

Caso práctico

Realización de mapas de cobertura de la tierra a partir de imágenes polarimétricas

D. Hernández¹, D. Pinilla²

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Código postal 111131. Bogotá, Colombia

² Falta

Resumen

Este documento tiene una breve descripción de un proyecto de grado denominado «REALIZACION DE MAPAS DE COBERTURA DE LA TIERRA USANDO IMÁGENES POLARIMÉTRICAS» (Caso de estudio: Tabío, Chía, Cota y Tenjo). Se propuso este proyecto, ya que en Colombia no existe una técnica alternativa aplicada en polarimetría para hacer mapas temáticos, este proyecto se enfocó en identificar la cobertura de la tierra como un elemento importante en la gestión de territorios, usando software libre como «PolsarPro 4.2» e imágenes Radarsat 2 que poseen las 4 polarizaciones.

Las imágenes polarimétricas son básicamente un tipo de imagen de radar que manejan diferentes polarizaciones, dependiendo de cómo fue capturada la imagen al momento de la toma, se pueden tener 4 polarizaciones si hablamos de un sensor como RADARSAT 2, lo que permite combinarlas entre sí. Actualmente estas imágenes son la base para la introducción y el desarrollo de nuevos proyectos de investigación.

Para este proyecto se ha propuesto una metodología compuesta de una serie de análisis cualitativos y cuantitativos de los procesamientos obtenidos en Polsarpro 4.2 como firmas, descomposiciones y segmentaciones polarimétricas. Con el fin de evaluar si el resultado final es un mapa temático válido que pueda ser usado como insumo básico o complementario a las imágenes satelitales ópticas.

Palabras clave: Sensoramiento remoto, Radar, Polarimetría.

Abstract

Making landcovermaps using radar polarimetry

This paper has a brief description about a final paper called “MAKING LANDCOVER MAPS USING RADAR POLARIMETRY” (study case: Tabío, Chía, Cota and Tenjo), this project was proposed, since in Colombia no exist an alternative technique applied in polarimetry to do thematic maps, constituting a new research topic in remote sensing radar. This project was focused to identify the land cover as an important element in the territories management, using free software like “PolsarPro 4.2” and Radarsat 2 polarimetric images which have four polarizations.

The polarimetric images are basically a type of radar image that managing different polarizations, depending on how the image was captured, you can have four polarizations if we speak of a sensor as RADARSAT 2. Currently these images are the basis for the introduction and development of new research projects.

It has proposed a methodology composed of a series of qualitative and quantitative analysis of processings obtained in Polsarpro4.2 as signatures, decompositions and polarimetric segmentations. In order to assess whether the end result is a valid topic map that can be used as a basic or complementary to optical satellite images.

Key words: Remote Sensing, Radar, Polarimetry.

* Autores para la correspondencia: derlyhernandez01@gmail.com, dkpinillav@gmail.com
Recibido: 14-05-13; Aceptado: 04-06-13.

Introducción

Se busca la generación de un mapa de uso y cobertura del suelo a partir de 4 imágenes polarimétricas Radarsat 2 que son un tipo de imagen radar que pueden presentar hasta cuatro polarizaciones (lo cual posibilita la combinación de polarizaciones múltiples), actualmente objeto de estudio en la incursión y desarrollo de nuevos proyectos de investigación relacionados con la caracterización de coberturas; por implementación de una metodología propia de trabajo compuesta por una serie de análisis cualitativos, cuantitativos y análisis de procesamientos obtenidos en PolSarpro como firmas, descomposiciones y segmentaciones polarimétricas. Con el fin de evaluar el resultado final que es un mapa temático así como la utilidad en el uso de insumos alternativos como es en este caso, las imágenes polarimétricas radar.

Metodología

A continuación se describe la metodología propuesta para la generación de un mapa de coberturas del suelo de la sabana centro de Bogotá, Colombia; esta metodología está compuesta por una serie de análisis visuales y numéricos los cuales nos permitieron determinar la efectividad de las imágenes radar en este tipo de aplicaciones.

Se realiza una salida de campo sobre la zona en donde se hace una recolección de puntos de control y el reconocimiento en el área de estudio, esta actividad se llevó a cabo el día 13 de diciembre de 2011. Las capturas fotográficas realizadas en cada punto se realizaron para llevar un seguimiento y corroborar así los resultados generados en el proyecto, de igual manera se realizó una comparación con fotografías aéreas cuya toma es relativamente cercana a la de la imagen radar (2007), con el fin de asegurar si la zona aún conserva la misma cobertura del 2008.

Análisis cualitativo

Compuesto por una serie de análisis visuales este busca identificar coberturas, seleccionar

Composiciones y corregir deficiencias en ruido, a continuación se describe el proceso realizado.

Calibración

La calibración polarimétrica, busca corregir las distorsiones que se pueden dar en la matriz de dispersión, y así poder optimizar los resultados que se puedan generar en el procesamiento de los datos.

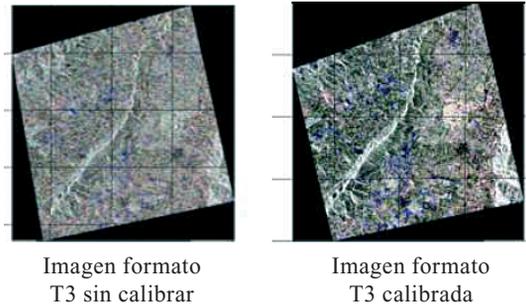


Figura 1. Tabla comparativa entre imágenes calibradas y sin calibrar.

A simple vista se observa diferencias en brillo y contraste, lo cual permite diferenciar de una manera más sencilla las coberturas encontradas. De igual manera permite visualizar características geomorfológicas como drenajes.

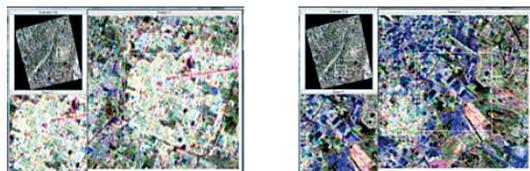
Realce radiométrico

La aplicación de un filtro es esencial ya que al mejorar las características radiométricas de la imagen se puede mejorar significativamente el proceso de clasificación. Para este paso se optó por el uso de los filtros Lee y Lee Sigma sobre las bandas de la matriz coherencia generadas en la extracción de datos, seleccionados inicialmente en base a la teoría de filtros del documento «Material educativo para teledetección mediante radares» que indica textualmente «Para reducir el moteado, se prefieren usar los filtros adaptables (ej. filtro gamma map o lee en lugar de los filtros no adaptables (ej. filtros FFT))».

Filtro lee

A continuación se muestra el resultado obtenido por la aplicación de los filtros lee y lee

sigma, un breve análisis de textura y comentarios de las composiciones pauli generadas a partir de las bandas filtradas como un criterio de selección adicional de los filtros en discusión.



Casco urbano

Cultivos temporales

Tabla 1. Bandas polarimétricas y operaciones entre ellas generadoras de composiciones a color Pauli y Sinclair.

En Pauli RGB Se notan claramente los cuerpos de agua en tonalidades oscuras, así como las vías principales; los cascos urbanos se muestran como formas geométricas irregulares con tonos brillantes debido a la presencia de dispersión difusa causada por el efecto esquina, (reflectores angulares como el diedro o el tiedro) y las zonas de cultivo se muestra en un degrade de colores azul, verde y rosado.

Parámetros de Stokes

A continuación se muestra los resultados obtenidos para los componentes Stokes (a partir de la conversión de los datos a formato [S2]) con un tamaño de ventana 1. Pero antes, es importante aclarar que a razón de la configuración de Polsarpro para los datos de entrada ([S], [C]), los parámetros Stokes son calculados por defecto sobre toda la imagen y no sobre la imagen recortada y georeferenciada.

De acuerdo al sistema de clasificación CIAF, las coberturas identificadas alcanzan el segundo nivel de reconocimiento: cuerpos de agua (superficies libres como el río Bogotá y la re-

presa Martín y Espino), bosques y/o montes (natural), vegetación herbácea descubierta (pastizales) y cultivos (especialmente cultivos confinados y algunos cultivos temporales), y una cobertura específica alcanza un tercer nivel (construcciones urbano-residencial).

Análisis cuantitativo

En este proceso se analizan y evalúan los resultados gráficos y numéricos resultantes de la metodología propuesta; dentro de estos análisis se encuentran:

Firmas polarimétricas

Como representación gráfica a las respuestas de una onda emitida y reflejada; las firmas polarimétricas dan un patrón aproximado de las posibles características que pueda poseer un objetivo dado, es por eso que a continuación se muestran los análisis obtenidos de cada uno de los puntos de control capturados.

— Pastos: los patrones analizados permiten concluir que se trata de una cobertura de rugosidad baja con dispersión de superficie e índice de vegetación bajo.

— Cultivos confinados: muestra también un comportamiento de una esfera de doble rebote, con valores de intensidad más altos en VV.

— Suelo desnudo: esta cobertura presenta un comportamiento similar en todos los puntos de control analizados por lo que las únicas variaciones encontradas pueden ser debido a los niveles de humedad presente en cada cobertura para aquella época.

— Bosque: las firmas polarimétricas de esta cobertura coincidían por lo que el afirmar que esta cobertura es efectivamente un bosque no tiene discusión.

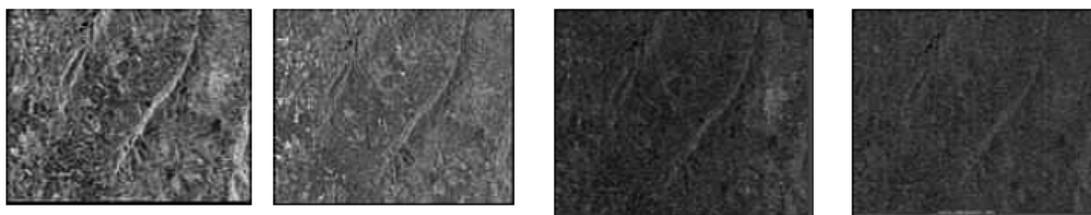


Figura 2. Componente g0, g1, g2 y g3.

— Cultivos temporales: Los cultivos temporales identificados como cereales y papa presentaron variaciones de las firmas polarimétricas probablemente por tamaño y altura de la cobertura, es posible que las diferencias encontradas en las firmas sean un diferenciador que permitan separar estos cultivos.

— Construcciones: las construcciones presentaron un comportamiento homogéneo sin embargo las variaciones encontradas pueden ser debido a densidad, desarrollo y tamaño de la construcción.

— Cuerpos de agua: las diferencias encontradas en estas coberturas pueden ser debido a la presencia de residuos sobre los cuerpos de agua como es el caso de buchón de agua.

Áreas de validación

Después de haber analizado y comparado los resultados obtenidos en las firmas polarimétricas con los puntos de control, se seleccionaron los siguientes puntos que serán usados como puntos de validación para la selección de áreas de entrenamiento.

Con el fin de optimizar resultados en la selección de áreas de entrenamiento que serán usadas en la clasificación, se realizó una evaluación estadística entre las dos composiciones con el fin de seleccionar aquella con más aproximaciones al 100%.

Por un amplio intervalo de diferencia se aprecia que hay una mejor distinción de coberturas en la clasificación 301, sin embargo hay falencias al momento de diferenciar coberturas con suelo desnudo con cultivos temporales.

Segmentación polarimétrica

La segmentación polarimétrica es una herramienta de apoyo para la identificación de mecanismos de dispersión. La clasificación H/A/Alpha es resultado de un algoritmo propuesto por Cloude y Pottier para identificar de una forma no supervisada los mecanismos de dispersión polarimétricos, la cual obtiene una representación de los valores de entropía y ángulo alpha por medio del análisis de planos segmentados y de ocurrencia, además de propor-

cionar .bmp de la zona de estudio con codificaciones de color para la visualización de los valores de entropía, anisotropía y alpha. Adicionalmente permite obtener .bmp de productos matriciales de entropía (H) y anisotropía (A), cuya interpretación proporciona información complementaria sobre los tres tipos básicos de dispersión. A continuación se muestra los resultados obtenidos en el procesamiento de segmentación polarimétrica por clasificación H/A/Alpha:

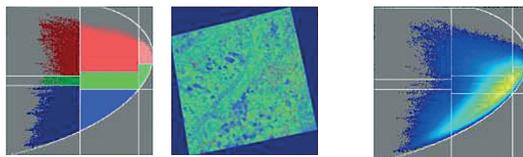


Figura 3. Segmentación polarimétrica H-alpha.

El plano de ocurrencia muestra altos niveles de entropía (alrededor de 0.9) para la clasificación H-alpha, lo que indica una reducción evidente en el número de clases identificables en la imagen (diferentes grupos de píxeles con posibles comportamientos diferentes son agrupados en una misma clase). Por otro lado un alto nivel de entropía puede corresponder también a la presencia de dos tipos de límites de procesos de dispersión ya que de acuerdo al plano de ocurrencia se observa una fuerte densidad en dispersión de volumen y superficie con aleatoriedad moderada y alta. Por otro lado el plano de segmentación hace una relación entre el tipo de objetivo y la dispersión que genera, es decir, para la clasificación H-alpha, coberturas tales como suelo desnudo o campos agrícolas (sembradíos) se caracterizan por una dispersión de superficie (color azul), otras zonas de cultivo y zonas verdes (alta densidad de vegetación) se caracterizan por dispersión de volumen (color verde) y las construcciones se caracterizan por dispersión de doble rebote (color rojo).

Descomposición polarimétrica

Freeman-Durden y Cloude: En esta descomposición los píxeles se dividen en tres categorías de dispersión: dispersión de doble rebote (PDB), volumen (PV) y superficie (PS), pero

se pueden presentar otras categorías adicionales para píxeles no claramente dominados por algunos de los tres mecanismos ya nombrados. Las anteriores categorías son fijas a lo largo del proceso de clasificación para preservar la homogeneidad de las características de dispersión y presenta una importante restricción que consiste en que solo los píxeles con la misma etiqueta o categoría de dispersión pueden ser agrupados juntos como una clase, lo cual garantiza la preservación de las propiedades de dispersión ya que sin la anterior restricción píxeles con diferentes características podrían ser clasificados en una misma clase.

Descomposición Van zyl

Vanzyll se basa en la matriz coherencia [T] y al igual que la descomposición Freeman, arroja resultados .bmp de dispersión de superficie, volumen y doble rebote (Fs, Fv, Fd o Odd, Dbl, Vol). Básicamente este método de descomposición se basa en el análisis de eigenvalores y eigenvectores, pero también se basa en otros parámetros secundarios (H/A/·). Por medio de los valores de σ , el programa genera tres imágenes correspondientes a los tres tipos de dispersión.

A continuación se muestra los resultados obtenidos.

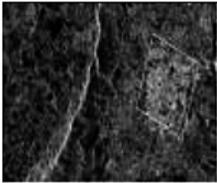
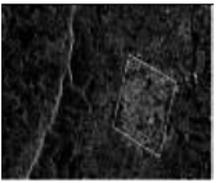
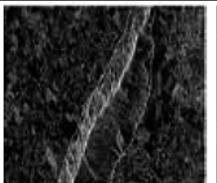
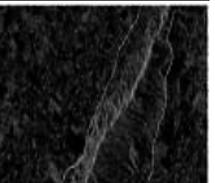
Se puede observar que los tres resultados de dispersión son óptimos para una buena clasificación, pero sobresale la imagen de disper-

sión por volumen, ya que visualiza algunas formas con más detalle (especialmente bosque), detalle que se pierde en SUP por brillo y en DBL o de doble rebote por presencia de textura granular.

Resultados

Este paso tiene como fin determinar la precisión temática de la clasificación supervisada Wishart y dos clasificaciones SVM (ejecutadas en base a las áreas de entrenamiento seleccionadas por puntos de validación) a partir del análisis de matrices de confusión o error que hacen una comparación entre los píxeles de la imagen que fueron correctamente clasificados y los mismos píxeles en la imagen real o de referencia. La matriz de confusión hace un paralelo entre los datos de referencia (filas) con los datos clasificados (columnas) cuya diagonal principal indica el grado de acuerdo entre ambos grupos de datos y los datos marginales suponen errores de asignación. Proporciona además la precisión global de la clasificación o confiabilidad del mapa (división del número total de píxeles correctamente clasificados por el número total de píxeles de la matriz de confusión) y la precisión de cada clase.

De acuerdo a la matriz confusión, la clasificación SVM2 que fue generada a partir de las áreas de entrenamiento y otras zonas obtenidas de la composición stokes 301 que muestra

	Freeman-Durden	Van zyl	Freeman-Durden	Van zyl
	Construcciones		Zonas de cultivo	
VOL				
	Cultivos confinados		Bosque	
VOL				

ron comportamientos similares en tono y textura a los puntos de validación) presentó valores marginales por errores de asignación no superiores al 25% en la mayoría de las clases, señalando a crítica propia un buen nivel de concordancia entre los píxeles clasificados y los mismos píxeles en la imagen de referencia. Los valores de asignación en la diagonal principal están en un rango de 74 a 86 píxeles por clase, donde C5 (cuerpos de agua) y C7 (otros cultivos temporales) corresponden a las clases de mayor y menor valor de asignación respectivamente.

Selección de la mejor clasificación supervisada

Tabla 2. Selección de clasificación

Clasificación	Error de omisión promedio (%)	Error de comisión promedio (%)	Precisión global (%)
SVM2	20.1	20.0	80

De acuerdo a la tabla de selección, la mejor clasificación supervisada y por lo tanto la clasificación que se usará finalmente para comparar y evaluar los resultados obtenidos por implementación de imágenes polarimétricas radar es SVM2.

Conclusiones

Las imágenes polarimétricas radar con los procesamientos adecuados pueden proporcionar información valiosa para el usuario y ser efectivas como insumos de clasificación, pero su elección sigue en conflicto respecto a las imágenes ópticas, puesto que no proporcionan un nivel de detalle alto atribuido a características inherentes de las imágenes radar tales como brillo, presencia de zonas oscuras y presencia de blancos diferentes con comportamientos similares en tono y textura.

La fecha de adquisición de las imágenes radar es vital para un óptimo resultado en el proceso de clasificación, pero en caso de no disponer de imágenes recientes, puede ser

compensado por la implementación de firmas polarimétricas a partir del análisis en: intensidad en los canales HV, VH, HH y VV, altura de pedestal y ángulos de elipticidad y orientación.

La combinación de canales polarimétricos constituye un importante identificador visual de coberturas y por lo tanto una herramienta útil en el proceso de clasificación.

Referencias

- Análisis Geográficos: Comisión Colombiana del Espacio Vi: Aplicaciones del Programa Satelital Colombiano de Observación de la Tierra / El Instituto Geográfico Agustín Codazzi No. 44, 2010.
- CANO CAMPILLO, C. M., VELASQUEZ RAMOS M. A. Revision metodologica para la utilización de imágenes de Radarsat 2 y Envisat 1 con fines de interferometria de radar. Bogotá 2011. Trabajo de grado (Ingeniero Catastral y Geodesta) Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Facultad de Ingeniería.
- CHENG P., & TOUTIN T. Automated high accuracy geometric correction and mosaicking without ground control points Radarsat 2. Data Geoinformatics August 2011, www.geoinformatics.com [Citado en mayo de 2011].
- ELACHI J. VAN Z. Introduction to the physics and techniques of remote sensing. New Jersey, USA. Publicación John Wiley & Sons, Inc 2006. Disponible en: <http://log.univlittoral.fr/docs/equipe5/loisel/loiseletal>. [Citado en mayo de 2011].
- FREEMAN, S. L., & DURDEN, A. Three-component scattering model for polarymetric sar data, IEEE, transactions on geoscience and remote sensing. Jakob Van Zyl, Yunjim Kim, Synthetic Aperture Radar Polarimetry, Ed. Willey.
- HAJNSEK I. Surface parameter estimation, basics and advanced concepts, Institute of Environmental Engineering, Eth Zürich Microwaves and Radar Institute, Dlr Oberpfaffenhofen.
- KIMURA, H., & TOSHIYUKI, M. Improvement of polarimetric sar calibration basedon the quegan algorithm. Magazine Dept. of Electrical & Electronic Eng, Gifu, Japan 2008.
- POTTIER E., LEE JONG-SEN, FERRO-FAMIL L. Polsarpro V3.0 Washington USA, Edicion IETR-UMR CNRS 6164-University of Rennes. Image and Remote Sensing Departament, Saphir Team.
- SALINERO CHUVIECO. 2008Teledetección ambiental la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona, España. Editorial Ariel SA. Disponible en: <http://www.alibri.es/teledeteccion-ambiental-la-observacion-de-la-tierra-desde-el-espacio-193907>. [Citado en marzo de 2011].