

# 8 Implementación de un prototipo en el servicio WPS (Web Processing Service)

Parra Robles, Nataly<sup>1</sup>;  
Pacheco Niveló, Jheimy<sup>2</sup>;  
Pacheco Prado, Diego<sup>3</sup>

Ingeniera de Sistemas y Telemática por la Universidad del Azuay. Trabajo actual: Departamento de Seguridad de la Información del Banco del Austro. Publicación en la revista Coloquio de la Universidad sobre la Inteligencia Artificial y la interacción con niños menores de 5 años.

natypa8@hotmail.com

**Nataly  
Parra  
Robles<sup>1</sup>**

Ingeniera de Sistemas por la Universidad del Azuay, Master en Geomática con mención en Ordenamiento Territorial por la Universidad del Azuay. Docente e Investigadora en el IERSE de la Universidad del Azuay.

**Jheimy  
Pacheco  
Niveló<sup>2</sup>**

Ingeniero de Sistemas por la Universidad del Azuay, Master en Geomática con mención en Ordenamiento Territorial por la Universidad del Azuay. Docente e Investigador en el IERSE de la Universidad del Azuay.

**Diego  
Pacheco  
Prado<sup>3</sup>**

**Resumen**

El estándar *Web Processing Service* provee de reglas para servicios de procesamiento de datos geospaciales, desarrollado en esta investigación como un prototipo para visualización y consultas sobre una capa de la infraestructura de datos espaciales de la Universidad del Azuay. Se implementó la aplicación *CropCoverage* y *Affine*, mediante el protocolo HTTP, con el método *POST*. Estas operaciones mostraron facilidad para recortar cobertura libremente

basándose en geometrías; y sencillez para modificaciones lineales y traslaciones en el espacio, respectivamente. La simplicidad y efectividad de la aplicación de las operaciones se vieron disminuidas por lo redundante de ingresar los datos cada vez que se requería ejecutarlos.

**Palabras clave:**

Web Processing Service, CropCoverage, Affine

**Abstract**

The *Web Processing Service* standard, provides rules for geospatial data processing services, developed in this research as a prototype for visualization and queries on a layer of the Spatial Data Infrastructure of the University of Azuay. *CropCoverage* and *Affine*, through the HTTP protocol, were implemented with the *POST* method; These operations showed ease of trimming coverage freely based on geometries; And

simplicity for linear modifications and translations in space, respectively. The simplicity and effectiveness of the application of the operations were reduced by the redundancy of entering the data each time it is required to execute them.

**Keywords:**

Web Processing Service, CropCoverage, Affine.

## Introducción

Este proyecto investiga y analiza el servicio *Web Processing Service (WPS)*, que nace del consorcio *Open Geospatial Consortium (OGC)* con la finalidad de normalizar la proposición de ofrecer, por medio de internet, diferentes servicios de procesamiento geográfico (Oliveros & Bosque, 2012).

Este servicio surgió como un documento de trabajo para proporcionar procesos espaciales mediante una interfaz en internet, fundamentándose en el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) (Foerster & Stoter, 2006).

Si bien es cierto que el estándar *WPS* brinda servicios ilimitados, no es más que un esqueleto al que se debe incorporar los algoritmos requeridos (González, Schäffer, & González, 2010)

Cada servicio que se requiera tendrá que ser puntualizado conjuntamente con los procesos, entradas y salidas. Este estándar permite realizar servicios que tienen capacidad de reutilización de código, que simplifica considerables proporciones de este, posibilitando el fácil entendimiento de los programadores al leer o modificar códigos de otros desarrolladores. (Ruiz Lasanta, 2010)

Mediante este estándar se puede publicar, localizar y hacer uso de procesos geoespaciales. Así también, se permite a procedimientos particulares acerca de datos geoespaciales, publicarse como servicios web. Distribuidos por internet de tal manera que puedan ser utilizados por los clientes. (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012)

*WPS* posee un ilimitado número de procesos espaciales; cada uno con su título y explicación sobre los parámetros, procesos válidos y codificación, disponibles mediante su interfaz. El servicio al cliente se basa en la comunicación mediante *XML (Extensible Markup Language)*. (Foerster & Stoter, 2006)

Se han realizado grandes aplicaciones por la comunidad SIG, especialmente española, que ha ejecutado aplicaciones de *WPS*. Entre ellas están:

- Información meteorológica (García Martí, Benedito Bordonau, Núñez Redó, Díaz, & Huerta, 2011)
- Generación automática de cartografía (Díaz Delgado Ricardo, Pesquer Lluís, Prat Ester, Bustamante Javier, Masó Joan & Pons Xavier, 2010)
- Implantación de nuevas instalaciones eléctricas (Moreno, Gutiérrez, & Bernabé, 2010)
- Procesamiento y accesibilidad de datos LiDAR (Fernández Rivas & Siabato, 2010)
- Modelos ambientales. Predicción de incendios (Robla González, Vallejo Bombín, De La Cita Benito, & Lerner Cuzzi, 2009)
- Servicio de impresión de información geográfica (Fariña Iglesias, Luaces, & Trillo, 2008)
- Resolución de topónimos (Cerdeira Pena, Luaces, Pedreira, & Seco, 2008)

Todas estas aplicaciones se realizaron con el estándar *WPS* por su funcionalidad, interoperabilidad, ubicuidad, procesamiento masivo sobre el servidor, porque es abierto, por su reutilización de modelos científicos, porque facilita el desarrollo

de nuevos procesos que están sometidos a cambios continuos y por la fiabilidad de los datos en el análisis de las sequías en la cuenca del río Paute.

La comunidad SIG manifiesta varios argumentos por los que se debe usar el *Web Processing Service*, y es que este servicio posibilita el uso de geoprosesos a través de numerosas y variadas plataformas *hardware* y *software*. Además, si existe acceso a internet, se puede usar este servicio indistintamente de donde se encuentre ubicado de manera física el cliente.

Además se elude los precios altos al no adquirir licencias, y se tiene acceso a modelos científicos dispuestos de manera simple para la comunidad. Simplifica la realización de nuevos procesos sujetos a constantes cambios e incrementa la fiabilidad en las respuestas.

Es por esto que se ha observado un acrecentamiento en la utilización e implementación de servicios *WPS*, y esta tendencia continuará en aumento en el ámbito SIG, debido a las virtudes de las arquitecturas orientadas a servicios. (Bosque Sendra, 2004)

### Metodología

El estándar *WPS* normaliza la manera de distribución de los cálculos SIG, y ofrece una serie de operaciones para trabajar sobre datos espaciales (Ruiz Lasanta, 2010), entre estas operaciones están:

**GetCapabilities**, que presenta una nómina de los procesos utilizables e implementables, con una reseña sobre su funcionalidad. Tiene procesos que pueden clasificarse en:

- Geometrías: capaces de retornar puntos que connotan extensión, concordancia de coordenadas, cálculos, área, volúmenes. Entre estos: *Contains, IsEmpty, Length, Disjoint, Intersects, IsClosed, IsValid, Union, Dimension, getX, getY, etc.*
- Vectores: proporcionan mapeos rectos de las funciones básicas de geometría vectorial, además permite re-proyectar cualquier fuente de vectores, encajar cuadrículas, sobreponer diversas características, conservar atributos, fusionar diferentes colecciones de vectores, etc. Algunos de los procesos son: *BarnesSurface, BufferFeatureCollection, CollectGeometries, FeatureClassStats, Heatmap, InclusionFeatureCollection, IntersectionFeatureCollection, LRSGeocode, LRSMeausure, LRSSegment, Nearest, PonitBuffers*, entre otros.
- Rasters: permiten trabajar con mapas de bits y realizan operaciones con sus matrices y presentan como resultado datos tratados. Algunos ejemplos son: *BandMerge, BandSelect, Contour, CoverageClassStats, CropCoverage, RasterAsPointCollection, RasterZonalEstatics, ScaleCoverage, StyleCoverage, AreaGrid, Affine, AddCoverages* (GeoSolutions, 2011).

**Tabla 1.** Operaciones analizadas para DescribeProcess  
 Funcionalidad de operaciones para extracción de sección de raster

Operación	Visualización	Colinealidad	Ingreso coordenadas	Extracción de una sección	Entrada raster	Salida raster
PolygonExtraction	√	x	√	√	√	x
Transform	√	x	√	x	x	x
RectangularClip	√	√	x	√	x	x
CropCoverage	√	√	√	√	√	√
Intersection FeaturedCollection	√	x	x	√	x	x
SplitPolygon	√	√	x	x	x	x
Reproject	√	x	√	x	x	x
InteriorPoint	√	x	x	x	x	x
Clip	√	x	x	x	√	√
CollectGeometries	√	x	x	√	x	x
PointBuffers	√	x	√	√	x	x
Snap	√	√	x	√	x	x

**DescribeProcess:** Esta operación es la encargada de brindar una descripción más amplia que la reseña que proporciona *GetCapabilities*, puesto que facilita la nómina de entradas y salidas que tiene cada proceso, su descripción y su formato. Los procesos que corresponden a la clasificación de geometrías, tienen formatos de salida *GML2*, *GML3*, *WKT*, *XML*, los procesos de vectores pueden ser: *WFS Collection*, *GeoJSON*, *Zippered ShapeFile*, *XML*, y las salidas de los procesos raster pueden ser: *ArcGrid*, *GeoTiff*, *PNG*, *JPG*, *XML*.

**Execute:** En esta última operación se lleva a cabo prácticamente todo, puesto que es la que ejecuta el proceso. Para ello es necesario proveer un documento XML,

con los parámetros requeridos de acuerdo a la necesidad que se deberá satisfacer (GeoSolutions, 2011).

### Implementación

Sobre *GeoServer*, servidor web open source, se realizaron las pruebas piloto y se implementó la IDE.

De acuerdo con la necesidad expuesta de extraer una sección específica y modificar linealmente una capa raster se empleó el programa *DescribeProcess*, que cumple con la funcionalidad de visualizar y mantener la colinealidad de la capa raster sobre la cual se trabaja. Entre las operaciones analizadas estuvieron: *PolygonExtraction*, *Transform*, *RectangularClip*, *CropCoverage*, *In-*

*tersectionFeaturedCollection, SplitPolygon, Re-project, InteriorPoint, Clip, CollectGeometries, PointBuffers, Snap, Transform, AddCoverages, Reproject, SymDifference, Affine, BarnesSurface, GetFullCoverage, BandMerge.*

**Tabla 2.** Operaciones analizadas para DescribeProcess  
Funcionalidad de operaciones para modificación lineal de capa raster

Operación	Visualización	Colinealidad	Modificación lineal	Traslación de raster	Ingreso de coordenadas	Entrada raster	Salida raster
Transform	√	x	√	x	x	x	x
AddCoverages	√	x	√	x	x	√	√
Reproject	√	√	√	x	√	x	x
SymDifference	√	√	√	√	x	x	x
Affine	√	√	√	√	√	√	√
BarnesSurface	√	x	x	√	√	x	√
GetFullCoverage	√	√	√	x	x	√	√
BandMerge	√	x	x	√	x	√	√

En la tabla 1 se muestra la evaluación de las operaciones que cumplen con la funcionalidad de extraer una sección del raster lo que permite: visualizar la capa, mantener la colinealidad, ingresar al menos dos puntos para el corte y, entrada y salida de un raster.

En la tabla 2 se muestra la evaluación para las operaciones, que permiten modificar una capa raster manteniendo la colinealidad a más de visualizar la capa, modificarla linealmente, trasladar el raster, ingresar coordenadas para la operación y permitir como entrada y salida un raster. Luego del proceso de cargar la capa de in-

terés en el servidor, para el caso un raster que muestra los niveles de sequía media estimados mediante el índice de precipitación estandarizado (SPI), haberle dado estilo mediante el estándar *SLD* o *XML*; en la sección "Estilos" del software, aplicamos las pruebas de implementación y observamos que *CropCoverage* y *Affine* cumplen con las peticiones requeridas.

## Resultados

Se analizó el rol que ejerce el *WPS* en la arquitectura orientada a servicios en los sistemas de información geográfica y a partir de los resultados de las pruebas realizadas, se seleccionaron dos operaciones

*CropCoverage* y *Affine*, mediante pruebas funcionales de interfaz de usuario (a nivel de navegación y de configuración), que llevó a determinar la facilidad de uso, ejecución, problemas, interferencias, y demás observaciones que certificaron la satisfacción de los objetivos planteados. Se implementaron y probaron las operaciones elegidas en la infraestructura de datos espaciales de la Universidad del Azuay, sobre una capa de sequía de la cuenca del río Paute.

El programa *CropCoverage* resultó ser de fácil manipulación, puesto que el usuario puede ingresar la geometría sin restricciones de forma o distancia y obtener el recorte de cobertura deseado, permitiendo un manejo personalizado, que se adapta a los requerimientos establecidos. Esta operación se implementó dentro de la opción generador de consultas WPS teniendo necesariamente que pasar por los procesos de

selección de datum e ingreso manual de las coordenadas deseadas. Pevio al ingreso de las coordenadas éstas deben conocerse de antemano a través de cualquier software de escritorio. Para probar la operación se extrajo una porción de la capa mediante una geometría en la que se ingresaron las coordenadas de los vértices del polígono a recortar. Estos fueron: punto superior izquierdo, punto superior derecho, punto del centro, punto inferior izquierdo y punto inferior derecho. El programa *CropCoverage* recortó la cobertura existente dentro de dichos puntos y retornó una nueva capa con el resultado. Se aplicó una geometría (marcada en amarillo) que retornó como resultado la capa mostrada en el literal c). La operación tomó como vértices cada una de las coordenadas introducidas en la geometría y devolvió una porción del raster inicial. En el literal b), se puede observar la forma del corte que se realiza en la capa original.

**Generador de consultas WPS**

Generador de consultas WPS paso a paso.

**Elija proceso**

gs:CropCoverage

Returns the portion of a raster bounded by a given geometry. (Proces de descripción WPS)

---

**Entradas para el proceso**

coverage\* - GridCoverage2D

**Input raster**

RASTER\_LAYER | nunc:Elevaciones1aeiou

cropShape\* - Geometry

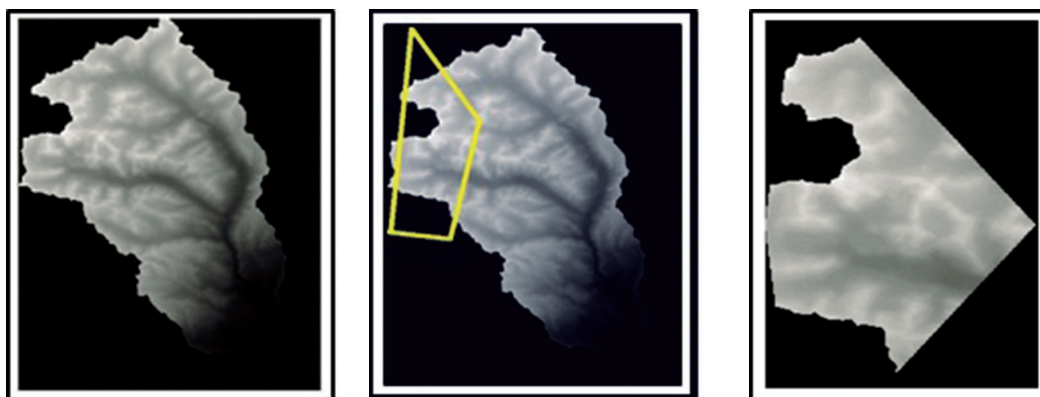
**Geometry used to crop the raster**

TEXT | text/xml; subtype=gml/3.1.1

```
POLYGON(((707292 9700919,
708292 9710919,
715292 9700919,
708292 9690919,
707292 9700919)))
```

**Figura 1.** Entrada de datos para ejecución del proceso CropCoverage

En la figura 2 literal a) se muestra la capa original en la que se empleó la operación *CropCoverage*, ésta se encuentra georeferenciada con el sistema de coordenadas EPSG: 24877 UTM PSAD56.



a) Raster original

b) Corte realizado

c) Raster final

**Figura 2.** Resultado de aplicar el proceso *CropCoverage*



a) Raster original

b) Translate X

c) Translate Y

**Figura 3.** Resultado de aplicar el proceso *Affine*



El proceso *Affine* permitió realizar transformaciones afines, que tratan de modificaciones lineales seguidas de traslaciones. Para aplicar esta operación igualmente se configuró el datum sobre la capa elegida ya que el software no lo detecta automáticamente. Debido a que se trata de una modificación lineal, se solicitaron los parámetros *ScaleX* y *ScaleY* que se refieren a la escala en el eje vertical y en el horizontal. Este, modificó la abscisa y ordenada, respectivamente, de cada punto elemento por un factor constante, y como realiza traslaciones, se debió ingresar los parámetros *TranslateX* y *TranslateY*, que fijaron el desplazamiento tanto para el eje vertical como para el horizontal, es decir, mueve un elemento horizontal o verticalmente sobre el plano, como se observa en la figura 3.

### Conclusiones

El presente estudio sirvió para la implementación de un prototipo que brinda soporte en la ejecución de operaciones online sobre capas geográficas. Se analizó el rol que ejerce el WPS en la arquitectura orientada a servicios en los sistemas de información geográfica, y a partir de los resultados de las pruebas realizadas, se seleccionaron dos operaciones mediante pruebas funcionales.

El programa *CropCoverage* resultó ser de fácil manipulación, puesto que el usuario puede ingresar la geometría sin restricciones de forma o distancia y obtener el recorte de cobertura deseado, permitiendo un manejo personalizado, que se adapta a los requerimientos establecidos.

El programa *Affine*, contiene algunos campos que procuran mayor exactitud al momento de realizar modificaciones, y requiere que los datos introducidos tengan

concordancia en el plano espacial, pues debe existir colinealidad en variaciones y traslaciones.

Los programas *CropCoverage* y *Affine* permitieron una visualización interactiva y una manipulación intuitiva para personas que conozcan la materia, sin embargo, resultó tedioso y repetitivo el ingreso de datos cada vez que se quería ejecutar una operación.

### Bibliografía

- Alonso, D. (14 de Abril de 2016). Mapping GIS. Obtenido de Qué son los códigos EPSG / SRID y su vinculación con PostGIS: [http://mappinggis.com/2016/04/los-codigos-epsg-srid-vinculacion-postgis/#Que\\_es\\_el\\_EPSG](http://mappinggis.com/2016/04/los-codigos-epsg-srid-vinculacion-postgis/#Que_es_el_EPSG)
- Alonso, F. (2006). Universidad de Murcia. Obtenido de [http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_4.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_4.pdf)
- Álvarez Gómez, J. (2014). Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de [http://geologicas.ucm.es/data/cont/docs/19-2014-01-10-detalles\\_curso\\_GTM\\_UCM\\_2014.pdf](http://geologicas.ucm.es/data/cont/docs/19-2014-01-10-detalles_curso_GTM_UCM_2014.pdf)
- Bernabé Poveda, M. A., & López Vázquez, C. M. (2012). Instituto Geográfico Nacional. Obtenido de [http://redgeomatica.rediris.es/Libro\\_Fundamento\\_IDE\\_con\\_pastas.pdf](http://redgeomatica.rediris.es/Libro_Fundamento_IDE_con_pastas.pdf)
- Bosque Sendra, J. (2004). Universidad de Alcalá. Obtenido de <http://geogra.uha.es/joaquin/cglobal/Introduccion-IDRISI>

- Cerdeira Pena, A., Luaces, M., Pedreira, O., & Seco, D. (2008). Infraestructura de Datos Espaciales de España. Obtenido de [http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS\\_JIDEE2008/articulo46.pdf](http://www.idee.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS_JIDEE2008/articulo46.pdf)
- Consejo Superior Geográfico. (23 de Febrero de 2012). Infraestructura de Datos Espaciales Española. Obtenido de Web Processing Service (WPS) Versión 1.0.0: [http://www.idee.es/resources/documentos/RD\\_wps\\_v1\\_0.pdf](http://www.idee.es/resources/documentos/RD_wps_v1_0.pdf)
- Díaz Delgado, R., Pesquer, L., Prat, E., Bustamante, J., Masó, J., & Pons, X. (2010). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46896/1/libro2010.doc>
- Esri. (12 de Septiembre de 2013). ArcGIS Resource. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/015400000327000000>
- Fariña Iglesias, V., Luaces, M., & Trillo, D. (2008). Infraestructura de Datos Espaciales de España. Obtenido de [http://idee.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS\\_JIDEE2008/articulo57.pdf](http://idee.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS_JIDEE2008/articulo57.pdf)
- Fernández Rivas, J., & Siabato, W. (2010). Biblioteca Universitaria Politécnica. Obtenido de [http://oa.upm.es/7767/1/INVE\\_MEM\\_2010\\_78950.pdf](http://oa.upm.es/7767/1/INVE_MEM_2010_78950.pdf)
- Foerster, T., & Stoter, J. (25 de Junio de 2006). Researchgate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Theodor\\_Foerster/publication/228690818\\_Establishing\\_an\\_OGC\\_Web\\_Processing\\_Service\\_for\\_generalization\\_processes/links/09e41505b43b39b808000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Theodor_Foerster/publication/228690818_Establishing_an_OGC_Web_Processing_Service_for_generalization_processes/links/09e41505b43b39b808000000.pdf)
- García Martí, I., Benedito Bordonau, M., Núñez Redó, P., Díaz, L., & Huerta, J. (2011). Infraestructura de Datos Espaciales de España. Obtenido de <http://idee.es/resources/presentaciones/JIIDE11/Articulo-73.pdf>
- García Medina, I. (Marzo de 2015). PROCEDIMIENTOS SIMPLES PARA ESTIMACIÓN DE DATOS FALTANTES EN SERIES CLIMATOLÓGICAS; ESTUDIO DE CASO: ZONA CENTRO DE VERACRUZ. Obtenido de Universidad Veracruzana: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/39365/1/garciamedinaivan.pdf>
- GeoSolutions. (16 de Septiembre de 2011). GeoServer. Obtenido de The Status of GeoServer WPS: <http://www.geoserver.geo-solutions.it/edu/en/wps/geosolutions/the-status-of-the-geoserver-wps>
- GeoSolutions. (s.f.). GeoServer Enterprise. Obtenido de GeoServer Training: <http://geoserver.geo-solutions.it/edu/en/wps/wps.html>
- González, V., Schäffer, B., & González, F. (2010). Servei de Sistemes D'Informació geogràfica i teledetecció-Universitat de Girona. Obtenido de <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/3503/a23.pdf?sequence=1>
- Little Data Project. (13 de enero de 2013). Little Data Project. Obtenido de key-value pairs: <http://littledataproject.org/littledata/keyvalue-pairs>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f.). Cartografía y SIG. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: <http://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/presentacion/que-es-ide.aspx>
- Moreno, F., Gutiérrez, F., & Bernabé, M. (2010). Biblioteca Universitaria Politécnica. Obtenido de [http://oa.upm.es/6819/1/INVE\\_MEM\\_2010\\_74946.pdf](http://oa.upm.es/6819/1/INVE_MEM_2010_74946.pdf)
- Mueller, M., & Pross, B. (5 de Marzo de 2015). Open Geospatial Consortium. Obtenido de OGC WPS 2.0 Interface Standard: <http://docs.opengeospatial.org/is/14-065/14-065.html>

- Oliveros, D., & Bosque, J. (19 de Septiembre de 2012). AGE grupo de Tecnologías de la Información Geográfica. Obtenido de [http://age-tig.es/2012\\_Madrid/ponencia4/Bosque,J\\_final.pdf](http://age-tig.es/2012_Madrid/ponencia4/Bosque,J_final.pdf)
- OSGeoLive. (s.f.). OSGeoLive. Obtenido de Style Layer Descriptor (SLD): [https://live.osgeo.org/es/standards/sld\\_overview.html](https://live.osgeo.org/es/standards/sld_overview.html)
- QGIS. (s.f.). QGIS. Obtenido de The Leading Open Source Desktop GIS: <http://qgis.org/en/site/about/index.html>
- Robla González, E., Vallejo Bombín, R., De La Cita Benito, F., & Lerner Cuzzi, M. (2009). Sociedad Española de Ciencias Forestales. Obtenido de <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewFile/8184/8107>
- Ruiz Lasanta, M. d. (2010). Universitat Oberta de Catalunya. Obtenido de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/1005/1/00898tfc.pdf>
- S/N. (2015). Geoportal CentroSur. Obtenido de <http://geoportal.centrosur.com.ec/viewerEERCS/Help/SilverlightOverview.html>
- s/n. (s.f.). Geoportal CentroSur. Obtenido de <http://geoportal.centrosur.com.ec/viewerEERCS/Help/SilverlightOverview.html>
- Wang, X. L., & Feng, Y. (20 de julio de 2013). ETCCDI/CRD Climate Change Indices. Obtenido de [http://etccdi.pacificclimate.org/RHtest/RHtestsV4\\_UserManual\\_10Dec2014.pdf](http://etccdi.pacificclimate.org/RHtest/RHtestsV4_UserManual_10Dec2014.pdf)
- Yang, C., Raskin, R., Goodchild, M., & Gahegan, M. (2010). George Mason University. Obtenido de <http://cisc.gmu.edu/scc/readings/GCIPasttofuture.pdf>
- Zhang, X. (s.f.). ETCCDI/CRD Climate Change Indices. Obtenido de <http://etccdi.pacificclimate.org/index.shtml>