los objetivos del desarrollo de la IDE del SIGAM se encuentran:

- La publicación en Internet, de la información cartográfica geológica ambiental y minera producida por el SEGEMAR, a través de Servicios estándar del OGC
- Conseguir una integración entre el SIG del SIGAM, basado en el software de ESRI, y los componentes de software libre empleados para implementar su IDE.
- Separar completamente el entorno de producción cartográfica del SIGAM, del entorno de publicación de su IDE.

El SEGEMAR es un organismo científico-tecnológico del Estado Nacional que tiene como misión, generar datos e información geocientífica, geológica, minera y ambiental, necesarios para promover y contribuir al conocimiento y desarrollo de los recursos naturales no renovables y, en este marco, generar información sobre la condición natural de calidad de los recursos naturales, que contribuya a individualizar, prevenir y mitigar los impactos que pudieran ser identificados en relación con ellos.

II. MÉTODO

Para cada uno de los componentes, de la IDE del SIGAM, se detalla a continuación, los pasos que se llevaron a cabo para su realización:

A. ARQUITECTURA DE LA IDE DEL SIGAM

Para albergar los distintos componentes de la IDE, se definió durante la fase de Análisis y Diseño, la arquitectura física y lógica del entorno de publicación del SIGAM

La arquitectura física propuesta consiste en:

- Un clúster de 2 Servidores web balanceados, donde estarían instalados los siguientes productos en cada instancia:
 - Servidor Web Apache Tomcat,
 - Gestor de Contenidos Wordpress,
 - Software de Catálogo de Metadatos GeoNetwork,
 - Servidor de Mapas GeoServer.
- Un clúster de 2 Servidores de ficheros, utilizado para servir las peticiones de documentos al repositorio documental del GeoPortal
- Un clúster de 2 Servidores de Base de Datos PostgreSQL+PostGIS
- Un servidor SAN de almacenamiento.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la arquitectura física de la IDE del SIGAM.

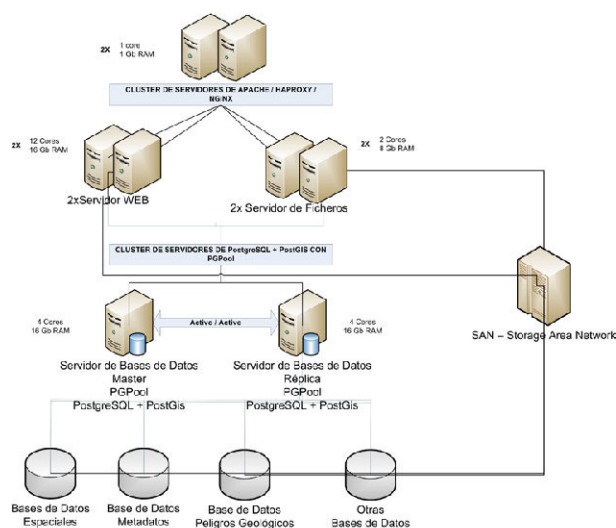


Figura. 2. Arquitectura física del entorno de publicación del SIGAM (entorno internet)

En la siguiente figura se muestra la arquitectura, con todos los componentes software y de datos del entorno de publicación del SIGAM:

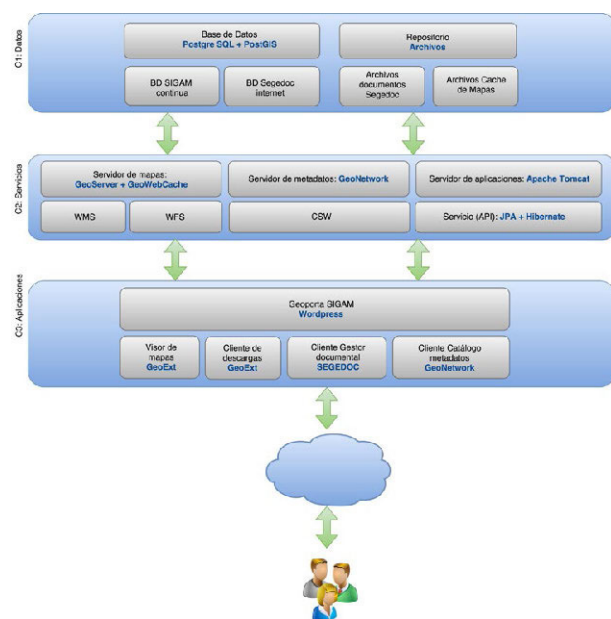


Figura. 3. Arquitectura lógica del entorno de publicación del SIGAM (entorno internet)

Este esquema de arquitectura lógica se estructura en tres capas que se detallan a continuación:

C1. Datos

En la capa de datos se encuentran por un lado las Bases de Datos en PostgreSQL+PostGIS, donde se almacenan las capas vectoriales sobre las que operan los Servicios WMS y WFS, y por otro el repositorio de archivos, que contiene los documentos del Gestor documental, y del cache en formato MBTiles utilizado por GeoServer.

C2. Servicios

En esta capa está GeoServer como servidor de mapas, GeoNetwork como Servidor del Catálogo de Metadatos y Apache Tomcat como servidor de aplicaciones.

Esta capa es la encargada de proporcionar los servicios OGC estándar, WMS, WFS y CSW.

C3 Aplicaciones

En esta capa es donde se incluyen las aplicaciones accesibles desde el GeoPortal del SIGAM, como el Visualizador de Mapas, el cliente del catálogo de metadatos GeoNetwork, el cliente del Repositorio Documental y el propio GeoPortal.

B. GEOPORTAL DEL SIGAM

Para el desarrollo del GeoPortal, durante la fase de Análisis se identificaron, con los técnicos del SEGEMAR, los diferentes apartados que debería tener el sitio web, que permitieran publicar la información asociada al SIGAM, así como a los elementos de su IDE.

Como software CMS (Content Management Software), la consultora ofertó el software de código abierto Wordpress, un software muy maduro y ampliamente utilizado en el ámbito de los gestores de contenidos para la web, que ofrece entre otras cosas:

- Facilidad de uso.
- Licencia open-source gratuita.
- Múltiples plugins y módulos adicionales.
- Facilidades de posicionamiento SEO.
- Facilidad para la personalización.

Durante la fase de diseño, se optó por la utilización de la plantilla de Wordpress, Avada. El tema Avada, es una plantilla muy popular en el ámbito de Wordpress, con un coste muy reducido que encajaba con los requerimientos del GeoPortal del SIGAM, ofreciendo un conjunto de características, opciones y herramientas que lo hacen muy versátil permitiendo tomar el control de prácticamente todos los aspectos del sitio web y ofreciendo además, un diseño responsivo que facilita su visualización en todo tipo de ordenadores y dispositivos móviles.

Durante esta fase se llevaron a cabo varios prototipos del Geoportal, que se fueron refinando en sucesivas revisiones realizadas con los técnicos del SEGEMAR, hasta llegar al diseño definitivo.

Tras la implementación en WordPress de los contenidos del sitio web del Geoportal, y con el objetivo de que éste pudiera ser mantenido por los técnicos del SEGEMAR, se llevó a cabo una capacitación para la instalación, configuración y gestión de los contenidos del Geoportal, mediante la utilización de los productos WordPress y Avada.

C. VISOR DE MAPAS

Para el desarrollo del Visor de Mapas, se identificaron, junto con los técnicos del SEGEMAR, los requisitos funcionales y no funcionales del mismo durante la fase de Análisis, estableciéndose qué funcionalidades dispondría dicho Visor, plasmando éstas en casos de uso según establece el lenguaje de modelado UML. Durante esta fase se identificaron las diferentes herramientas y elementos del visor, como la lista de capas, leyenda, mapa de situación, etc.

En la fase de Diseño del Visor se llevó a cabo el prototipado de la herramienta y se optó por la utilización del framework de desarrollo Boundless SDK proporcionado por el producto de Software Libre OpenGeo Suite 4.5, para la implementación de dicho Visor.

El framework Boundless SDK dispone de varias plantillas de desarrollo, en el caso del Visor de Mapas del SIGAM, se optó por la utilización de la plantilla GXP. Esta plantilla hace uso de GeoExt, que es una combinación de la interfaz de Ext JS (versión 3.4.0) con la tecnología de OpenLayers (versión 2.x).

Esta plantilla proporciona buena parte de la funcionalidad definida para el Visor, pudiendo personalizar aquella funcionalidad no contemplada mediante programación basada en javascript y apoyándose en la librería ExtJS y en la librería ampliamente utilizada en el ámbito de los Visualizadores cartográficos de Software Libre Open Layers.

Tras la fase de desarrollo, parametrización y personalización del Visor de Mapas, se llevó a cabo el plan de pruebas, para asegurar el buen funcionamiento del Visor y la correspondencia entre la herramienta desarrollada y lo definido en las fases de análisis y diseño del producto.

Con el fin de que los técnicos del SEGEMAR puedan incluir nueva funcionalidad en el futuro o realizar nuevas parametrizaciones y personalizaciones de la funcionalidad existente, además de la capacitación para la instalación y configuración del Visor, la consultora proporcionó también una capacitación, de personalización del Visor de Mapas, incluyendo la programación de nuevas herramientas dentro del mismo, configuración de fuentes de datos, grupos y capas de información a visualizar, etc.

D. SERVICIOS WMS Y WFS

Una vez finalizado el diseño del Modelo de Datos del SIGAM, y construida la GeoDatabase institucional, donde se irá almacenando toda la cartografía geológica y temática que produce el SEGEMAR, en formato continuo, se decide, junto con los técnicos del SEGEMAR, que Servicios WMS y WFS, y que capas de información dentro de cada uno de esos servicios se publicarán a través de la IDE del SIGAM.

Para realizar la publicación de los Servicios WMS y WFS, que ofrece la IDE, dentro del Servidor de Mapas GeoServer, se siguen los siguientes pasos:

- En el entorno de producción (Intranet)
 - Definir las vistas con los atributos a publicar y con los valores descriptivos asociados a los atributos de las Feature Class, dentro de la GeoDatabase de producción, con diccionarios asociados.
 - Elaborar dentro de ArcMap, los MXD de publicación, para cada uno de los servicios a publicar. Dentro de los MXD, se crearan los grupos, se incluirán las capas a publicar, y se definirá la simbología, escala y orden de visualización de cada una de ellas.
 - Una vez construido y guardado el documento de mapa MXD asociado a un Servicio, se publica en el ArcGIS Server de producción desde ArcMap haciendo uso de menú Archivo -> Compartir como -> Servicio.
 - Realizar la exportación de los datos vectoriales a publicar, a una GeoDatabase de archivo, para su posterior importación dentro de la Base de Datos PostgreSQL del entorno de publicación.
 - En el caso de los Servicios WMS:
 - Publicar en el Servidor de Mapas GeoServer, instalado en el entorno de producción, el nuevo Servicio a publicar como Servicio WMS cascade del Servicio WMS publicado en ArcGIS Server.
 - Utilizar la operación GenerateTiles del servicio WPS integrado en Geoserver, para obtener un volcado en formato raster de cada una de las capas del nuevo servicio a publicar, en formato MBTile.
 - Extraer el icono de leyenda de la capa de información, haciendo una llamada a la operación GetLegendGraphic del Servicio WMS publicado en ArcGIS Server.
- En el entorno de publicación (Internet)

- Copiar los archivos de la GeoDatabase de archivos y los ficheros MBTile, generados en el entorno de producción, al entorno de publicación.
- En el caso de los Servicios WMS:
 - Publicar las capas MBTile como servicio WMS dentro del GeoServer
 - Indicar desde el apartado de estilos de Geoserver que el icono de la capa es el que hemos obtenido previamente
- Importar en la base de datos PostgreSQL los datos vectoriales obtenidos en formato Geodatabase de Archivo de ESRI.
- Publicar las capa PostGIS según una norma de nombrado que nos permita asociarlas con las ráster publicadas anteriormente
- Modificar las plantillas de Geoserver para redireccionar las llamadas a la operación GetFeatureInfo de la capa ráster a la que corresponda en formato vectorial.

Con este procedimiento los servicios resultantes publicados en el entorno de publicación disponen de las siguientes características:

- No tiene limitaciones por la licencia del software.
- No tiene cuota de consumo, ni limitaciones por uso concurrente.
- No necesita acceder al entorno de intranet, con las ventajas de seguridad y privacidad que ello conlleva, al estar en dos entornos independientes y desconectados.

Para cada capa de información hay accesibles dos capas publicadas, una con el volcado ráster y otra con la copia de los datos vectoriales:

- La capa ráster:
 - Dispone de la misma simbología, representación y escalas que la publicada en el entorno de intranet, incluyendo el cuadro de leyenda
 - Responde a la operación WMS GetFeatureInfo, devolviendo los atributos vectoriales que corresponda
- La capa vectorial
 - Está disponible en formato vectorial, a través del protocolo WFS.
 - Admite filtros WMS y `cql_filter`, y permite modificar la simbología, utilizando distintos estilos disponibles o enviando los SLD en las llamadas a la operación GetMap

El formato MBTile, empleado para generar los tiles de la capa raster de los Servicios WMS, es una especificación para almacenamiento eficiente de millones de tiles en un fichero SQL Lite.

E. CATÁLOGO DE METADATOS Y SERVICIO CSW

El primer paso que se llevó a cabo, al abordar este componente de la IDE, fue decidir qué perfil de metadatos se utilizaría para describir las capas de información publicadas por el SIGAM. Para tomar esta decisión se siguieron las recomendaciones del IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Argentina), adoptando el perfil de metadatos de esta organización. Este perfil denominado PMIDERA, utiliza como base el estándar ISO 19115 y la aplicación técnica IS 19139, relativa a metadatos.

La consultora, propuso como software para la gestión y consulta de los metadatos, así como para la publicación de los mismos a través de un servicio CSW estándar del OGC, la herramienta de software libre GeoNetwork.

GeoNetwork es una aplicación de catálogo para gestionar los recursos con referencias espaciales. Proporciona funciones de edición de metadatos y búsqueda de gran alcance, así como un mapa web visualizador interactivo embebido. Actualmen-

te se utiliza en numerosas iniciativas de infraestructura de datos espaciales de todo el mundo.

Las características principales de este producto son:

- Acceso inmediato a la búsqueda de catálogos geoespaciales locales y distribuidos.
- Subida y descarga de datos, gráficos, documentos, archivos pdf y cualquier otro tipo de contenido.
- Un Visor web de mapas interactivo para combinar Servicios web de mapas procedentes de servidores distribuidos por todo el mundo
- Edición en línea de metadatos con un potente sistema de plantillas.
- Recolección programada y sincronización de metadatos entre catálogos distribuidos
- Soporte del perfil OGC CSW-2.0.2 ISO perfil y los protocolos OAI-PMH, Z39.50
- Control de acceso con gestión de grupos y de usuarios
- Interfaz de usuario multilingüe.

Una vez adoptado el perfil de metadatos a utilizar, el siguiente paso era incorporar ese perfil de metadatos al software GeoNetwork, para poder gestionar los metadatos, haciendo uso de ese perfil. Para esta tarea se utilizó el Instructivo de configuración de Perfiles de IDERA en Geonetwork 2.10.x, publicado por IDERA, a través de su página web www.idera.gov.ar, en el que se indica como registrar el perfil PMIDERA en GeoNetwork y convertirlo en el perfil por defecto para registrar los metadatos mediante este software.

Por último se llevó a cabo dentro del entorno de publicación del SIGAM, la configuración del servicio CSW, encargado de exponer los metadatos de las capas de información del SIGAM.

Para el cliente web de consulta del Catálogo de Metadatos, se realizó una personalización del cliente proporcionado por GeoNetwork, modificando los estilos para adaptarlos a la guía de estilo del GeoPortal, y realizando una integración de este cliente web con Visor de Mapas del GeoPortal, de manera, que desde la el listado de capas del Visor, se pudiera enlazar con la ficha de metadatos asociada a esa capa de información y desde esa ficha de metadatos poder mostrar la capa de información dentro del Visor de Mapas del SIGAM.

III. RESULTADOS

El resultado final de todos los procesos desarrollados ha sido la constitución de la Infraestructura de Datos Espaciales del Sistema de Información Geológico Ambiental Minero (SIGAM) del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), compuesta por los siguientes elementos:

A. GEOPORTAL DEL SIGAM

Constituye el punto de acceso a la información que el SIGAM pone a disposición de los ciudadanos y del resto de organismos y administraciones, a través de Internet, incluida la IDE del SIGAM. Los principales apartados de este GeoPortal son los que se detallan a continuación:

- SIGAM. Contiene la presentación institucional del SIGAM.
- IDE. Infraestructura de Datos Espaciales, desde donde se accede al Visor de Mapas del SIGAM, al listado de Servicios WMS y WFS publicados por el SIGAM, y al cliente de consulta del Catálogo de Metadatos del SIGAM
- Mapas. Listado de mapas predefinidos disponibles, de las diferentes temáticas cartográficas producidas por el IGRM.

- Descargas. Acceso al repositorio documental del SIGAM, desde el cual, los usuarios pueden descargar documentos.
- Ayuda. Acceso a elementos de ayuda sobre el funcionamiento y utilización de los diferentes elementos del GeoPortal.

En la figura 4 se muestra una captura de pantalla de la página principal del GeoPortal.

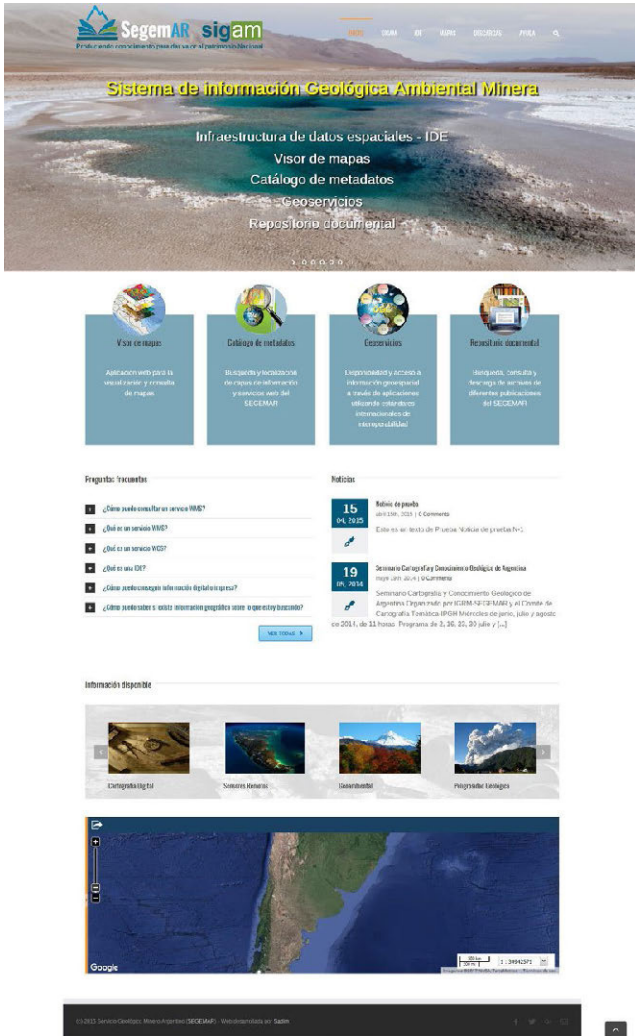


Figura 4. Aspecto de la página principal del GeoPortal del SIGAM

B. VISOR DE MAPAS

El Visor de Mapas del SIGAM, constituye el elemento, que permite mostrar las capas de información cartográfica publicadas por el SIGAM a través de los servicios WMS proporcionados por su IDE, ofreciendo la posibilidad de integrar esta información con otras capas de información cartográfica proporcionadas por otros organismos o administraciones públicas.

Las principales funcionalidades que ofrece este Visor se enumeran a continuación:

- Herramientas de navegación por el mapa:
 - Acercar.
 - Alejar.
 - Zoom por área.
 - Ver extensión total.
- Herramientas de medida:
 - Medida de longitud.

- Medida de área.
- Herramientas de consulta:
 - Consulta de elementos haciendo uso de la operación GetFeatureInfo de los Servicios WMS.
 - Consulta de capa, que permite filtrar los elementos de una capa de un servicio WMS, con servicio WFS asociado, por la extensión de mapa actual y por atributos.
- Herramientas de búsqueda:
 - Búsqueda por localización, haciendo uso de los servicios de geolocalización que proporciona Google Maps.
- Herramientas de impresión:
 - Imprimir mapa.
- Herramientas de visualización:
 - Mostrar/ocultar el panel con el listado de capas y la leyenda de mapa.
 - Mostrar/ocultar mapa de referencia.
- Mapa de referencia.
- Listado de capas.
- Herramientas de gestión de capas:
 - Añadir capas, que permite añadir nuevas capas de información cartográfica a partir de Servicios WMS del SIGAM, o de cualquier otro Servicio WMS.
 - Limpiar capas.
 - Mapas predefinidos, listado de Mapas predefinidos, con una configuración de capas.
 - Guardar configuración de capas, haciendo uso del WMC (Web Map Context), que permite almacenar la selección de capas del mapa actual, para recuperarla posteriormente.
 - Integración con el Catálogo de Metadatos,
 - Desde el Visor de Mapas, y el listado de capas proporcionadas por el SIGAM, se puede acceder a los metadatos definidos para las mismas.
- Leyenda.

En la figura 5 se muestra una captura de pantalla del Visor de Mapas:

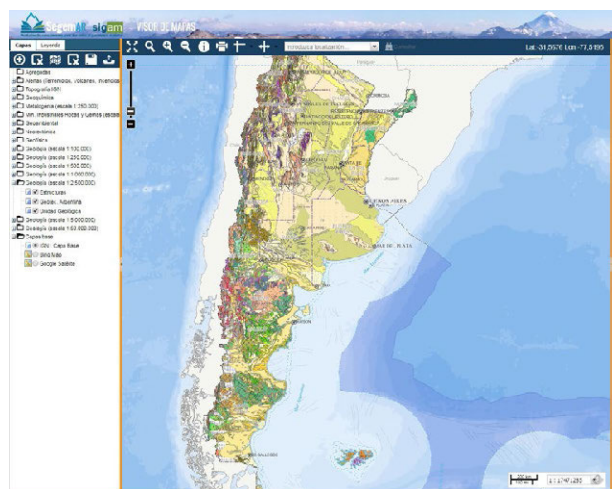


Figura 5. Detalle del Visor de Mapas del SIGAM

C. SERVICIOS WMS Y WFS

Uno de los componentes más importantes de una IDE son los GeoServicios que publica. En el caso del SIGAM, se publican Servicios de Mapa WMS y Servicios de Entidad WFS.

La relación de Servicios WMS publicados a través de la IDE del SIGAM, se enumeran a continuación, agrupados por las diferentes direcciones del IGRM, encargadas de la producción de la información publicada por los diferentes servicios:

- Dirección de Geología Regional
 - WMS Mapa Geológico a escala 1:250.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - Sitios de Interés Geológico.
 - WMS Mapa Geológico Frontera a escala 1:500.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - WMS Mapa Geológico Provincia de Jujuy a escala 1:500.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - WMS Mapa Geológico NOA proyecto MAPGAC a escala 1:1.000.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - WMS Mapa Geológico a escala 1:2.500.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - WMS Mapa Geotectónico de Sudamérica a escala 1:5.000.000.
 - Estructuras.
 - Unidades Geológicas.
 - WMS Neotectónica.
 - Deformaciones Cuaternarias.
- Dirección de Recursos Geológicos Mineros.
 - WMS Mapa Minerometalogenético a escala 1:250.000.
 - Unidades Tectonoestratigráficas.
 - Depósitos metalíferos.
 - Metalotectos.
 - Fajas Metalogenéticas.
 - Lineamientos y Anomalías magnéticas.
 - Anomalías Radimétricas.
 - Anomalías Geoquímicas.
 - Alteraciones Hidrotermales.
 - WMS Mapa de Minerales, Rocas y Gemas a escala 1:250.000.
 - Unidades Litoestratigráficas de Minerales industriales.
 - Depósitos no metalíferos.
 - WMS de Muestras geoquímicas
 - Muestras geoquímicas multielemento.
 - Muestras geoquímicas CPZ.
 - WMS de Geofísica.
 - Áreas de geofísica.
 - Líneas de vuelo.
- Dirección de Geología Ambiental Aplicada.
 - WMS Mapa de Unidades litológicas a escala 1:250.000.
 - Unidades Litológicas.
 - WMS Mapa Geomorfológico a escala 1:250.000.
 - Geomorfología.
 - WMS Mapa de Suelos a escala 1:250.000
 - Suelos.
 - WMS Mapa de SocioEconomía a escala 1:250.000.
 - Usos de Suelos.
 - Sociología Antropología Ejido.
 - WMS Mapa Susceptibilidad a escala 1:250.000.
 - Susceptibilidad Erosión.
 - Susceptibilidad Inundación.
 - Susceptibilidad Movimientos Masa.
 - Susceptibilidad Sedimentación.

- Susceptibilidad Vulcanismo.
- Susceptibilidad Sismicidad.
- Susceptibilidad Otros.
- WMS Fauna a escala 1:250.000.
 - Fauna Potencia.
- WMS Fauna a escala 1:250.000.
 - Unidades Fisonómicas.
- WMS Áreas Protegidas a escala 1:250.000.
 - Áreas Protegidas.
- WMS Pasivos Mineros a escala 1:250.000.
 - Pasivos Mineros.

En la figura 6, se muestra como se ve la información del Servicio WMS del Mapa Minerometalogenético a escala 1:250.000, con la misma simbología definida en ArcMap, incluidos los símbolos de la leyenda.

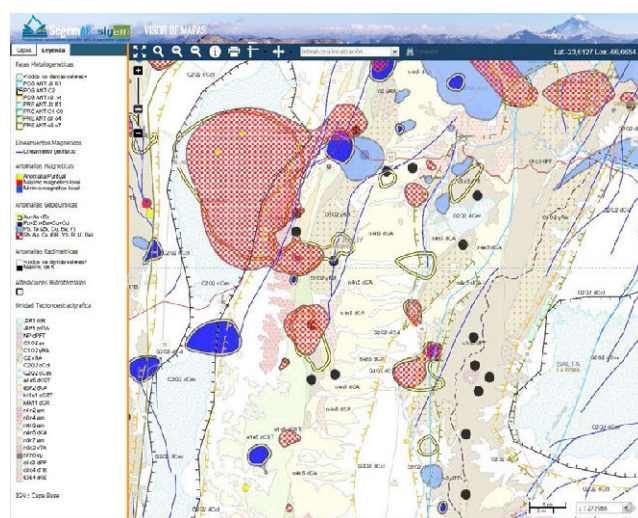


Figura 6. Ejemplo de servicio WMS del Mapa Minerometalogenético a escala 1:250.000 cargado en el Visor de Mapas

Actualmente sólo se ha publicado un Servicio WFS, del Mapa Geológico 2.500.000. Sin embargo desde el SEGEMAR se prevé ir aumentando el número de Servicios WFS publicados en la IDE del SIGAM, que permitan obtener la información vectorial y alfanumérica asociada a las capas de información cartográfica producidas por el IGRM.

D. CATÁLOGO DE METADATOS Y SERVICIO CSW

Otro de los componentes más importantes de una IDE son los metadatos, los cuales informan a los usuarios sobre las características descriptivas de los datos geográficos, (contenido, calidad, contacto, etc.) de cada capa de información publicada.

Para la consulta de estos metadatos, la IDE del SIGAM proporciona un Servicio de Catálogo de Metadatos CSW, y un cliente de consulta de ese Servicio CSW, basado en el producto de software libre GeoNetwork.

La aplicación cliente del Servicio de Catálogo, permite realizar búsquedas sobre los metadatos en relación:

- Al Qué, donde se puede indicar palabras clave por las que buscar, la organización o la escala de la información a buscar.
- Al Donde, permitiendo restringir la búsqueda a un área geográfica concreta.
- Al Cuando, indicando entre qué fechas de publicación, creación, etc., de las capas de información se quieren obtener resultados.

En la figura 7 se muestra, una captura de pantalla del formulario búsqueda sobre los metadatos que proporciona el cliente de GeoNetwork, personalizado para la IDE del SIGAM:



Figura. 7. Cliente de búsqueda del Catálogo de Metadatos.

El Servicio CSW creado dentro de la IDE del SIGAM, utiliza el perfil de metadatos para datos vectoriales definido por IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina) y el servicio se publica a través del producto GeoNetwork, el cual proporciona también una aplicación web para la gestión de esos metadatos por parte de los técnicos del SEGEMAR.

A través del Servicio CSW publicado, y del cliente de consulta proporcionado por la IDE del SIGAM, los usuarios pueden localizar todos los datos geoespaciales, puestos a disposición por el SEGEMAR, proporcionándoles información relativa a su finalidad, descripción de los mismos, acceso a su visualización, o cómo obtener una copia del conjunto de datos, etc.

IV. CONCLUSIONES

Los objetivos generales de una IDE son básicamente, facilitar el acceso y la integración de la información espacial, tanto a nivel institucional y empresarial como de los propios ciudadanos, lo que permitirá extender el conocimiento y el uso de la información geográfica y la optimización de la toma de decisiones; promover los metadatos estandarizados como método para documentar la información espacial, lo que permitirá la reducción de costos y evitar la duplicación de esfuerzos; y animar a la cooperación entre los agentes, favoreciendo un clima de confianza para el intercambio de datos.

Con el desarrollo de la IDE del SIGAM, se cumplen estos objetivos, junto con los específicos del SEGEMAR, de facilitar el acceso y/o disponibilidad de la información geoambiental de base generada en este organismo, para su utilización en el proceso de toma de decisiones, sea en lo referente a administración sustentable de los recursos y el ambiente, en gestión ambiental de la actividad minera y en planificación territorial.

Desde un punto de vista técnico, la utilización de componentes de software libre en el desarrollo de esta IDE, compatibles con las especificaciones OGC estándar, facilita la publicación de la información producida por el SEGEMAR a través de servicios web estándar, sin limitaciones por el uso de licencias, sin cuotas de consumo ni uso concurrente, facilitando la escalabilidad de las solución, en función de la demanda de información, aumentando, si fuera necesario las capacidades del hardware o el número de servidores, donde se aloja la IDE del SIGAM.

Por otro lado, el empleo de componentes de software libre facilita la posibilidad de disponer en el SIGAM de dos entornos completamente separados, el de producción cartográfica, entorno de intranet, basado en software comercial corporativo del SEGEMAR, ArcGis Server, SQL Server y ArcMap, y el de publicación, entorno de Internet que alberga el GeoPortal y la IDE del SIGAM, basado en la utilización de componentes de software libre, Wordpress, GeoServer, PostgreSQL+Postgis y GeoNetwork lo que proporciona enormes ventajas de seguridad y privacidad de la información, siendo sólo accesible desde el exterior, la información disponible a través del entorno de publicación del SIGAM, y su IDE.

Finalmente, destacar que esta solución permite integrar la producción cartográfica del SEGEMAR basada en el software de ESRI, con su publicación en la IDE mediante componentes de software libre, haciendo uso de mecanismos de exportación de datos, de generación de tiles en formato MBTile, reproduciendo así la compleja simbología de las capas de información geológica y ambiental, para poder publicarlas a través de servicios WMS y WFS dentro del software de servidor de mapas GeoServer.

AGRADECIMIENTOS

Esta Infraestructura de Datos Espaciales englobada en el proyecto de servicios de consultoría para "Asistencia técnica en el diseño, la metodología de ejecución y la supervisión del relevamiento sistemático de información geoambiental, y para el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema de información Geoambiental, se ha podido llevar a cabo gracias a la participación de todo el equipo de técnicos y directores del IGRM que han participado activamente con sus comentarios, aportaciones y correcciones en los diferentes momentos de ejecución de este trabajo.

A todos ellos nuestro más sincero agradecimiento.

REFERENCIAS

- Luaces, M., Olaya, V. & Fonts, O. (2014). Infraestructura de Datos Espaciales. <http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/IDE.html>
- Capdevilla i Subirana, J. (2004). Infraestructura de deatos espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales ISSN: 11138-9788 Vol. III num 170 (61), 1 de agosto de 2004
- López Romero, E.& F. Rodríguez, A. (2006). Recomendaciones para la creación y configuración de servicios de mapas (IDEE)
- IDERA, Investigación, Tecnología y Desarrollo (2014). Recomendaciones para Servicios de Mapas. http://www.idera.gob.ar/images/stories/downloads/ide/IDERA-RecomendacionesparaServiciosWebdeMapasWMS_v1.2.pdf
- IDERA,Grupo de Trabajo de Metadatos (2014). Perfil de Metadatos para Datos Vectoriales - IDERA http://www.idera.gob.ar/images/stories/downloads/estandares/PMIDERA_Perfil_Metadatos_p_Datos_Vectoriales_IDERA_V2_0.pdf.

Inventario de parques y jardines de la ciudad de Cuenca con UAV y smartphones

Pacheco Diego¹, Ávila Luis²

1 Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) Universidad del Azuay
Av. 24 de mayo 7-77/Azuay/Ecuador
dpacheco@uazuay.edu.ec

2 Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) Universidad del Azuay
Av. 24 de mayo 7-77/Azuay/Ecuador
luisavila@uazuay.edu.ec

RESUMEN

La Universidad del Azuay en el año 2012 realiza un proceso de consultoría con EMAC-EP para el desarrollo de un sistema web para la gestión de parques, jardines y áreas verdes de la ciudad de Cuenca. El mismo tenía fines de cartografiar los elementos existentes en los parques y controlar las actividades de poda y mantenimiento de estas áreas. Como aporte de la Universidad del Azuay a este sistema se emprende la realización del inventario forestal de 8 parques. En el año 2017 se decide continuar el inventario para lo cual se actualiza la información (formulario) que se va a recolectar en el inventario y se apoya en los teléfonos inteligentes para el llenado del mismo. Para la producción de información cartográfica se usa el dron DJI Phantom 3 Pro para generar la información base que permita la digitalización de datos como es la ortofotografía y modelo digital de elevaciones (MDE). La información resultante además de ser visible en el sistema de gestión de parques y jardines estará disponible a través de protocolos estándar del Open Geospatial Consortium (OGC) como el Web Map Service (WMS) para su uso y distribución a través de internet. El formulario de inventario estará disponible al público en general con miras a desarrollar mecanismos participativos para que este inventario pueda ser realizado de forma abierta mientras que el componente cartográfico será responsabilidad de la Universidad del Azuay.

Palabras clave: **áreas verdes, dron, inventario forestal, teléfonos inteligentes, Web Map Service.**

ABSTRACT

The University of Azuay in 2012 conducts a consulting process with EMAC-EP for the development of a web system for the management of parks, gardens and green areas of the city of Cuenca. It had the purpose of mapping the existing elements in the parks and controlling the activities of pruning and maintenance of these areas. As contribution of the University of Azuay to this system is undertaken the realization of the forest inventory of eight parks. In 2017 it is decided to continue the inventory for which the information (form) to be collected in the inventory is updated and supported by smartphones to fill it. For the production of cartographic information, the DJI Phantom 3 Pro drone is used to generate the basic information that allows the digitization of data such as orthophotography and digital elevation model (DEM). The resulting information as well as being visible in the park and garden

management system will be available through standard Open Geospatial Consortium (OGC) protocols such as the Web Map Service (WMS) for use and distribution over the internet. The inventory form will be available to the public with a view to developing participatory mechanisms so that this inventory can be done openly while the cartographic component will be the responsibility of the University of Azuay.

Keywords: drone, forest inventory, green areas, smartphones, web map service.

I. INTRODUCCIÓN

Los parques urbanos han sido creados desde tiempos históricos con la finalidad de proporcionar diversos servicios destinados a beneficiar a determinados grupos sociales (Flores-Xolocotzi & De Jesús González-Guillén, 2007). El verde urbano, a más de desarrollar funciones de recreación y de bienestar psicofísico, produce efectos que ayudan a la eliminación del polvo y de contaminantes gaseosos, la reducción del ruido, enriquecimiento de la biodiversidad y la protección del suelo (INEC, 2010).

Es importante destacar los servicios ambientales que brindan los árboles a la ciudad y por ello la importancia de cuidarlos. Entre ellos tenemos: captura de carbono, regulación de la temperatura, provisión de agua en calidad y cantidad, generación de oxígeno, barrera contra ruidos, protección y recuperación de los suelos entre otros (Reyes & Gutiérrez, 2010). Sin embargo, la información sobre la vegetación urbana a detalle es rara o inexistente (Li et al., 2015). A nivel mundial existen iniciativas para realizar el inventario de árboles de forma participativa, una de ellas es TreesCount la cual convoca a un conjunto de voluntarios a recolectar la información de árboles. "TreesCount 2015-2016" reunió a más de 2.200 voluntarios que ayudaron a crear un inventario digital espacialmente preciso de los árboles de las calles de Nueva York ("TreesCount! 2015 : NYC Parks," n.d.). Otra iniciativa importante es Treepedia que funciona como un visor cartográfico del inventario de árboles mediante la posición geográfica de cada individuo y una fotografía al estilo Street View. En lugar de contar el número individual de árboles, desarrollan un método escalable y universalmente aplicable al analizar la cantidad de verde percibida mientras caminamos por la calle ("Treepedia :: MIT Senseable City Lab," n.d.).

Cuenca es una de las urbes de Ecuador con mayor déficit de zonas verdes, es decir, lugares de concentración masiva para actividades de recreación. En la ciudad, de acuerdo con datos de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP), existen alrededor de 208 parques. Los principales y los de mayor extensión son: El Paraíso, Parque de la Madre y el de Miraflores (El Tiempo, 2015; Vera, 2016).

Con el afán de brindar a la ciudadanía de Cuenca la oportunidad de conocer sus parques, y áreas verdes con las que cuenta, así como optimizar los procedimientos y metodologías a seguir por los técnicos y funcionarios para brindar mantenimiento y mejoramiento de las citadas áreas, la Empresa EMAC EP estableció una consultoría con la Universidad del Azuay en el año 2012 con el propósito de "Desarrollar un sistema de control y gestión de parques, jardines y áreas verdes administrados por la EMAC EP", mismo que podrá ser visto, revisado y seguido por parte de la ciudadanía, a través de internet.

En el sistema se encuentran inventariados 43 parques dentro del perímetro urbano entre infantiles, barriales, urbanos y lineales. Dentro del inventario de cada parque se reconoce elementos como áreas verdes, equipamientos y mobiliario además de la ubicación de los árboles de los cuales se cuenta con el inventario forestal de sólo 8 de ellos (Delgado, 2013).

El inventario forestal realizado en el año 2012 involucró levantamientos planimétricos para cartografiar los elementos del parque y el uso de formularios en papel para recolectar los datos que permitan evaluar la vigorosidad de cada árbol. Como muestra de los árboles cartografiados presentamos la figura 1 donde se puede apreciar su ubicación.



Figura 1. Árboles digitalizados en el parque de la Madre en el año 2012 para el sistema de Gestión de parques y jardines

El objetivo de este trabajo es mejorar la eficiencia de la realización de un inventario forestal con la generación de cartografía de los parques usando drones y automatizar la digitalización de la información de cada árbol a través de formularios que puedan ser administrados desde teléfonos inteligentes (smartphones) con sistema Android.

II. MÉTODO

Para el inventario forestal se pretende generar la ortofotografía actualizada y el modelo digital de elevaciones (MDE) para que el equipo técnico pueda localizar cada uno de los elementos y evaluarlo. La metodología propuesta para el inventario forestal se puede apreciar en la figura 2.

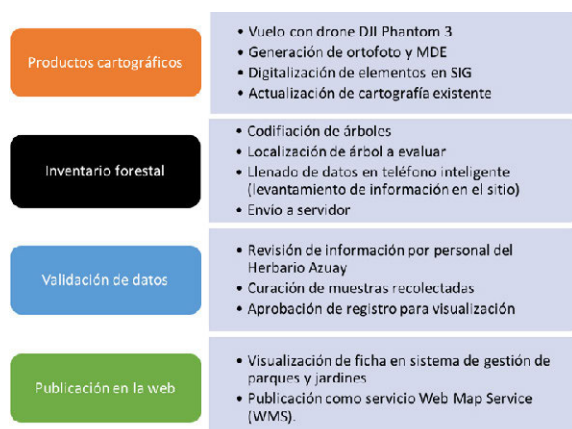


Figura 2. Esquema de trabajo para inventario forestal

PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

En el año 2015 el proyecto de la Universidad del Azuay denominado “Generación de información cartográfica a través de Vehículos aéreos no tripulados” permitió adquirir los conocimientos para el levantamiento de información cartográfica con estos equipos los cuales fueron aplicados en la toma de fotografía e imágenes aéreas de los parques de la ciudad de Cuenca concentrándose en espacios públicos.

Los Vehículos Aéreos no Tripulados (VANT) o Unmanned Aerial Vehicle (UAV) más conocido con el término DRON son sistemas de vuelo sin piloto a bordo, con la capacidad de poder ser controlados desde tierra o volar en modo automático a partir de un plan de vuelo geo-referenciado por GPS. Tienen la capacidad de volar a baja altura y mantener una comunicación en tiempo real con la estación en tierra (Austin, 2011). Los drones son una alternativa eficiente para aplicaciones geomáticas de áreas pequeñas por el bajo costo de producción de información, alta temporalidad y resolución de datos espaciales (Uysal, Toprak, & Polat, 2015).

La generación de ortofotografías se realiza a través del dron DJI Phantom 3 Pro. Partimos de una programación del vuelo con el app Pix4D Capture tomando como parámetros iniciales el área a volar (parque), velocidad (Slow), altitud de vuelo (varía en cada parque) y traslapes longitudinales y trasversales entre cada línea de vuelo (80%). Usando la ortofotografía de Sigtierras¹ se localiza puntos de control que permitan hacer la corrección de los desplazamientos (x,y,z) en el procesamiento de las fotografías con el software PhotoScan que generará como productos la ortofotografía, el MDE, la nube de puntos y el modelo 3D. Usando los SIG se procede con la digitalización de datos a partir de la ortofotografía con la finalidad de identificar las áreas verdes, equipamientos, mobiliario y ubicación de los árboles. En caso de ser un parque del que ya se cuente con información cartográfica se procederá a realizar la actualización del mismo.

INVENTARIO FORESTAL

Los teléfonos inteligentes o smartphones pueden actuar como sensores pasivos que recogen, intercambian y procesan información de forma continua tanto en el espacio como en el tiempo (Ballari, Vilches, Perez, Pacheco, & Fernández, 2014). Con la aparición de estas tecnologías se crea una serie de software para la captación de los datos desde campo hacia sitios de almacenamiento, ahorrando así tiempo y recursos en la digitación de datos. Uno de ellos es Open Data Kit (ODK) (Madriz, 2016). El formulario actualizado para el inventario forestal se migra a un ambiente móvil (figura 3) para facilitar el proceso de llenado y tener la posibilidad de integrar los sensores del teléfono inteligente como son el GPS y la cámara para adquirir datos adicionales.

Figura 3. Ejemplo de secciones de formulario de inventario forestal (valoración de copa y tronco) en un móvil con sistema Android.

VALIDACIÓN DE DATOS

La información recolectada en campo será validada por el personal del Herbario de la Universidad del Azuay a través de la revisión de los datos en un formulario web que podrá ser actualizado en función de los resultados de la curación de las muestras recolectadas en campo.

PUBLICACIÓN EN LA WEB

El sistema de gestión de parques y jardines fue concebido como una herramienta administrativa para localizar y gestionar las actividades de mantenimiento a realizarse sobre los parques. Como aporte de la Universidad del Azuay se emprendió un piloto de inventario forestal en 8 parques. El formulario web estuvo orientado a reconocer la especie y determinar el estado de salud de los árboles a través de una evaluación al tronco, ramas, hojas y problemas potenciales.

Levantamiento de información en el Parque de la Madre

Para llevar a cabo el inventario forestal en el parque de la Madre se realizó las acciones descritas a continuación enmarcadas en el esquema de trabajo de la figura 2.

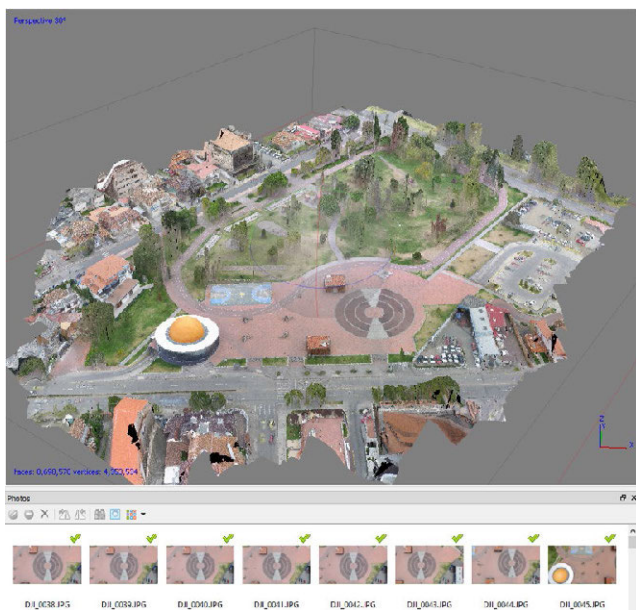
PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

- Área de trabajo seleccionada: para el piloto de la metodología se seleccionó el parque de la Madre por ser uno de los más extensos de la ciudad.
- Realización del vuelo: para generar la ortofotografía y MDE usando el dron DJI Phantom 3 Pro y el software Photoscan (figura 4) se deriva los productos de ortofoto y MDE. El procesamiento de información utiliza puntos de control obtenidos a partir de la ortofoto del proyecto Sigtierras para corregir los desplazamientos (X, Y, Z) propios del GPS. La cartografía a generar tiene error (aproximadamente de 5 a 10 metros en X y Y mientras que en el eje Z es variable llegando a tener desplazamientos de 40 metros) por cuanto el GPS del dron no tiene una alta precisión espacial. En este caso al no contar la universidad con un equipo GPS Diferencial se utilizará puntos de control obtenidos a partir

¹ El Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica – SIGTIERRAS, es un programa del Gobierno Nacional del Ecuador, ejecutado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP, en asocio con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), para contribuir a la eficiente gestión y administración territorial en el Ecuador, mediante la gestión de ortofotografía basada en fotografía aérea, cartografía temática a nivel nacional y catastro e información predial de 57 cantones. Fuente: <http://www.sigtierras.gob.ec/descripcion-del-programa/>

de la ortofotografía del proyecto Sigtieras. Debido a los cambios en la urbe en estos equipamientos se dificulta el proceso de detectar puntos de control adecuados ya que para este sitio puntual la ortofoto de Sigtieras se genera el 13 de septiembre del 2010.

- c) Corrección y depuración de elementos: la cartografía de los 43 parques se debe actualizar en función de los cambios que se detecten con la ortofotografía actual usando para ello los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En el parque de la Madre se ha detectado la remoción de árboles y la inclusión de zonas de ejercicio como modificaciones a los datos existentes.



INVENTARIO FORESTAL

- d) Selección de árboles a inventariar: se estableció criterios de selección de árboles a inventariar como que el mismo supere la altura de 1,5m. Esto con la finalidad de evitar incluir en el inventario arbustos o árboles que puedan removerse por acciones de mantenimiento del parque.
- e) Llenado de formulario del árbol: El formulario de datos móvil involucrará información que permita reconocer la especie de los árboles, una valoración de la copa, fenología, tronco, manejo forestal, evaluación del tronco, problemas potenciales, estado fitosanitario y un registro fotográfico. Estos datos permitirán establecer el estado de vigorosidad del árbol.
- f) Envío de datos de formulario móvil a servidor: a través de la plataforma ODK se automatiza la carga de datos desde el formulario del móvil al servidor del geoportal de la Universidad del Azuay. Los datos se cargarán en una base de datos PostgreSQL con extensión Postgis.

VALIDACIÓN DE DATOS

- g) Evaluación de valores recolectados por personal del herbario: con la finalidad de asegurar la calidad de los datos

los mismos no estarán públicos hasta que hayan sido validados por los especialistas del Herbario Azuay cuya labor consiste en verificar la información recolectada en campo en conjunto con el proceso de curación de las especies existentes. Para ejecutar esta acción se agregó una opción al sistema de gestión de parques y jardines para que se revise los árboles en estado de espera de validación.

- h) Evaluación del estado de salud: con los parámetros descritos en el formulario se pretende establecer una valoración del estado de salud de cada árbol inventariado para determinar el tipo de acción a realizar (en caso de requerirse).

PUBLICACIÓN EN LA WEB

- i) Publicación en plataforma web: El resultado final es la publicación de la información en el sistema de gestión de parques y jardines. Estos datos además se conectarán al Sistema Nacional de información (SNI²) de Senplades a través del servicio estándar Web Map Service (WMS).

III. RESULTADOS

La información recolectada está disponible en la página web <http://gis.uazuay.edu.ec/herramientas/emacs/if/app/>. En la misma se puede consultar los elementos cartografiados, actualizados y la ubicación de los árboles (figura 5). Al seleccionar la herramienta de información y hacer un clic sobre el árbol a consultar se despliega el formulario del mismo.

Con la inclusión del uso de tecnologías móviles se ha tenido que actualizar el sistema de gestión de parques y jardines para que pueda conectarse a la información recibida del inventario forestal.

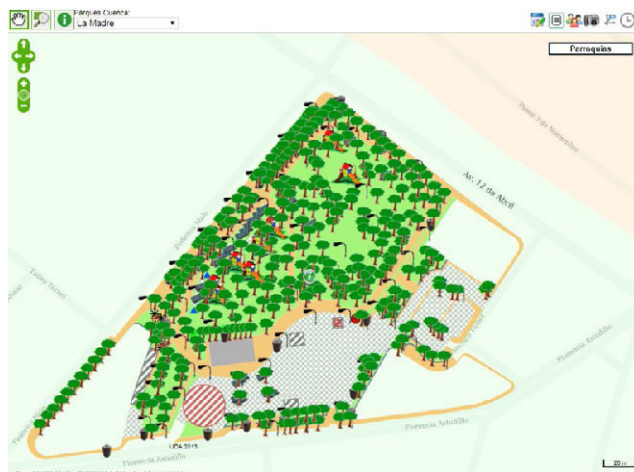


Figura 5. Portal web actualizado con la información de parques y jardines

La prueba de ejecución del inventario en el parque de la Madre permitió establecer criterios fundamentales como por ejemplo la rigurosidad en la codificación de los árboles ya que este elemento permitirá vincular el elemento geográfico con el formulario del árbol. En síntesis los datos base empleados y la información generada para el inventario forestal del parque de la Madre se puede apreciar en la tabla I.

² El Sistema Nacional de Información (SNI), es coordinado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (Senplades) y constituye el conjunto organizado de elementos que permiten la interacción de actores con el objeto de acceder, recoger, almacenar y transformar datos en información relevante para la planificación del desarrollo y las finanzas públicas*. Fuente: <http://sni.gob.ec/inicio>
* Código de Planificación y Finanzas Públicas, Art. 33 Registro Oficial No.306, año 2010

TABLA I
RESUMEN DE DATOS DEL PARQUE DE LA MADRE

DATO	VALOR
Superficie del parque	31.024,38 m ²
Superficie de Áreas verdes	15.127,50 m ² (48,76 %)
Fecha de validación de cartografía del levantamiento planimétrico	02/06/2013
Nro. de árboles cartografiados a partir de levantamiento planimétrico	336
Fecha de ortofoto Phantom 3	25/08/2015
Nro. de árboles inventariados	282
Fecha de inventario forestal	12/4/2017

En la figura 6 se puede apreciar la ubicación de los árboles del parque donde los de color verde son aquellos que fueron inventariados mientras que los de color rojo fueron removidos o no superaron la altura de 1,5 m por lo cual no fueron considerados para ser registrados en el inventario forestal. De cada uno de los árboles inventariados existe el formulario web como el que puede observarse en la figura 7 (página siguiente).



Figura 6. Revisión de árboles cartografiados

A partir de los datos recolectados en la sección de “Problemas potenciales” se realiza una valoración de la vigorosidad de los árboles atendiendo a criterios como si la madera es quebradiza, la inclinación del tronco, heridas o daños en el tronco, problemas con las raíces, afección por plagas y afección por enfermedades. Para la valoración de estos elementos se realizó una asignación de valores a cada criterio cuyo promedio representa la vigorosidad del árbol. Al final este valor debe estar comprendido entre 0 y 1 proponiendo los rangos de valores y categorías dispuestos en la tabla II.

TABLA II
CATEGORIZACIÓN DE ÁRBOLES POR SU VIGOROSIDAD

CATEGORÍA	RANGOS DE VALORES
Muy Vigorosos	> 0,75
Vigorosos	>0,50 - <=0,75
Poco vigorosos	>=0,25 - <=0,50
Enfermos	<0,25

En la figura 7 (página siguiente) podemos ver la localización espacial de los árboles categorizados. Se debe recalcar que dentro del parque de la Madre sólo se encuentran árboles pertenecientes a la categoría Muy Vigorosos y Vigorosos. En la figura 8 podemos observar la ubicación de los árboles clasificados por su vigorosidad dentro del parque. Al ser un trabajo que se va a ejecutar entre los años 2017 y 2018 los factores y valores propuestos para la categorización podrían modificarse.



Figura 8. Categorización de la vigorosidad de los árboles del parque de la Madre

Enviado: 2017-03-15 a las 16:59



INVENTARIO DE ARBOLADO URBANO DE CUENCA			
Fecha Levantamiento	2017-03-10	Responsable	Karla
Código	041POC0001	Verificador	
Parque	41 La Madre		
Identidad			
Familia	Platanaceae	Nombre común	Platano
Género	Platanus	Origen	Introducido
Especie	occidentalis L.		
Copa			
Estructura	Semi-abierta	Forma	Irregular
Color	Verde claro	Diámetro (m)	6.83
Fenología			
Infértil	Si	Flores (%)	0 %
Botones florales (%)	0 %	Frutos (%)	0 %
Tronco			
Altura total (m)	10	DAP (cm)	100
Altura fuste (m)	2.74		
Manejo forestal			
Tipo de poda	De mantenimiento o limpieza	Coronación	No
Intensidad de poda	Media	Observaciones Coronación	Ninguna
Observaciones de la poda	Ninguna		
Problemas potenciales			
Madera quebradiza (pérdida de ramas por desgaje o rotura)		Inclinación del tronco	
Estado: Sin pérdidas		Estado: Recto	
Observaciones: Ninguna		Observaciones: Ninguna	
Heridas o daños al tronco por corte a la corteza, pudriciones, etc.		Problemas con las raíces	
Estado: Heridas o daños hasta el 10% de la circunferencia		Estado: Sin problemas aparentes	
Observaciones: Ninguna		Observaciones: Ninguna	
Estado fitosanitario			
Afección por plagas (herbivoría, daños hojas, ramas y tronco)		Afección por enfermedades (necrosamiento, clorosis, etc.)	
Estado: Del 5% al 10% de hojas y ramas dañadas por plagas		Estado: Del 5% al 10% de hojas y ramas dañadas por enfermedades.	
Observaciones: Ninguna		Observaciones: Ninguna	
Fotos			
Foto 1:		Foto 2:	
			
<input type="button" value="Validar"/>			

Figura 7. Formulario de árbol inventariado en el parque de la Madre

IV. CONCLUSIONES

El contar con información cartográfica del parque antes de realizar el inventario forestal ha permitido optimizar los recursos y mejorar la planificación de la ejecución del mismo.

Dentro del proceso de planificación deben existir políticas robustas de codificación de árboles ya que por los errores de desplazamiento del GPS, tanto del dron como del teléfono inteligente, el vincular estos datos por el factor espacial puede producir inconsistencias. En este caso esto se realiza en la etapa de actualización cartográfica.

A pesar que la información del dron tiene su desplazamiento espacial se ha tratado de reducir el mismo a través de puntos de control tomados a partir de la ortofotografía del proyecto Sigtierras. Por la variación de la zona y el tamaño de pixel se ha reducido la cantidad de puntos por parque a 4.

Para la prueba de la metodología el personal encargado de realizar el inventario forestal son biólogos de la Universidad

del Azuay. La plataforma tecnológica queda lista para que pueda ser utilizada por cualquier usuario que disponga de un teléfono inteligente con sistema operativo Android.

La prueba piloto permitió proponer una metodología de trabajo adecuada para la realización del inventario forestal. La misma podrá modificarse de acuerdo a los avances del trabajo y ejecución del proyecto.

El contar con la valoración de la vigorosidad de los árboles permitirá a las instituciones responsables tomar acciones oportunas sobre el tratamiento de los árboles.

Los problemas potenciales que puede tener un árbol son variables con el tiempo. Dentro de este esquema de trabajo se propondrá la ejecución de revisiones temporales y se pueda reportar casos específicos en cuanto al estado de vigorosidad de un árbol.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad del Azuay que a través del vicerrectorado de investigaciones financió y permitió la ejecución de este proyecto. De igual forma agradecemos al Blgo. Danilo Minga en representación del Herbario de la Universidad del Azuay que apoyaron en el diseño del formulario para el inventario forestal de cada árbol y con los procesos de validación de la información generada.

REFERENCIAS

- Austin, R. (2011). Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment (Vol. 54). John Wiley & Sons.
- Ballari, D., Vilches, L., Perez, D., Pacheco, D., & Fernández, V. (2014). Tendencias en infraestructuras de datos espaciales en el contexto latinoamericano, 177-184. Retrieved from <http://dspace.uca.edu.ec/handle/123456789/21364>
- Delgado, O. (2013). Sistemas de control y gestión de parques, jardines y áreas verdes administrados por la EMAC - EP para la ciudad de Cuenca. Cuenca.
- El Tiempo. (2015). Cuenca no cuenta con suficientes áreas verdes. Retrieved June 6, 2017, from <http://www.eltiempo.com.ec/noticias/cuenca/2/364332/cuenca-no-cuenta-con-suficientes-areas-verdes>
- Flores-Xolocotzi, R., & De Jesús González-Guillén, M. (2007). Consideraciones sociales en el diseño y planificación de parques urbanos, 24(24), 913-951.
- INEC. (2010). Urban Green Index Presentation. Índice Verde Urbano INEC.
- Li, X., Zhang, C., Li, W., Ricard, R., Meng, Q., & Zhang, W. (2015). Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(3), 675-685. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.006>
- Madriz, B. (2016). Guía para el uso de dispositivos Android en el llenado de encuestas bajo la plataforma Open Data Kit.
- Reyes, I., & Gutiérrez, J. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: Retos y aportes para la sustentabilidad de la Ciudad de Toluca. *Quivera*, 12(1), 96-102. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113202009%5Cn%20>
- Treepedia :: MIT Senseable City Lab. (n.d.). Retrieved June 13, 2017, from <http://senseable.mit.edu/treepedia>
- TreesCount! 2015 : NYC Parks. (n.d.). Retrieved June 12, 2017, from <https://www.nycgovparks.org/trees/treescount>
- Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 73(June), 539-543. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.06.010>
- Vera, D. (2016). Cuenca aún tiene un déficit de áreas recreativas. Retrieved June 6, 2017, from <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo-dia/51/cuenca-aun-tiene-un-deficit-de-areas-recreativas>

Infraestructuras de datos espaciales: Propuesta de implementación en la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional, Costa Rica

Cedeño-Montoya Bepsy¹, Mondragón-Alemán, Kimberly², Moraga-Peralta Julio César³, Solano-Mayorga, Manuel Antonio⁴

1 Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE), Escuela de Ciencias Geográficas/Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar/Universidad Nacional
Campus Omar Dengo/Heredia/Costa Rica
bepsy.cedeno.montoya@una.cr

2 Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE), Escuela de Ciencias Geográficas/Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar/Universidad Nacional
Campus Omar Dengo/Heredia/Costa Rica
kimberly.mondragon.aleman@una.cr

3 Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE), Escuela de Ciencias Geográficas/Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar/Universidad Nacional
Campus Omar Dengo/Heredia/Costa Rica
julio.moraga.peralta@una.cr

4 Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE), Escuela de Ciencias Geográficas/Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar/Universidad Nacional
Campus Omar Dengo/Heredia/Costa Rica
manuel.solano.mayorga@una.cr

RESUMEN

Este trabajo tiene relación con el primer intento de establecer una Infraestructura de Datos Espaciales para la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional, Costa Rica. En este proyecto participan diferentes investigadores de las Unidades Académicas; algunos con experiencia en el manejo de la información geográfica y otros no, sin embargo, en todos los casos, los proyectos tienen como común denominador el manejo de información geográfica. UNA - RED - IDE - FCTM tiene como objetivo principal implementar una metodología que permita la estandarización y homologación de la información geográfica de los proyectos de investigación y extensión de la FCTM. De cada unidad académica se han seleccionado proyectos, para un total de 20, posteriormente cada investigador deberá replicar la metodología en otros proyectos de cada unidad, permitiendo que todos los proyectos de la FCTM logren estandarizar y homologar la información geográfica. El proyecto ha permitido consolidar un grupo de trabajo que trata de estandarizar la información, aportando elementos a la normativa nacional, por ejemplo nuevos objetos geográficos que no se encuentran en el Catálogo Nacional de Objetos Geográficos o métodos para la creación de metadatos. Por último, se pretende al final del proyecto incentivar a todos los académicos de la Universidad Nacional en estandarizar y homologar la información geográfica para que la misma pueda ser publicada en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

Palabras clave: IDE, información geográfica, estándares, normativa, Costa Rica.

ABSTRACT

This work shows the first attempt to establish a Spatial Data Infrastructure for the Faculty of Earth and Sea Sciences, National University, Costa Rica. This project involves different researchers from the Academic Units; some with experience in the management of geographic information and others not, however, in all cases, projects have as their common denominator the management of geographic information. FCTM's main objective is to implement a methodology that allows the standardization and homologation of the geographic information of the research projects and extension of the FCTM. Have been selected 20 projects, at least two from each academic unit, and each researcher will then have to replicate the methodology in other projects, allowing all FCTM projects to standardize and homologate

geographic information. The project has allowed the consolidation of a working group that tries to standardize the information, contributing elements to the national regulations, for example new geographical objects that are not in the National Catalog of Geographic Objects or methods for the creation of metadata. Finally, it intended at the end of the project to encourage all academics of the National University to standardize and homologate the geographical information so that it can be published in the National System of Territorial Information (SNIT).

Keywords: *SDI, Geographical information, standards, regulations.*

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) de Costa Rica se encuentra impulsando el desarrollo e implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales para Costa Rica (IDECORI), trabajo que oficialmente da inicio con el decreto ejecutivo 33773 JP-H-MINAE-MICIT del 7 de mayo del 2013, publicado en el Diario Oficial La Gaceta N°134 del 12 de julio de 2013, con el que se crea el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y se busca el establecimiento y consolidación de la IDECORI.

El 9 de marzo de 2016 el IGN anuncia la oficialización de una serie de Normas Técnicas de Información Geográfica (NTIG) para el país.

Para Costa Rica, la oficialización de estas normas implica un avance en el manejo de la Información Geográfica (IG) en cuanto a estandarización de datos espaciales pues aunque se han realizado diversos esfuerzos para implementar la IDE, por uno u otro motivo no se han obtenido los resultados esperados.

La Escuela de Ciencias Geográficas desde ya varias décadas ha venido colaborando con el IGN en diversas iniciativas para implementar estrategias en el manejo de la IG. Es por lo anterior que en el 2015 se consigue financiamiento interno para desarrollar el proyecto UNA Red Infraestructura de Datos Espaciales de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar (UNA - RED - IDE - FCTM) y el cual pretende colaborar desde la academia con el IGN en el desarrollo de IDECORI.

Mediante esta propuesta se busca homogenizar criterios dentro de la Universidad Nacional, iniciando por la FCTM, con respecto al manejo de la IG, para su catalogación y homologación de acuerdo a los estándares nacionales.

Además se pretende contribuir con el IGN a crear cultura, en los generadores y usuarios de información geoespacial, sobre aplicación de estándares en la creación, manejo y tratamiento de información geográfica, problema nacional que requiere del apoyo de todos los sectores y actores para resolverlo.

II. MÉTODO

Una IDE puede definirse como un conjunto de datos espaciales, tecnología, normas, estándares y planes institucionales que ayudan a facilitar la disponibilidad y acceso a dichos datos espaciales (Olaya, 2012). Las IDEs nacen ante la necesidad de facilitar el acceso y el uso de la información geográfica, al considerarla un insumo fundamental para los proyectos que se basan en plantear soluciones ante problemáticas sociales, ambientales, económicas, que involucren una visión integral del territorio. (Gómez, 2010).

El desarrollo de las IDE trae consigo un nuevo planteamiento en el que los datos necesitan elementos adicionales para ser verdaderamente productivos. Una Infraestructura de Datos Espaciales es, por tanto, mucho más que datos. Como indica Nebert (2004), una IDE incluye, además de los datos y atribu-

tos geográficos, documentación suficiente (los denominados metadatos), un medio para descubrir, visualizar y valorar los datos (catálogos y cartografía en red) y algún método para proporcionar acceso a los datos geográficos (generalmente, Internet es el medio principal). Además, debe haber servicios adicionales o software para permitir aplicaciones de los datos. Por último, para hacer funcional una IDE, también debe incluir los acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a escala regional, nacional y transnacional (Olaya, 2012).

En el caso de Costa Rica, la iniciativa IDE la lidera el IGN y ha sido denominada IDECORI. A la fecha se han publicado, mediante la página del SNIT (www.snitcr.go.cr), seis documentos titulados:

- NTIG_CR01_01.2016: Sistema de Referencia Geodésico de Costa Rica
- NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica
- NTIG_CR03_01.2016: Modelo de Datos Geográficos de Costa Rica, escalas 1:1000, 1:5000 y 1:25000
- NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica.
- NTIG_CR05_01.2016: Estándares para la Publicación Web de la Información Geográfica de Costa Rica
- NTIG_CR06_01.2016: Especificaciones cartográficas para el Mapa Topográfico escala 1:25000 de Costa Rica.

Como indica el IGN (2016) en el anuncio de oficialización, todos estos documentos son:

... la primera versión de una iniciativa que facilitará y adecuará el intercambio de información en el ámbito del sector público, sector privado, personas físicas y público en general, además de promover una manera precisa y ordenada sobre la difusión y uso de los datos geográficos.

Entre las múltiples instituciones generadoras y usuarias de datos geográficos a nivel nacional, ha existido un grupo que ha venido apoyando al IGN en sus intentos de consolidar una IDE. Estas instituciones son Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Tribunal Supremo de Elecciones (TSE), Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA-MINAE), Universidad Nacional (UNA), Programa de Investigaciones Aerotransportadas (PRIAS), Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO). De las anteriores solo las primeras tres han comenzado a implementar una IDE institucional con el objetivo de uniformar y estandarizar el trasiego de la información geográfica dentro de sus instituciones.

La UNA, representada por el Programa en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección (PROSIGTE) de la Escuela de Ciencias Geográficas (ECG), ha participado de todos esos intentos que guiaron a lo que hoy es IDECORI, apoyando al IGN y liderando una serie de eventos a nivel nacional (Encuentros

de Usuarios en Sistemas de Información Geográfica y Telede-tección), cuyo objetivo es colocar sobre la mesa el tema de la importancia de la creación de una IDE para Costa Rica.

Debido a que hoy día se cuenta con la normativa oficial, la UNA pretende seguir apoyando la consolidación de la IDECORI mediante tres áreas claves que le permiten colaborar con el desarrollo del país: docencia, investigación y extensión.

El PROSIGTE, como parte de la ECG, está adscrito a la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar (FCTM), que además está compuesta por otras dos unidades académicas (Escuela de Ciencias Agrarias - ECA, Escuela de Ciencias Ambientales - EDECA) y cinco institutos (Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre - ICOMVIS, Instituto de Investigación y Servicios Forestales - INISEFOR, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas - IRET, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica - OVSICORI, Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales - CINAT) los cuales tienen relación directa con el manejo de la información geográfica, pero con el agravante que cada centro procesa la información de acuerdo a sus intereses.

Según el Plan Estratégico de la FCTM, la misma aspira convertirse en una instancia académica de referencia a nivel nacional e internacional en campos y disciplinas relacionadas a la conservación y manejo de especies, sistemas de producción sostenibles, calidad ambiental y salud, cambio climático, gestión del territorio, entre otros. Todo lo anterior se encuentra estrechamente relacionado al uso y gestión de la IG, por lo cual una red que se ocupe de estos aspectos fortalecerá a la FCTM, a la UNA y al país en general.

Por lo anterior es que dos unidades académicas (ECG y ECA) junto a los cinco institutos que forman parte de la FCTM decidieron crear y participar del proyecto UNA-RED-IDE-FCTM, como una forma de fortalecer los programas y los proyectos inter y multidisciplinarios de investigación y extensión, a través de procesos de intercambio, vinculación interna y externa, para que generen conocimientos innovadores y aportes sustantivos a la sociedad.

La UNA-RED-IDE-FCTM busca que todos los académicos que generan y procesan IG lo hagan bajo los estándares y normas que el IGN ya ha oficializado, de esta manera se podrá construir una cultura, primero a nivel de facultad, después a nivel de la Universidad Nacional y por último a nivel nacional para estandarizar la información geográfica en cualquier ámbito de acción y/o investigación.

Después de analizar las pasadas experiencias en el intento de consolidar esfuerzos para implementar una IDE nacional, como también este nuevo intento por parte del IGN, la UNA desea ser un agente reproductor para capacitar a funcionarios, técnicos, académicos, etc., que se encuentren interesados en aplicar la normativa para el tratamiento de la IG propuesta por el IGN.

La UNA como una entidad académica debe aportar al país sus experiencias para el desarrollo del mismo, es por esto que se plantea que una entidad universitaria está en la obligación de apoyar todas aquellas iniciativas que busquen el desarrollo del país.

Se aspira a que la Universidad Nacional sea la primera universidad nodo del SNIT y por lo tanto, la primera casa de estudios superiores en que se implemente la estandarización de los datos espaciales en todos los proyectos de docencia, investigación y extensión.

El proyecto, que aún se están ejecutando, consta de una serie de etapas que se detallan a continuación:

1. Elaboración de un diagnóstico sobre los datos geoespaciales, de al menos tres de Proyectos Académicos (PPAA: en el área de docencia, investigación y/o extensión) de las unidades participantes que crean y utilizan las unidades académicas e institutos pertenecientes a la FCTM.

El diagnóstico se realizó con el fin de identificar el nivel de conocimiento y aplicación de normas IDE que tienen los académicos de la facultad, el tipo de datos espaciales que crea o utilizan, las fuentes y escalas de los datos así como el tipo de software utilizado.

2. Realizar un proceso de capacitación de los integrantes en la Infraestructura de Datos Espaciales.

La red está integrada por al menos un representante de cada una de la unidades académicas e institutos mencionados anteriormente. Cada uno de estos académicos posee una formación base diferente, por lo que hay diversidad de profesiones: geógrafos, ingenieros forestales, químicos, especialistas en silvicultura y manejo de recursos naturales, entre otros, por lo que cada uno cuenta un nivel de experiencia diferente en el manejo de datos geoespaciales.

La capacitación, para el grupo de trabajo, es fundamental con el fin de poseer todos un nivel básico de conocimiento sobre lo que son las IDE, que normativa ha generado IDECORI y cómo aplicarla a las diferentes áreas de conocimiento que se desarrollan en la FCTM.

3. Aplicar el perfil oficial de Metadatos, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional, que permita la descripción de los datos geoespaciales de las Unidades e Institutos de la FCTM.

Los metadatos entendido como los "datos acerca de los Datos" (Olaya, 2014: 767) tienen la misión es explicar el significado de los datos. Es decir, ayudan a los usuarios de los datos a entender mejor el significado que estos tienen y la información que guardan. Los metadatos son un documento adicional que acompaña a los datos, y que permite una mejor gestión y una utilización más precisa de ellos.

Se han seleccionado tres PPAA por unidad o instituto participante, de forma tal que se cuente con una serie de datos que ejemplifiquen la labor que se realiza en la FCTM. Se le ha solicitado a los coordinadores de cada proyecto que faciliten los datos generados en el mismo, sean capas vectoriales o en formato raster, y para cada uno de estos datos se ha completado una ficha de metadatos, siguiendo lo establecido en la norma NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica.

4. Clasificar los datos geoespaciales de tres PPAA de las Unidades académicas involucradas de la FCTM utilizando el Catálogo de Objetos propuesto por el Instituto Geográfico Nacional.

Los datos geoespaciales, vectoriales o raster, de cada PPAA participante se están catalogando a partir de la norma NTIG_CR02_01.2016: Catálogo de Objetos Geográficos para Datos Fundamentales de Costa Rica, documento en el que se establecen una serie de códigos para catalogar los objetos geográficos representados a nivel cartográfico. A la fecha, el documento está compuesto por 10 temas (entre los cuales están control geodésico, relieve, infraestructura vial y transporte, cobertura y uso del suelo, entre otros) dentro de los cuales se encuentran una serie de grupos de datos para los que se especifican códigos a asignar a cada atributo de los datos.

5. Establecer espacios de comunicación permanentes con los integrantes de la red para la publicación de resultados.

Una vez que se cumpla con la catalogación de los datos de los PPAA seleccionados y con completar los metadatos respectivos, se avanzaría hacia la fase de publicación de resultados mediante publicación en la web utilizando los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC) y aplicando la norma NTIG_CR05_01.2016: Estándares para la Publicación Web de la Información Geográfica de Costa Rica.

Se busca aprovechar la infraestructura tecnológica existente en la FCTM, utilizando el portal de Mapoteca Virtual (otro proyecto desarrollado en la ECG), para posteriormente avanzar hacia el establecimiento de la UNA como un nodo permanente en el SNIT.

6. Concientizar a la comunidad universitaria sobre la necesidad de estandarizar y catalogar la información geográfica.

Esta tarea se ha venido desarrollando mediante charlas, en las que personeros del IGN han explicado a académicos y estudiantes de la UNA en que consiste IDECORI, su importancia, cuál es la normativa que de ahí surge, en que consiste el SNIT y el visor cartográfico, como utilizar los servicios publicados y como contribuir a consolidar la IDE nacional.

De igual manera PROSIGTE por medio de la organización del Día Internacional del SIG como los Encuentros Nacionales de Usuarios en SIG y TD ha venido apoyando las iniciativas que el IGN ha desarrollado para impulsar las iniciativas IDE, todo esto como parte de los compromisos de una universidad nacional y pública.

También, desde la red IDE se han generado productos y talleres que han permitido iniciar con la divulgación y capacitación de académicos y estudiantes de la FCTM, mediante la docencia en las diferentes carreras universitarias, así como en pequeños talleres sobre elementos concretos de la IDE.

7. Colaborar con el Instituto Geográfico Nacional y otras instituciones en la consolidación de la IDE Nacional.

La labor de la UNA - RED -IDE - FCTM, no se limita a lo interno de la UNA, aunque es el público meta, pues al utilizar la normativa se han identificado problemas para la aplicación y se han están proponiendo alternativas y soluciones que se espera puedan ser consideradas por el IGN.

Además se continúa trabajando con instituciones a nivel nacional en la realización de eventos de divulgación de los primeros resultados de aplicación de la normativa y en el desarrollo de nuevas propuestas de estandarización para sectores que aún no han sido considerados por el IGN, como los gobiernos locales o en temas como la elaboración de mapas de Cobertura y Uso de la Tierra.

El PROSIGTE tiene entre su programación el desarrollar un pequeño programa de capacitación virtual en el tema de IDE, específicamente de aplicación de normas de IDECORI, dirigido a interesados a nivel nacional, tanto del sector público como privado.

III. RESULTADOS

A pesar de que la UNA-RED-IDE-FCTM fue formulada por siete escuelas e institutos, solo cinco han participado de forma activa. Se seleccionaron un total de 14 PPAA participantes, los cuales han facilitado una serie de datos vectoriales y raster a los que se están aplicando los estándares de IDECORI (ver Tabla I).

TABLA I
LISTADO DE PPAA PARTICIPANTES EN UNA-RED-IDE-FCTM

UNIDAD ACADÉMICA O INSTITUTO	NOMBRE DEL PPAA PARTICIPANTE
Escuela de Ciencias Geográficas (ECG)	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la herramienta GPS en la enseñanza de Cartografía • Balance hídrico de la Región Central de Costa Rica. • Programa de Estudios Turísticos Territoriales.
Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS)	<ul style="list-style-type: none"> • Interacciones entre el ser humano y la fauna silvestre, y las implicaciones para la salud de las poblaciones, en el Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica. • Interacciones entre humanos y crocodílicos en Costa Rica. • Monitoreo biológico de jaguar (<i>Panthera onca</i>), Puma (<i>Puma concolor</i>), otros felinos silvestres y sus presas naturales en Costa Rica.
Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR)	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de ecosistemas forestales para el fortalecimiento de estrategias de conservación y uso de bosques: una contribución a la iniciativa Costa Rica Carbono Neutral. • Monitoreo continuo de plantaciones forestales en Costa Rica • Laboratorio de Teledetección de Ecosistemas
Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET)	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencias, riesgos e impactos asociados al cultivo de palma aceitera en el Pacífico Sur (Pipal Sur). • Gestión integral participativa del agua en la microcuenca Potrero Caimital (GIPA).
Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT)	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de compuestos fenólicos Totales y la capacidad Antioxidante de los Propóleos provenientes de varios pisos altitudinales en Nicoya, Guanacaste • Valoración de la presencia y contenido de esteroides de forbol y alcaloides pirrolizidínicos en miel de abejas producida en CR

A partir del diagnóstico realizado en la FCTM se ha identificado que existe un bajo nivel de conocimiento sobre IDE y su aplicación a los diferentes tipos de datos que se generan en las unidades académicas e institutos.

La ECG, escuela integrada por académicos de profesión geógrafos, es el único espacio de la FCTM donde hay conocimiento claro sobre la IDE y su importancia, sin embargo los estándares IDECORI solo son aplicados en dos proyectos adscritos a la unidad a pesar de que se crea gran cantidad de datos.

En el resto de unidades académicas e institutos, la generación de datos es incipiente suelen realizar levantamientos de tipo puntual, utilizando herramientas GPS (navegadores), que permiten representar sitios de muestreo o la presencia de elementos de interés.

El CINAT es el instituto con menor conocimiento aplicado en el tema, son usuarios muy básicos de navegadores GPS y solo los utilizan para conocer las coordenadas de puntos de interés las cuales anotan en tablas, sin llegar a crear archivos vectoriales para representarlas cartográficamente.

Se identificó que en el ICOMVIS y en el IRET las investigaciones se realizan con apoyo de profesionales o estudiantes de la Escuela de Ciencias Geográficas, en quienes se delegan las tareas de creación y manejo de datos espaciales. Lo que explica el poco conocimiento de los coordinadores de proyectos académicos en materia de estandarización de datos espaciales.

Otra de las etapas en las que se ha venido trabajando es en la aplicación de la norma NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica, para lo que se ha solicitado a los participantes de la RED el recopilar la información

básica de cada uno de los datos geográficos correspondientes a los distintos PPAA. Se busca que esta información permita: identificar el dato (título, palabras clave, resumen, objetivos, formato, información de contacto, entre otros), conocer quién y cómo se distribuye, como fue generado el dato (representación espacial, sistema de referencia, calidad) y finalmente identificación del mismo metadato.

Por el nivel de conocimiento de los académicos integrantes de la RED sobre temas IDE y manejo de programas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) la tarea de completar metadatos ha sido compleja. Con el fin de facilitar el proceso y pensando en la incorporación futura de otros colaboradores de ramas ajenas a la geografía, es que se diseñó una guía para la creación de metadatos.

El documento se denomina “Opciones de implementación del Perfil Oficial de Metadatos Geográficos para Costa Rica” y fue generado orientar el proceso de creación de metadatos, cumpliendo con la normativa emanada del IGN y considerando el nivel de experiencia del usuario en el tema,

En la guía se ofrece al usuario la posibilidad de utilizar una de tres plataformas: el software libre Geonetwork (programa que propone el IGN para la generación de metadatos), el programa licenciado ArcCatalog (parte del ArcGIS de ESRI, del cual la UNA cuenta con una licencia CAMPUS), y los documentos en Office Word.

En la guía se incluye el proceso de instalación de Geonetwork y software complementario, explicando luego como importar las plantillas de metadatos creadas por el IGN, como completarlas, validarlas y exportarlas. Para la creación de metadatos en ArcCatalog se describe como seleccionar el perfil de metadatos correspondiente a las plantillas de la norma de IDECORI, el proceso de importación, llenado y exportación de las plantillas, como visualizarlas, validarlas y exportarlas desde Geonetwork, de forma tal que cumplan a cabalidad con el estándar. Finalmente, se incluye como completar en Word la información requerida para los metadatos, esta última opción pensando en aquellos usuarios con experiencia nula en el uso de programas SIG y que pueden acercarse a miembros de la UNA-RED-IDE-FCTM para trabajar de forma conjunta en esta norma.

La guía se está implementando con los académicos integrantes de la RED, ya que su diferente nivel de experiencia permite conocer si lo que se colocó en el documento es suficiente para guiar a otros usuarios, con poca experiencia, en el proceso.

TABLA II:
LISTADO DE CAPAS CON METADATOS CONSTRUIDOS, SEGÚN PPAA PARTICIPANTE EN UNA-RED-IDE-FCTM

NOMBRE DEL PPAA PARTICIPANTE	CAPAS	TIPO DE DATO
Aplicación de la herramienta GPS en la enseñanza de Cartografía	Mosaico_Este	Raster
	Mosaico_Oeste	Raster
	Mosaico_fotosgeo-referenciadas	Raster
	Red_Total	Vector
	Red1_Campus	Vector
	Red1_Heredia	Vector
Interacciones entre el ser humano y la fauna silvestre, y las implicaciones para la salud de las poblaciones, en el Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica.	Red2_Heredia	Vector
	Red1y2_Heredia	Vector
	Puntos_GPS_MA	Vector
Interacciones entre humanos y cocodrilos en Costa Rica.	Edificaciones_cerca_manuelantonio	Vector
	Capturas_Cocodrilos	Vector
Monitoreo biológico de jaguar (Panthera onca), Puma (Puma Concolor), otros felinos silvestres y sus presas naturales en Costa Rica.	CocodrilosConteo	Vector
	Base_Datos2012	Vector
Evaluación de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de los propóleos provenientes de varios pisos altitudinales en Nicoya, Guanacaste	Base_Datos2012	Vector
	SantaRosa_2011	Vector
Valoración de la presencia y contenido de esteres de forbol y alcaloides pirrolizidinicos en miel de abejas producida en Costa Rica.	CompuestosFenolicosTotalesNicoya-Guanacaste	Vector
	Polen_en_Mieles_MICIT	Vector
Laboratorio de Teledetección de Ecosistemas	EstacionesMeteo-lógicas	Vector
	NDVI	Raster

La UNA-RED-IDE-FCTM está por iniciar con la tarea de clasificación de los datos geoespaciales de tres PPAA de las Unidades académicas involucradas de la FCTM utilizando el Catálogo de Objetos propuesto por el Instituto Geográfico Nacional, para posteriormente avanzar hacia publicación de las capas y los metadatos como geoservicios en la UNA y en el SNIT.

Se ha trabajado en la concientizar a la comunidad universitaria sobre la necesidad de estandarizar y catalogar la información geográfica, pues se han impartido talleres sobre el tema. El pasado 12 de junio de 2017, funcionarios del IGN realizaron una presentación abierta al público en la que explicaron en que consiste IDECORI, que normas se han publicado y a importancia de cada una, los servicios OGC que se han puesto a disposición en el SNIT con una demostración práctica sobre cómo acceder a ellos.

Respecto a la colaboración con el Instituto Geográfico Nacional y otras instituciones para la consolidación de la IDE Nacional, tras la revisión que se realiza actualmente del documento “Opciones de implementación del Perfil Oficial de Metadatos Geográficos para Costa Rica” se buscará presentarlo antes los funcionarios a cargo del tema en el IGN con el fin de que valoren su divulgación a terceros usuarios. Se plantea hacer lo mismo con cualquier otra documentación que se genere en la UNA-RED-IDE-FCTM respecto a aplicación de los otros estándares.



Figura. 1. Vista del documento “Opciones de implementación del Perfil Oficial de Metadatos Geográficos para Costa Rica”.

Es importante señalar que todo lo aprendido está siendo trasladado a la docencia de las unidades académicas involucradas en el proyecto, ofreciendo al estudiantado contenido actualizado y contribuyendo a la divulgación e implementación de la normativa de IDECORI.

IV. CONCLUSIONES

La implementación de una IDE nacional es una tarea que le compete a una gran cantidad de instituciones públicas, así como a la empresa privada y organizaciones no gubernamentales, pues son múltiples los usuarios y los interesados en la información geográfica y ahí la importancia de contar con datos geoespaciales estandarizados que permitan conocer con certeza el estado, formato y calidad de los mismos.

El rol de las universidades, como centros de enseñanza e investigación debe estar ligado siempre a la búsqueda de beneficios para la colectividad y el apoyar iniciativas nacionales como la divulgación y consolidación de una IDE es parte de esas tareas.

Las formas de contribuir son muchas y en el caso del proyecto UNA-RED-IDE-FCTM se colabora aplicando la normativa a la diversidad de campos del conocimiento en los que se genera

y utiliza información geográfica, señalando vacíos en la documentación y generando material que permita aclarar esos temas, incorporando lo aprendido a la docencia y en procesos de capacitación continua, facilitando espacios de divulgación y presentación de resultados, así como apoyando a todas aquellas instituciones y organizaciones que se encuentren en procesos de implementación de IDEs.

La experiencia de la UNA-RED-IDE-FCTM apenas está empezando y sin embargo las lecciones aprendidas son muchas, por ejemplo: desconocimiento de conceptos básicos como escalas y sistemas de proyección para la creación y el manejo de información geoespacial, la utilización de herramientas SIG y GPS a nivel instrumental sin conocimiento teórico, poca o nula interacción entre unidades académicas o institutos de la FCTM en temas de uso y gestión de información geoespacial, importancia de mostrar espacialmente las áreas donde trabaja la UNA mediante actividades y proyectos de los PPAA, valor agregado de los datos geográficos cuando se les aplican estándares de la información geográfica, entre otros.

Se continuará trabajando en la consolidación del proyecto, la incorporación de más unidades académicas, institutos y facultades de la UNA, con el fin seguir apoyando al IGN y al país en tan importante labor.

AGRADECIMIENTOS

A los académicos Mónica Retamosa Izaguirre, Eduardo Umaña Rojas, Mauricio Vega Araya y Leonel Córdoba Gamboa, y a la estudiante Shirley Méndez Cordonero, miembros de la UNA-RED-IDE-FCTM, por sus contribuciones al proyecto. A las autoridades de la FCTM por el apoyo en la gestión administrativa de la Red.

REFERENCIAS

- Olaya, V. (2012). Sistemas de Información Geográfica. Versión revisada el 16 de octubre de 2014. Disponible en <http://volaya.github.io/libro-sig/>
- Nebert, D. (2004) Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook. sl: Global Spatial Data Infrastructure Association.
- Gómez, J. (2010). Desarrollo de una Infraestructura de Datos Espaciales Ferroviaria basada en Software Libre. IV Jornadas de SIG libre. Universitat de Girona.
- Decreto ejecutivo 33797-MJ-MOPT. Ministerio de Justicia y Gracia. Costa Rica. Diario Oficial La Gaceta. San José, Costa Rica. 12 de julio de 2013.