



UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología.
Licenciatura en Computación.

CONTRIBUCIÓN AL ANÁLISIS MULTI-TEMPORAL DE IMÁGENES MULTI-ESPECTRALES DE SATÉLITE A TRAVÉS DE UN PLUG-IN PARA QUANTUM GIS.

Br. Arturo Mendoza Benavides.
Autor.

Prof. Pedro Linares Herrera.
Tutor.
Prof. Rafael Rodríguez Altamiranda.
Tutor.

Resumen.

En este trabajo se desarrollará una herramienta, a través de un plug-in para Quantum GIS, que permitirá efectuar análisis multi-temporales para la detección de cambios de las coberturas de tierra, a partir de imágenes multi-espectrales proporcionadas por algún programa espacial (LandSat o SPOT). Esperamos que este aporte permita a la comunidad de usuarios de sistemas de información geográfica de software libre, disponer de una herramienta de análisis, que optimice la interpretación de los recursos naturales y así proponer políticas y planes de manejo más eficientes.

Fecha estimada de culminación: Abril 2013.

Palabras Claves: Sistema de información geográfica, imágenes multi-espectrales de satélite, análisis multi-temporal de coberturas de la tierra, Quantum GIS, desarrollo de software.

Bárbula, Enero 2013.

Introducción

Toda experiencia que acontece en cualquier espacio geográfico tendrá, como consecuencia, la representación en un mapa. Con este, se puede: localizar lugares, medir la distancia entre puntos, planificar un desarrollo urbanístico, analizar el impacto de un agente sobre una reserva silvestre y más (DeMers, 2009).

El gran auge de las tecnologías de información, de las últimas décadas, ha facilitado el desarrollo de aplicaciones computacionales que permiten: la captura, almacenaje, manipulación, análisis y despliegue -en todas sus formas- de datos geográficamente referenciados. Dichas aplicaciones, son llamadas: “Sistemas de Información Geográfica” (SIG o GIS, según su acrónimo inglés: “Geographic Information System”). La característica principal de los SIG, es almacenar toda la información de un mapa de manera segmentada en distintas capas temáticas (DeMers, 2009).

Con el paso del tiempo, hubo una creciente difusión de los SIG a nivel del usuario doméstico, en principio de código propietario y luego también de código libre, facilitando potentes aportes a la comunidad interesada. Entre los SIG de código abierto más importantes, de la actualidad, se puede mencionar: Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA), PostGIS, Sistema Extremeño de Análisis Territorial (SEXTANTE) y Quantum GIS (QGIS) (Bolstad, 2005).

Existen dos maneras para almacenar los datos en un SIG, estas pueden ser en forma de dato vectorial o dato raster. En un dato vectorial, los elementos geográficos se describen como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras, siendo el punto, la línea y el polígono los elementos fundamentales de representación. Y el dato raster, es la representación de una imagen digital a través de un arreglo bidimensional de pixeles. Las formas más comunes de datos raster, son: las fotografías aérea (para mostrar una imagen detallada), los Modelos Digital de Terreno (para elevaciones del terreno), las imágenes espectrales (son captadas por un satélite espacial a partir de la reflexión de la luz de una particular longitud de onda. Los principales programas espaciales son LandSat y SPOT), etc (Bolstad, 2005).

Landsat, es un programa de la Agencia estadounidense del Espacio y la Aeronáutica (NASA, según su acrónimo en inglés: National Aeronautics and Space Administration) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, según su acrónimo en inglés: United States Geological Survey). Éste programa, dio inicio en 1972, ha sido compuesto –con el pasar del tiempo- por siete satélites y tiene como misión: “establecer una estrategia de captura periódica de imágenes de la superficie terrestre, cuya aplicación principal es el análisis multi-temporal¹” (Telespazio Ibérica -ES).

¹ **Análisis Multi-temporal:** Análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas entre varias imágenes satelitales o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas (ScanTerra Consultora -AR, 2001).

Este análisis puede ser de tipo multi-estacional o multi-anual, el primero es entre imágenes de distintas estaciones (de acuerdo al calendario estacional de esas cubiertas) en un año y el segundo es entre imágenes de distintos años durante la misma estación (Riaño, 2002).

LANDSAT-7, es un satélite perteneciente al programa Landsat. El cual, fue lanzado en abril de 1999 y es el más moderno del programa. Utiliza Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), como instrumento sensor para el escaneo multi-espectral en alta resolución de la superficie de la tierra, detectando radiación espectralmente-filtrada de infrarrojo visible y cercano (VNIR), infrarrojo de onda corta (SWIR), infrarrojo de onda larga (LWIR) y bandas pancromáticas -iluminadas por el sol- de la Tierra. Este sensor, posee 8 bandas con un rango espectral de 0.45 - 12.5 μm y una resolución espacial de 15, 30 y 60 metros (dependiendo de la banda). El tamaño de las imágenes generadas, abarcan un espacio de 183 Km x 170 Km (National Aeronautics and Space Administration -US).

Adicionalmente, el programa espacial de Satélites Para la Observación de la Tierra (SPOT, según su acrónimo en francés: Satellite Pour l'Observation de la Terre) del Centro Nacional de Estudios Espaciales francés (CNES, según su acrónimo en francés: Centre National d'Études Spatiales), dando inicio en 1986, es un sistema espacial de imágenes ópticas de alta resolución (Centre National d'Études Spatiales -FR, 2008).

El SPOT-5, lanzado en mayo del 2002, es el quinto satélite del programa SPOT y el más reciente -de los satélites del programa- que posee disponible a usuarios las imágenes captadas. Este satélite, posee: dos sensores de Geometría de Alta Resolución (HRG, según su acrónimo en inglés: High Resolution Geometric), el VEGETATION-2 y otro de Estereoscópica de Alta Resolución (HRS, según su acrónimo en inglés: High Resolution Stereoscopic) (Pinilla Ruiz).

Los sensores del satélite SPOT-5, poseen (en su conjunto) 6 bandas con un rango espectral de 0.43 - 0.89 y 1.58 – 1.75 μm y una resolución espacial entre 5 y 1000 metros (dependiendo la banda y el sensor). Estos sensores, poseen un campo de visión de 60, 120 y 2260 km, respectivamente (Pinilla Ruiz).

A pesar del tiempo de vida útil que lleva el SPOT-5, desde 2002, está garantizada la continuidad del programa hasta 2024 con los satélites SPOT-6 y SPOT-7. No obstante el SPOT-6 fue lanzado en el tercer trimestre del 2012, sus imágenes estarán disponibles a partir de mediados del 2013. Y cabe destacar que, el SPOT-7 será lanzado durante el primer trimestre del 2014. Estos satélites estarán compuestos, cada uno, por un instrumento detector formado por dos telescopios Korsch idénticos con una abertura de 200 mm. Siendo estos, capaces de adquirir los datos de manera simultánea a partir de las siguientes bandas espectrales: pancromática (0,450-0,745 μm), azul (0,450-0,520 μm), verde (0,530-0,590 μm), rojo (0,625-0,695 μm) e infrarrojo cercano (0,760-0,890 μm) (Astrium Services -FR).

Por otro lado, la disminución del costo del hardware y el avance de las teorías y prácticas de procesamiento de las imágenes digitales ha permitido un gran adelanto en el análisis e interpretación de imágenes obtenidas por sensores satelitales, llegando hasta poder catalogar los elementos que componen dichas imágenes. Esta técnica, es llamada: clasificación de imágenes (Lillesand & Kiefer, 1994).

La clasificación, en el análisis de imágenes satelitales, consiste en la aplicación de técnicas que permiten la automatización en la identificación de características de una

escena. Básicamente, es la categorización de todos los píxeles -de una imagen digital- en una o más clases de cobertura de tierra² (Lillesand & Kiefer, 1994).

Sin embargo, el comportamiento de las coberturas de tierra es dinámica con el pasar del tiempo, respecto al área que ocupan, directamente influenciadas por el uso de la tierra³ u otros agentes no-humano. Por lo tanto, suele ser necesario un estudio multi-temporal para detectar los cambios de las distintas coberturas, en términos de extensión de la superficie que ocupan (Jokar Arsanjani, 2012).

Esta técnica se ha vuelto esencial en la evaluación del cambio del uso de la tierra, ya que permite el monitoreo continuo y preciso de extensas áreas geográficas (Hernández & Pozzobon, 2002). La información aportada por las imágenes satelitales permite identificar los cambios, a través de un proceso de análisis, permitiendo establecer las estrategias de gestión y control (Pozzobon & Hernández., 2004).

En consecuencia, se establece como propósito principal del Trabajo Especial de Grado (TEG) planteado: El desarrollo de un plug-in para QGIS que efectúe un análisis multi-temporal para la detección de cambios de coberturas de tierra, a partir de imágenes multi-espectrales de satélite.

² **Cobertura de Tierra:** Cobertura biofísica de la superficie de la tierra, pudiendo ser: agua, vegetación, suelo desnudo y/o estructuras artificiales (Jokar Arsanjani, 2012).

³ **Uso de la Tierra:** Es la manera en que los atributos biofísicos de la tierra son manipulados por el hombre y la intención subyacente de esa manipulación (Jokar Arsanjani, 2012).

Este proyecto se divide en seis secciones. En la primera sección, se introduce de manera clara y sustancial al lector en la investigación. En la segunda sección, se puntualiza el problema a resolver y justifica el TEG. En la tercera sección, se describen los objetivos tanto el general como los específicos. Posteriormente, en la cuarta sección se enumeran y detallan los antecedentes del TEG. En la sección cinco, se describe la metodología de investigación a ser utilizada. Y en la última sección, se muestra el cronograma de actividades a desarrollar del TEG.

Planteamiento del Problema y Justificación

Este TEG, se enmarca en una tendencia del ecoSIG⁴ que consiste en la migración de sus aplicaciones computacionales de software propietario a software libre. Entre los seleccionados está Quantum GIS⁵, ya que admite el desarrollo e instalación de plug-ins personalizados que permiten expandir el rango de funcionalidades, de la aplicación, hasta poder resolver cualquier necesidad específica de cada usuario. (Open Source Geospatial Foundation - US).

Sergio Zambrano, coordinador del ecoSIG, indica que a pesar de que este software es capaz de resolver un número importante de cálculos y operaciones geográficas básicas, no puede resolver otras aún más complejas. Cuando el usuario necesita resolver estas otras operaciones, debe fragmentarlas manualmente en una serie sistemática de operaciones básicas que -en conjunto- puedan resolver dichas necesidades. Y en otros casos, debe auxiliarse con otros softwares SIG que resuelven la necesidad de manera eficiente, para luego migrar los resultados a QGIS.

⁴ **EcoSIG:** Portal web venezolano que permite la difusión de datos ecológicos georreferenciados del país. El mismo, está conformado por miembros del Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigación Científica (IVIC) y otros colaboradores, y su propósito es el apoyo a proyectos de investigación que requieran SIG (ecoSIG -VE, 2008).

⁵ **Quantum GIS:** Un SIG que permite manejo y análisis de formatos de imágenes raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como el manejo de bases de datos geoespaciales. (Open Source Geospatial Foundation -US).

Sin embargo, en versiones más recientes, el software se integra con Python. Esta integración, ha permitido añadir plug-ins desarrollados en dicho lenguaje de programación (Quantum GIS Project, 2010).

Conscientes de estas posibilidades y luego de detallar todas las necesidades que no puede resolver QGIS de manera nativa, se consideró -como importante- el desarrollo de un plug-in que realice un análisis multi-temporal para la detección de cambios de coberturas de tierra, a partir de imágenes multi-espectrales de satélite.

Este desarrollo permitirá a los usuarios disponer de un módulo de software para QGIS con el cual, luego de los análisis respectivos, podrán establecer un manejo eficiente de los recursos naturales y así proponer políticas y herramientas de planificación correctas, respecto a la geografía venezolana.

El Centro Multidisciplinario de Visualización y Cómputo Científico (CEMVICC)⁶ y el departamento de computación de la FACYT, se verán directamente beneficiados ya que se abre una nueva línea de investigación por ser el primer trabajo referente al procesamiento de imágenes satelitales en dichos entes.

⁶**CEMVICC:** Adscrito a la Facultad Experimental de Ciencia y Tecnología (FACYT) de la Universidad de Carabobo (UC), es un centro destinado a la investigación de técnicas y métodos, que involucran el uso de recursos automatizados de cómputo, para ser utilizados en la modelación, simulación y visualización de fenómenos físicos, químicos, biológicos o de cualquier otra área de la ciencia o la ingeniería. Siendo la Computación Gráfica y Visualización Científica, una de sus líneas fundamentales de investigación (Centro Multidisciplinario de Visualización y Cómputo Científico -VE, 2008).

Así mismo, este desarrollo espera hacer un aporte a la comunidad de desarrolladores y usuarios de software geoespacial de código abierto, alrededor de Venezuela y el resto del mundo.

Objetivos de la Investigación

3.1. Objetivo General.

Aportar al desarrollo un plug-in para Quantum GIS que efectúe un análisis multi-temporal para la detección de cambios de coberturas de tierra, a partir de imágenes multi-espectrales de satélite.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer el marco conceptual para el procesamiento multi-temporal y clasificación de imágenes multi-espectrales de satélite.
- Determinar la existencia de plug-ins para QGIS que atiendan a los requerimientos de esta investigación, o que contribuyan a sus metas parciales.
- Desarrollar el plug-in propuesto, aplicando la metodología de desarrollo de software seleccionada.
- Probar el plug-in, ya desarrollado, en una problemática real y así determinar su eficiencia y eficacia.
- Consultar con los desarrolladores de QGIS, el desarrollo del plug-in en cuestión.
- Elaborar manuales de instalación y de usuarios y compartir los resultados de la investigación.

Antecedentes

En la presente sección se detallará, en una primera instancia, a todas aquellas organizaciones que se relacionen directamente con este TEG propuesto. Luego, se mencionará a aquellos SIG directamente relacionados con el desarrollo del TEG propuesto. Y por último, se describirá a aquellos plug-ins para QGIS –disponibles en los repositorios– que sean capaces de resolver, de manera aproximada, el problema planteado.

4.1. Organizaciones Relacionadas

A finales del siglo pasado, el uso de los SIG tuvo un rápido crecimiento a nivel del usuario doméstico. Pero, más recientemente, los software SIG de código libre también tuvieron una amplia expansión en la cantidad de desarrollos, con el cual se comenzó a abarcar una gama más amplia de plataformas, a diferencia del software propietario (Bolstad, 2005).

En vista de ello, fue constituida una organización sin fines de lucro, llamada: Fundación para el Código Abierto Geoespacial (OSGeo, según su acrónimo en inglés: Open Source Geospatial), cuyo objetivo principal es apoyar y promocionar el desarrollo abierto y colaborativo de los datos y las tecnologías geoespaciales. Los proyectos que actualmente apoya esta organización son: Geographic Resources Analysis Support System

(GRASS), Feature Data Object (FDO), Geospatial Data Abstraction Library (GDAL), PostGIS, QGIS, entre otros (OSGeo) (Open Source Geospatial Foundation -US).

4.2. SIG Relacionados

A partir de 1982, diversas universidades, empresas privadas y agencias federales de los Estados Unidos han trabajado en conjunto para el desarrollo de un potente y muy popular sistema de información para el soporte analítico de recursos geográficos (GRASS, según su acrónimo en inglés: Geographic Resources Analysis Support System). Este SIG de código abierto, es capaz de: gestionar y analizar datos geoespaciales, modelado y visualización espacial y procesar imágenes, gráficos y mapas (Open Source Geospatial Foundation -US).

Por otro lado, en 2007, el Departamento de Cartografía, SIG y Teledetección del Instituto de Geografía Física de la Universidad de Gotinga (Alemania), desarrolló un Sistema para el Análisis Geocientífico Automatizado (SAGA, según su acrónimo en inglés: System for Automated Geoscientific Analyses). También proporcionan una API de desarrollo, el cual, entre todas sus características, están los análisis de geoprocesos de la tierra (análisis morfométrico, hidrológico, de iluminación, de clasificación, etc). Cabe destacar que SAGA puede realizar el proceso de clasificación de una imagen de satélite mediante el análisis de conglomerados y el procedimiento supervisado (Dept. of Physical Geography, Göttingen -DE, 2012).

En 2011, el Departamento de Arte y Ciencias del Territorio la Universidad de Extremadura (España) también desarrolló una librería de código abierto con más de 300 algoritmos y operaciones para el análisis de datos espaciales, para Java y Python, llamada Sistema EXTremeño de ANálisis TERRitorial (SEXTANTE). (Olaya & Giménez, 2012).

4.3. Plug-ins para QGIS Relacionados

En 2012, los desarrolladores de SEXTANTE compartieron en los repositorios de QGIS, un plug-in del mismo nombre de la librería. Además de disponer un módulo donde se puede realizar todos los geoprosos implementados en la librería mediante una interfaz de usuario (IU) directamente en QGIS, el plug-in también dispone de otros módulos donde ya vienen implementados -de igual manera- los geoprosos proporcionados por las librerías: GDAL/OGR, GRASS, MMQGISX, Modeler, fTools, SAGA, etc. Pudiendo utilizarse -directamente en QGIS, mediante una IU- los procesos de clasificación de imágenes satelitales de SAGA, previamente descritos. (Plugin: SEXTANTE, 2012)

Recientemente, Bernasocchi (2011), desarrolló un plug-in para QGIS llamado “Multitemporal and Multivariate Data Visualisation” que permite graficar y visualizar conjuntos de datos temporales y multivariados en 3D. Cabe destacar que la diferencia que tendrá el plug-in propuesto en este proyecto con “Multitemporal and Multivariate Data Visualisation”, es que este último permite la visualización espacial de variables climáticas, como cambios diarios de temperatura de un espacio geográfico específico.

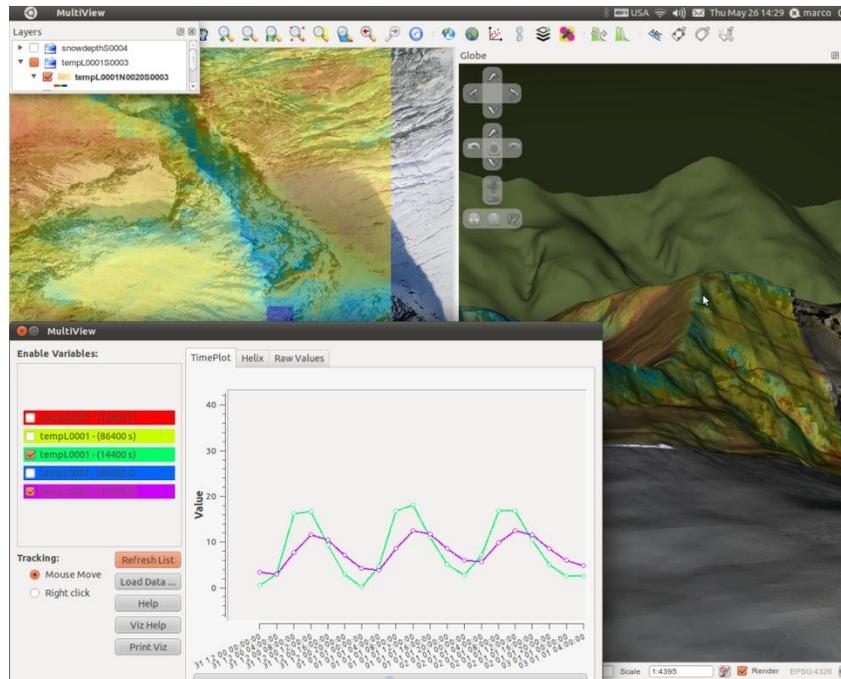


FIGURA 1 CAPTURA DE PANTALLA DEL PLUG-IN, PARA Q-GIS, MULTITEMPORAL AND MULTIVARIATE DATA VISUALISATION EN USO.

Metodología

En esta sección se explicará las metodologías desarrollo de investigación y de software, que serán implementadas en el desarrollo del TEG propuesto.

5.1. Metodología de Desarrollo de la Investigación

El Método Científico, fue escogido como metodología para el desarrollo de esta investigación, ya que permite avanzar de forma progresiva mediante cinco (05) fases: observación, hipótesis, experimentación, análisis y conclusiones (Popper, 1924). A continuación, se detallará como serán aplicadas todas estas fases al TEG.

5.1.1. Observación:

En esta fase se detecta un problema, situación o enigma de la realidad con el propósito de mejorar la situación o resolver el problema o enigma.

En este caso, el problema identificado es la necesidad de una herramienta en QGIS para realizar análisis multi-temporales para la detección de cambios de coberturas de la tierra, a partir de imágenes multi-espectrales de satélite.

5.1.2. Hipótesis:

La función de la hipótesis es orientar el curso de la investigación, para llegar a conclusiones concretas a través de una proposición aceptable y verificable experimentalmente. En esta fase se plantea una solución hipotética al problema observado en la fase anterior, luego de haber realizado una profunda investigación sobre el problema.

Comprendiendo como maneja QGIS la naturaleza multi-espectral de imágenes de satélite y estando en capacidad de generar rutinas para clasificar y estandarizar geométrica y espectralmente, series temporales de imágenes satelitales, entonces se estará en capacidad de desarrollar a través de python, un plug-in para automatizar los procesos de análisis temporales.

Como el desarrollo del plug-in compete al campo de desarrollo de software, se debe utilizar otra metodología especializada en el área, que será puntualizada posteriormente.

Sin embargo, para un correcto análisis de cada imagen digital de satélite obtenida, es necesario que el plug-in siga los siguientes pasos con cada una (Lillesand & Kiefer, 1994):

5.1.2.1. *Rectificación y restauración de la imagen:*

El proceso natural de rectificación y restauración de una imagen, siempre viene determinado por el sensor utilizado para la captura de los datos de la misma. Este paso tiene como objetivo: corregir la distorsión y degradación de una imagen, para crear otra más fiel. Estas correcciones suelen ser de tipo geométrica, radiométricas y de reducción de ruido (Lillesand & Kiefer, 1994).

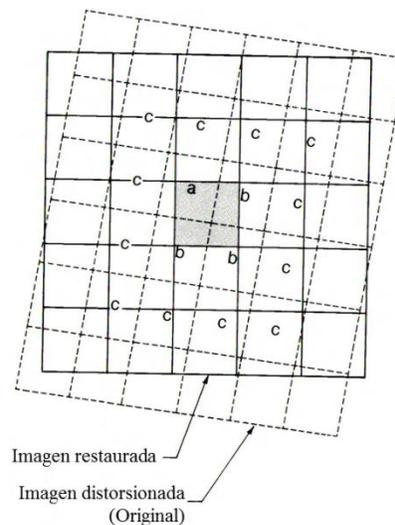


FIGURA 2 MATRIZ DE PÍXELES DE SALIDA GEOMÉTRICAMENTE CORRECTA, SUPERPUESTA EN LA MATRIZ DE PÍXELES ORIGINAL DISTORSIONADA (LILLESAND & KIEFER, 1994).

5.1.2.2. *Clasificación de la imagen:*

Esta operación, permite identificar las características de una escena mediante ciertas técnicas cuantitativas. La aplicación de estas reglas de decisión estadística, capacita a la herramienta para el reconocimiento de la cubierta de tierra que representa cada pixel de una

imagen. La clasificación puede ser de tipo supervisada o no supervisada, donde el primero necesita de la asistencia del usuario, a partir de la definición previa de ejemplos de coberturas de tierra reconocidas y delineadas en la misma imagen; y para la segunda se emplean algoritmos de agrupamiento, que permite sub-dividir la imagen -de manera automatizada- en grupos de pixeles, en base a las discontinuidades en los histogramas de frecuencia de las bandas utilizadas (Lillesand & Kiefer, 1994).

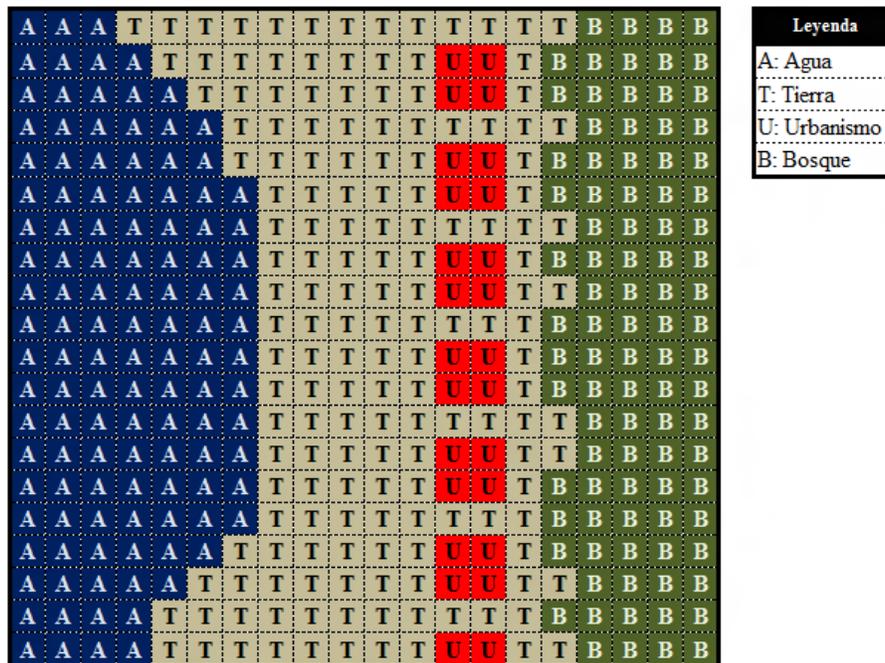


FIGURA 3 EJEMPLO DE UNA MATRIZ RESULTANTE, LUEGO DE LA CLASIFICACIÓN DE UNA IMAGEN SATELITAL DE UNA COSTA (AUTOR).

5.1.2.3. Georreferenciación de la imagen e integración al SIG:

En este paso se implementan correcciones geométricas que sirven para mejorar la precisión de la ubicación de un punto del terreno sobre la imagen, y para estandarizar el

sistema de referencia de ubicación de dichos puntos entre imágenes, en caso del análisis de una serie multianual (Chuvienco, 1995).



FIGURA 4 EJEMPLO DE GEORREFERENCIACIÓN DE VARIAS IMÁGENES DE SATÉLITE EN UN ESPACIO GEOGRÁFICO.

5.1.3. Experimentación:

Una vez planteada la hipótesis, se procede a la búsqueda de un mecanismo que permita verificar la veracidad de la proposición.

La experimentación consistirá en probar el plug-in con una serie interanual de imágenes multi-espectrales de satélite, durante la época de sequía (del 15 de Diciembre al 15 de Marzo) de los últimos 15 años del Lago de Valencia. Y así determinar los cambios de la cota 0 del cuerpo de agua, en ese lapso de tiempo, en términos del área que ocupa.

5.1.4. Análisis:

Una vez realizado el experimento se analizan los resultados y se contrastan con los objetivos de la investigación.

En este caso se tendría que verificar la veracidad de los resultados del plug-in propuesto. Sí el plug-in presenta incongruencias, habría que detallar cuales fueron las causas de ello y sugerir -sí existe- una posible solución que evite el problema encontrado en futuros trabajos.

5.1.5. Conclusiones:

En esta fase se presentan las conclusiones del trabajo de investigación donde se exponen la eficiencia del software, los objetivos alcanzados y las recomendaciones para trabajos futuros.

En este caso se expondrán los resultados obtenidos del desarrollo del plug-in en contraste con los objetivos del proyecto y resultados del experimento, además de otros detalles relevantes que pudieren surgir durante el desarrollo.

5.2 Metodología de Desarrollo del Software

Para el desarrollo del plug-in propuesto se seleccionó la propuesta de metodología ágil de desarrollo más conocida y ampliamente utilizada, la “Programación Extrema” (o XP, según su acrónimo en inglés: eXtreme Programming). Las razones por las cuales fue seleccionada esta metodología son que el desarrollo incremental se lleva a cabo a través de entregas de sistemas pequeños y frecuentes, por medio de un enfoque de descripción de los requerimientos basados en la historia de cliente o escenarios que pueden ser la base para el proceso de planificación. Por lo tanto, la participación del cliente, se lleva a cabo a través del compromiso a tiempo completo, del mismo, con el equipo de desarrollo (Sommerville, 2005).

Además, el cambio se lleva a cabo a través de entregas regulares del sistema, un desarrollo previamente probado y la integración continua. El mantenimiento se lleva a cabo a través de la refactorización constante para mejorar la calidad del código y la utilización de diseños sencillos que no prevén cambios futuros en el sistema (Sommerville, 2005).

En la programación extrema, todos los requerimientos se expresan como escenarios (llamados: historias de usuario), los cuales se implementan directamente como una serie de tareas. El programador desarrolla pruebas para cada tarea antes de escribir el código y todas las pruebas deben ejecutarse satisfactoriamente cuando el código nuevo se integre al sistema. Cabe destacar, que existe un pequeño espacio de tiempo entre las entregas del

sistema. En la figura 8, se ilustra el proceso de la XP para producir un incremento del sistema que se está desarrollando (Sommerville, 2005).

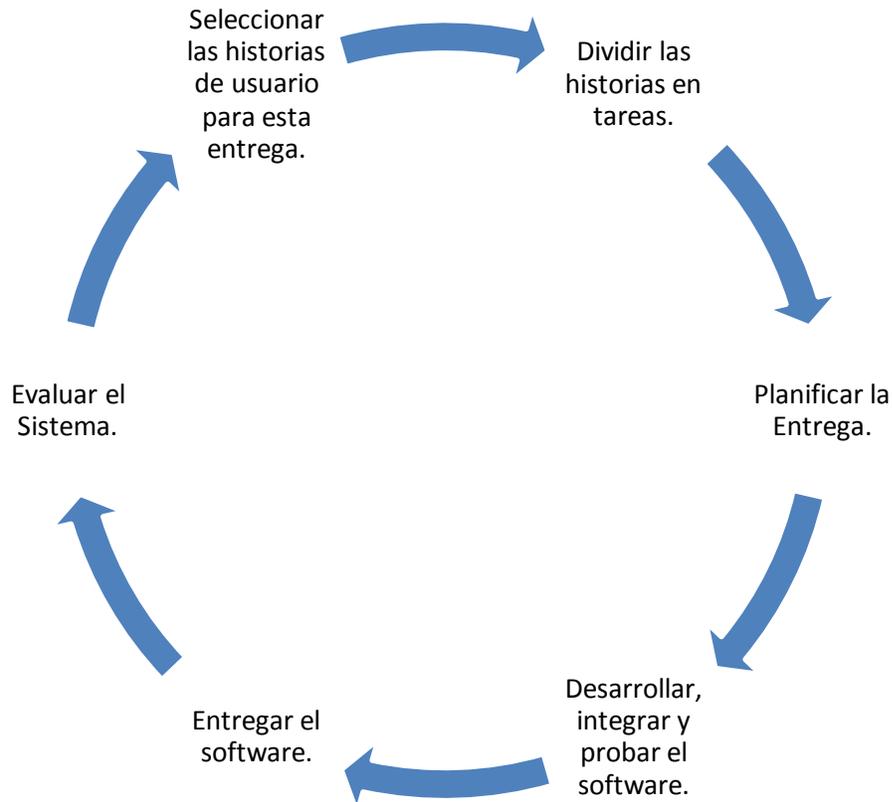


FIGURA 5. EL CICLO DE ENTREGA EN LA PROGRAMACIÓN EXTREMA. (SOMMERVILLE, 2005)

Plan de Acción o Cronograma

En esta sección se expone cómo será asignado el tiempo a todos los pasos requeridos para el desarrollo de este proyecto.

6.1. Cronograma de Actividades

6.1.1. Revisión Bibliográfica:

En esta fase se pretende realizar una investigación y estudio teórico de todas las herramientas necesarias para la elaboración de este TEG. Este estudio incluye temas como: fundamentos de SIG, desarrollo de plug-ins para QGIS, procesamiento de imágenes satelitales, entre otros.

Duración: 6 semanas.

6.1.2. Análisis del Problema:

Estudio, análisis, modelado y delimitación del problema planteado en este proyecto.

Duración: 2 semanas.

6.1.3. Planificación del Desarrollo:

Elaboración de un plan organizado y estructurado para la fase de diseño e implementación del plug-in.

Duración: 1 semana.

6.1.4. Desarrollo del Plug-in:

Desarrollo de un plug-in para QGIS que realice un análisis multi-temporal para la detección de cambios de coberturas de tierra, a partir de imágenes multi-espectrales de satélite.

Duración: 6 semanas.

6.1.5. Evaluación del Plug-in:

Evaluación en términos de eficiencia y funcionalidad del plug-in desarrollado.

Duración: 1 semana.

6.1.6. Optimización del Plug-in:

Implementación de las mejoras que solucionen los problemas que se hayan revelado o que permitan tener un rendimiento óptimo, tomando como base los resultados obtenidos en la fase de evaluación.

Duración: 2 semanas.

6.1.7. Elaboración del Libro de TEG:

Redacción del documento final del TEG, compilando todas las partes del proyecto.

Duración: 8 semanas.

6.2. Diagrama de Gantt

La figura 9 corresponde al diagrama de Gantt que representa el plan de trabajo a ejecutar. Las tareas se presentan en función del tiempo en semanas.

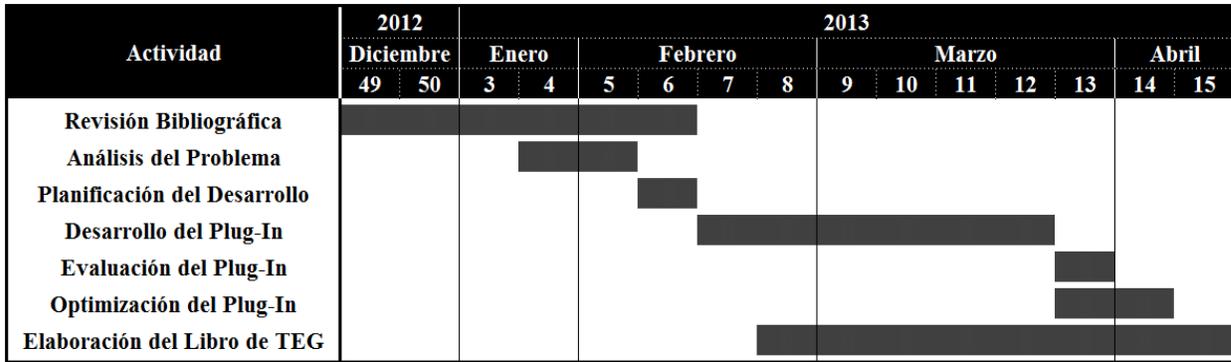


FIGURA 6: DIAGRAMA DE GANTT, EN SEMANAS, A SER APLICADO PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO. (AUTOR)

Bibliografía

- Plugin:* *SEXTANTE.* (2012). QGIS Plugin Repository:
<http://plugins.qgis.org/plugins/sextante/>. Recuperado el 8 de Diciembre de 2012.
- Astrium Services -FR. (s.f.). *SPOT 6 & SPOT 7 - Ficha Técnica.* http://www.astrium-geo.com/files/pmedia/public/r12785_9_spot6-7_ficha_tecnica.pdf. Recuperado el 14 de Enero de 2013.
- Bolstad, P. (2005). *GIS Fundamentals: A first text on Geographic Information Systems.* White Bear Lake, MN: Eider Press.
- Centre National d'Études Spatiales -FR. (2008). *SPOT.* CNES:
<http://www.cnes.fr/web/CNES-en/1415-spot.php>. Recuperado el 10 de Diciembre de 2012.
- Centro Multidisciplinario de Visualización y Cómputo Científico -VE. (2008). *Reglamento del CEMVICC.* CEMVICC: <http://cemvicc.facyt.uc.edu.ve/Reglamento.pdf>. Recuperado el 30 de Noviembre de 2012.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de la teledetección espacial.* Madrid: Rialp.
- DeMers, M. N. (2009). *GIS for DUMMIES.* Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Dept. of Physical Geography, Göttingen -DE. (s.f.). *SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses:* <http://www.saga-gis.org/en/index.html>. Recuperado el 8 de Diciembre de 2012.
- ecoSIG -VE. (2008). *ecoSIG:* <http://www.ecosig.org.ve/>. Recuperado el 27 de Noviembre de 2012.
- Hernández, E., & Pozzobon, E. (2002). Tasas de deforestación en cuatro cuencas montañosas del occidente de Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 46(1): 35-42.

Jokar Arsanjani, J. (2012). *Dynamic land use/cover change modelling (Chapter 2: Literature Review)*. Springer:

http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9783642237041-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1246876-p174193872. Recuperado el 09 de Diciembre de 2012.

Lillesand, T., & Kiefer, R. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Madison: John Wiley & Sons, Inc.

National Aeronautics and Space Administration -US. (s.f.). *An Introductory Landsat Tutorial*. John C. Stennis Space Center - NASA: <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>. Recuperado el 10 de Diciembre de 2012.

National Aeronautics and Space Administration -US. (s.f.). *Landsat Science - Technical Details (ETM+)*. Goddard Space Flight Center - NASA: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/etm+.html>. Recuperado el 2012 de Diciembre de 2012.

Olaya, & Giménez. (2012). *SEXTANTE, a versatile open-source library for spatial data analysis*. SEXTANTE Spatial Data Analysis Library: <http://sextantegis.com/data/SextantePaper.pdf>. Recuperado el 05 de Diciembre de 2012.

Open Source Geospatial Foundation -US. (s.f.). *GRASS - GIS*, de OSGeo: <http://grass.osgeo.org/>. Recuperado el 13 de Enero de 2013.

Open Source Geospatial Foundation -US. (s.f.). *Open Source Geospatial Foundation*. <http://www.osgeo.org/home>. Recuperado el 22 de Noviembre de 2012

Pinilla Ruiz, C. (s.f.). *Tipos de Sensores*. Universidad de Jaén (España): <http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/tel/archivos/8.pdf>. Recuperado el 13 de Enero de 2013.

Popper, K. (1924). *The Logic of Scientific Discovery*. New York: Routledge.

Pozzobon, E., & Hernández., E. (2004). Tasa de deforestación en cuencas hidrográficas del Estado Mérida. *Memorias del IV Congreso Forestal Venezolano*. Barinas, Venezuela.

Quantum GIS Project. (2010). *PR 090 es - QGIS Issue Tracking*. Quantum GIS Desktop: http://hub.qgis.org/wiki/17/PR_090_es. Recuperado el 23 de Noviembre de 2012.

Riaño, O. (2002). Consideraciones y métodos para la detección de cambios empleando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. *Colombia Forestal*, 41-62.

ScanTerra Consultora -AR. (2001). *Conozca mas*. ScanTerra: http://www.scanterra.com.ar/conozca_mas.html. Recuperado el 09 de Diciembre de 2012.

Sommerville, J. (2005). *Ingeniería del Software*. Madrid: Pearson Educación, S.A.

Telespazio Ibérica -ES. (s.f.). *Satélites LANDSAT.*, TELESPAZIO IBERICA: <http://www.aurensis.com/page.php?id=350&lang=ESP>. Recuperado el 09 de Diciembre de 2012.