

MÉTODOS PARA LA FOTOINTERPRETACIÓN DE REDES DE DRENAJES EN EL SISTEMA GEOSAR DE PERCEPCIÓN REMOTA CON RADAR.

METHODS FOR PHOTOINTERPRETATION OF DRAINAGE NETWORKS IN GEOSAR RADAR REMOTE SENSING SYSTEM.

Gerardo, Jaimes Rubiano
Ing. Catastral y Geodesta, aspirante a Especialista en Geomática.
Bogotá, Colombia, gerj77@gmail.com

RESUMEN

La identificación precisa de drenajes sobre imágenes de radar es un proceso poco utilizado debido a la predilección de las imágenes ópticas multiespectrales en los procesos de fotointerpretación y actualización de cartografía por la capacidad que tienen de identificar con mucha precisión elementos mediante su respuesta específica a una combinación de bandas espectrales, sin embargo en zonas con nubosidad o alta densidad de cobertura vegetal estas imágenes no son tan apropiadas debido a la imposibilidad de penetrar estos elementos. En el presente documento se evaluaron cinco técnicas para la interpretación de redes de drenajes sobre imágenes del sistema de radar GeoSAR, con el objetivo de que estos sirvan como fuente para la generación y actualización de mapas topográficos, delimitación de cuencas hidrográficas o estudios de impacto ambiental entre otras muchas aplicaciones. Utilizando técnicas de interpretación visual, mejoramiento y realce digital y combinaciones de productos del sistema, se identificaron redes de drenajes sencillos y dobles para una escala de 1:25000 en 2 zonas con características diferentes en factores como pendiente, morfología y uso del suelo.

Se concluye que mediante la utilización de los métodos propuestos para la interpretación, se logran identificar con mayor facilidad las redes de drenajes tanto dobles como sencillos con muy buena exactitud posicional, tanto en zonas planas como con pendiente, así como las ventajas de las imágenes GeoSAR sobre otro tipo de imágenes convencionales de Radar al tener más productos que al ser combinados hacen más certera y eficiente la labor de interpretación y captura de drenajes.

ABSTRACT

Accurate identification of network drains on radar images is a little used process due to predilection of multispectral optical images for the processes of photo interpretation and updating mapping, the ability to identify very precisely elements by their specific response to a combination spectral bands by the ability to identify very precisely elements by their specific response to a spectral bands combination, but in areas with clouds or high density of vegetation cover these images are not as suitable because of its inability to penetrate these elements. In this document five techniques for the interpretation of drainage networks on GeoSAR images system were evaluated, with the objective that these serve as a source for generating and updating topographic maps, watershed

delineation or environmental impact studies among many other applications. Using visual interpretation techniques, digital enhancement and mix system products, single and double networks drains to a scale of 1:25000 in 2 zones with different characteristics on factors such as slope, morphology and land use were identified.

It is concluded that by using the methods proposed for the interpretation are achieved more easily identify networks drains both as singles doubles with good positional accuracy, both in flat areas with slope as well as the advantages of the images GeoSAR over other conventional imaging radar to have more products that when combined make more accurate and efficient work of interpretation and catch drains.

Palabras clave: GeoSAR, Interpretación de imágenes, Radar, Mapas topográficos Redes de drenajes.

Keywords: GeoSAR, Image interpretation, Radar, Topographic maps Network drains.

INTRODUCCIÓN

La actualización y generación de cartografía mediante el uso de imágenes de sensores remotos cada vez toma más fuerza en el país gracias a las ventajas tanto económicas por los cubrimientos en área y los datos adicionales como información radiométrica que permiten identificar elementos por sus características y comportamientos espectrales, un ejemplo de estos usos de las imágenes de satélite es la actualización de mapas topográficos escala 1:25.000 en Colombia. Estos mapas están clasificados como cartografía de escala mediana, su principal aplicación es en la planeación regional, esta cartografía tiene un tamaño de 75x 40 cm con un cubrimiento en área de 150km² el elemento más pequeño de tipo línea que se puede capturar en este tipo de cartografía son elementos de 25m y 0.01 km².

Desde el año 2009 el Instituto Geográfico Agustín Codazzi entidad oficial en Colombia para la generación y actualización de cartografía ha utilizado imágenes orto rectificadas para la generación de cartografía básica a escala 1:25.000 mediante la interpretación de sensores remotos pasivos, electro ópticos como Spot, Landsat y Rapideye, apoyada en hojas Topográficas producidas por el Instituto, las cuales fueron generadas mediante técnicas cartográficas convencionales como la Restitución, foto control y actualización en campo, estas hojas sirven como base para la actualización, así como para la comparación y verificación de la presencia y exactitud posicional de elementos cartográficos básicos, como vías, red de drenajes, e hidrografía y construcciones. Estas hojas tienen en promedio una antigüedad de 40 a 60 años, sin embargo para algunas regiones de Colombia no existe cartografía análoga y las imágenes empleadas para las actualización o generación de esta, no son convenientes, debido a la presencia permanente de nubes o abundancia de cobertura vegetal, las cuales dificultan la visualización e interpretación de las imágenes y por lo tanto la captura y actualización de elementos cartográficos básicos como son los drenajes, hidrografía, construcciones y curvas de nivel.

Es así como surge la oportunidad de utilizar imágenes de sensores activos como el radar que puedan suplir las carencias de las imágenes ópticas para mejorar los procesos de actualización de la cartografía, sin embargo la actualización e

interpretación de imágenes de radar es un proceso poco aplicado por la carencia de profesionales en este campo y a las diferencias conceptual y metodológica que tiene la interpretación de elementos como las redes de drenajes en este tipo de imágenes comparándolas con las ventajas de las imágenes ópticas, como son la combinación de respuestas espectrales, en diferentes bandas en contraste con la única banda que ofrecen los radares y la monocromía, así como la escasa bibliografía que existe.

1. ANTECEDENTES

GeoSAR es un sistema aerotransportado de percepción remota con radar, que produce imágenes de radar orto rectificadas en longitudes de onda de 3cm en la Banda X, y de 85 cm en la banda P con resoluciones de 1.25m a 5 m, así como modelos digitales de elevación para las mismas bandas con una precisión altimétrica de hasta 1m, tomados y procesados por la empresa Fugro Earthdata Inc. Estos datos son tomados desde una altura de 12 km adquiriendo información Interferiométrica a un ritmo de 250 km por minuto en una sola pasada.

	BANDA X	BANDA P
<i>Precisión altimétrica DEM</i>		
<i>Faja sencilla</i>	0.5 -1.2 m (Relativa)	1-3m
<i>Mosaico</i>	1.0 (Absoluta)	1-4 m
<i>Resolución de Dem</i>	2.5 - 5 m	2.5 - 5 m
<i>Precisión Planimetría</i>	1 m (Relativa)	2m Volando a 5Km de Altura
	< 2.5 m (Absoluta)	4 m Volando a 10 km de Altura
<i>Ancho de toma</i>	12 -14 km	12- 14 Km
<i>Tamaño de pixel</i>	1.25 -3 m	1.25 - 5 m

Figura 1. Toma de datos GeoSAR.
Fuente: Fugro Earthdata

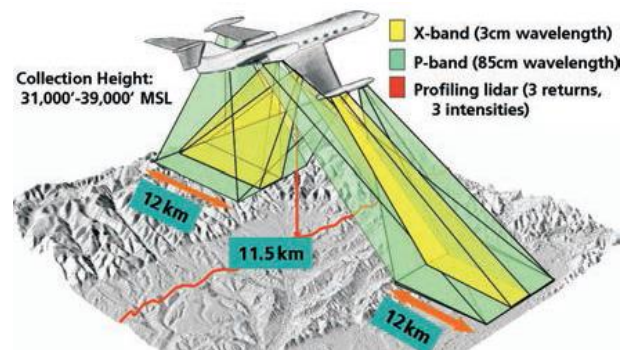


Figura 2. Características Productos GeoSAR. Fuente: Fugro, 2014.

La utilización de los productos GeoSAR supone grandes ventajas respecto a las imágenes de sensores ópticos pasivos, tanto como en los sistemas satelitales de gran resolución espacial (0.5 o menos) como Ikonos y Quickbird, que han sido diseñados para cubrir pequeñas áreas (11km aproximadamente), como para satélites de amplia cobertura como Landsat y Spot (60 a 120 km) , pero que tienen una resolución espacial entre 5 y 10 metros, ambos sistemas están limitados por la presencia de nubes y de cobertura vegetal, así como por la resolución temporal que varía de 3 a 26 días, el sistema GeoSAR provee imágenes tanto de día como de noche penetrando las nubes así como la cobertura vegetal proveyendo imágenes Interferiométrica en un solo vuelo del avión que puede tomar áreas muy extensas que dependen de la autonomía de vuelo del avión. Otra de las ventajas de este sistema es la de ser el único Radar interferómetro en el mundo capaz de tomar información topográfica simultáneamente por encima (Banda X) y por debajo (Banda P) de la cobertura foliar de la superficie terrestre en un mismo sistema de toma de datos, El Uso de la banda X es común entre varios sistema de radar no así el de la banda P que gracias a su mayor longitud de onda, o sea una menor frecuencia que la banda X permite la penetración de la cobertura vegetal.

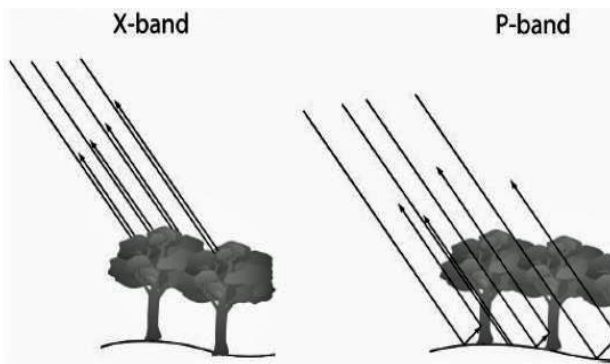


Figura 3. Penetración de longitudes de Onda. Fuente: Moreira 2001

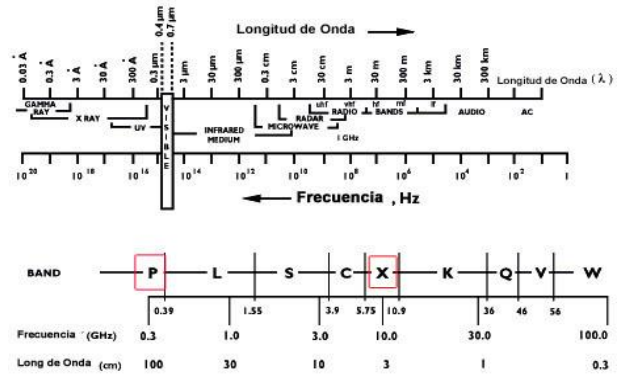


Figura 4. Espectro Electromagnético. Fuente: Eartnet online.



Figura 5. Productos GeoSAR, Banda X, Banda P y DEM de Banda P. Fuente: Autor.

La intención de este documento es hacer una aproximación a procedimientos y técnicas básicas de interpretación de elementos de las redes de drenajes tanto dobles como sencillos, utilizando como insumo específico las imágenes de Radar GeoSAR y sus productos para lo cual se tomarán algunos conceptos fundamentales de la teoría y técnicas de Radar aplicables a estas imágenes[1].

Las imágenes de radar son representaciones de la Tierra a una sola frecuencia, o banda, la cual es de una porción del espectro de luz que la visión humana es incapaz de detectar, por lo cual encontramos la primera gran diferencia con la mayoría de imágenes ópticas encontradas en el mercado las cuales van desde 3 bandas en diferentes longitudes de onda hasta las Hiperespectrales (que pueden llegar a más de 1000), en rangos del visible y a los infrarrojos y Térmicos, Esta frecuencia es una relación entre la energía de microondas transmitida a la Tierra por el mismo sensor (Activo) y la energía reflejada directamente de regreso al sensor (ver Figura 6.). La energía que regresa al sensor se llama retro dispersión (ver la Figura 7.). La retro dispersión de un área de cobertura es dependiente de la topografía local es decir la rugosidad del terreno y las propiedades dieléctricas de los elementos, que están directamente afectadas por los niveles de humedad. Los valores de retro dispersión

bajos se representan como tonos de imagen oscuros o niveles de gris que se aproximan al negro, mientras que los valores de retro dispersión altos se muestran como tonos de imagen claros o niveles de gris aproximándose a blanco.

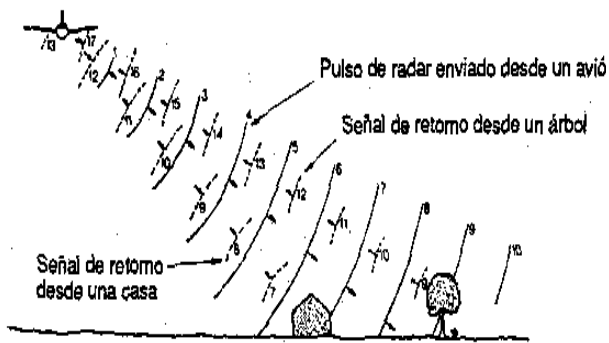


Figura 6. Imágenes de Radar.
Fuente: Fao.org

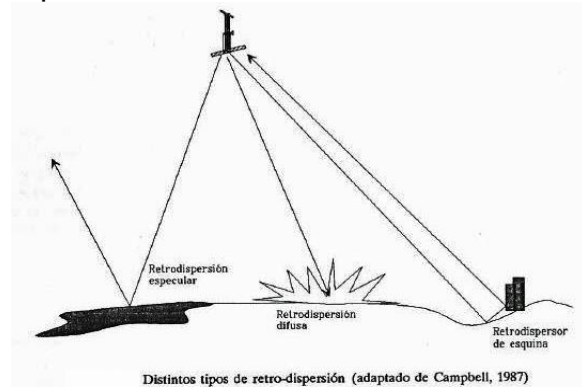


Figura 7. Tipos de Retro dispersión.
Fuente Chuvieco 1990.

Otra característica que influye en la calidad de la información obtenida mediante Radar es la longitud de la onda emitida, la cual tiene una relación directa con la rugosidad del terreno, es decir a longitudes de onda corta una superficie plana puede aparecer como rugosa a diferencia de la misma superficie en una longitud de onda más larga, la geometría toma también una importancia fundamental tanto la del terreno como la de la toma, teniendo en cuenta que las imágenes de radar se ven afectadas por el tiempo y la cantidad de señal que retorna al sensor tenemos que a mayores ángulos de incidencia menores serán los pulsos de retorno puesto que la dispersión será menor, así mismo si se combinan ángulos de incidencia bajos con longitudes de onda muy largas es posible mejorar la penetración de las ondas de radar y obtener mejor retro dispersión de la señal. Por estas razones es que las imágenes de radar destacan mucho mejor los cambios en la rugosidad del terreno, relieves y niveles de humedad. Así como son capaces de penetrar lluvia, nubes y neblina, para proporcionar una vista continuamente despejada de la Tierra.

Teniendo en cuenta las características antes descritas se hace evidente como el proceso de interpretación visual de las imágenes de radar se basa en otros elementos a diferencia de los comúnmente utilizados en las imágenes ópticas como son la combinación de bandas o longitudes de ondas y las composiciones a color, tomando más relevancia factores como la tonalidad, sombras, texturas que son generados por las combinaciones de ángulos de incidencia, longitudes de onda, características propias de los elementos como la humedad y definitivamente la topografía del terreno, Dada la importancia en la interpretación de esos elementos derivados de la toma de las imágenes de Radar se describirán brevemente para entender su papel en la interpretación[2].

El tamaño: este elemento tiene una relación directa con la escala de trabajo, permite identificar elementos mediante su comparación con elementos de dimensiones conocidas.

La forma: es una de las primeras características discriminantes, usadas cuando se interpreta visualmente una imagen. Las características totales del límite o silueta de un objeto, permiten su identificación, un ejemplo serían las formas de líneas rectas o curvas regulares las cuales generalmente corresponden a accidentes culturales o artificiales al contrario de lo que pasa con las formas irregulares que representan accidentes naturales.

Las sombras: representan áreas en donde se refleja muy poca luz o ninguna y son representados en tonos de grises, ayudan a crear sensación de profundidad y acentúan las irregularidades del terreno.

El tono: este elemento indica la reflectividad de los elementos a la energía que incide sobre ellos y que está condicionada por la naturaleza de los elementos y su capacidad de absorber la radiación.

La textura: se refiere al contraste espacial de los elementos que componen una determinada superficie, lo cual se manifiesta en la suavidad o rugosidad de los tonos grises.

La distribución de los elementos o patrones: se refiere a la agrupación ordenada de elementos con características comunes lo que los hacen diferenciables de otros elementos y que no va íntimamente ligado con la combinación de los factores anteriores. Debido a que las imágenes de radar son representaciones monocromáticas, toma mayor importancia los elementos como la forma, tono y textura de los elementos que están directamente relacionados con la radiometría de la imagen, el tono mostrando la mayor o menor intensidad del retorno de la señal, y la forma permitiendo diferenciar elementos naturales de artificiales así como la textura depende del grado de uniformidad de los objetos en la escena y los ángulos de toma y retro dispersión de la señal.

Otras características importantes de las imágenes de Radar que son el resultado de la combinación de elementos de la toma de la escena pero que influyen fuertemente en la interpretación de los factores anteriormente descritos alterando la percepción visual de los elementos a identificar son el desvanecimiento y el moteado estos son procesos inherentes, del tipo 'ruido', que degradan la calidad de la imagen.

El Desvanecimiento se debe a la presencia de varias superficies en una misma celda o pixel de resolución con una diferencia de posición en la dirección del alcance menor a una longitud de onda.

El moteado aparece con una textura 'sal y pimienta'. Añade una textura aleatoria a la textura correspondiente a la escena. Es causado por una interferencia constructiva y destructiva aleatoria que aparece en la imagen como moteada brillante y oscura. La interferencia constructiva produce una señal mayor que la media, resultando en píxeles más claros. La interferencia destructiva produce una señal más baja que la media, resultando en píxeles más oscuros. Las imágenes de radar están compuestas por píxeles, cada uno de los cuales representa el eco proveniente de un área

correspondiente sobre el terreno: zonas oscuras en la imagen representan bajo retorno de energía hacia el radar, zonas brillantes corresponden a alto retorno. Dicho retorno está condicionado por una serie de factores, algunos dependientes de los parámetros del sistema, otros dependientes de los parámetros del área de interés y finalmente otros resultantes de las interacciones entre los anteriores:

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la evaluación de los métodos propuestos en este documento se utilizaron los siguientes materiales:

- Imágenes GeoSAR Banda X resolución 3m Banda P resolución 5m y DEM de la Banda P (Modelo digital de Elevaciones)
- Software para tratamiento de imágenes: PCI Geomatics 2012: para la aplicación de filtros sobre imágenes de radar y Merge de bandas.
- Software Arcgis 10.1 y extensión Spatial Analyst, utilizado en la captura vectorial de los drenajes, generación de mapas de pendientes, y drenajes automáticos.

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

Para la aplicación de las técnicas y procedimientos sobre imágenes GeoSAR se seleccionaron dos zonas de estudio, con una escala de trabajo de 1:25000 y un área de 1600 Hectáreas con características diferentes en cuanto pendiente, elementos cartográficos y de geomorfología, para poder identificar los mismos elementos en diferentes condiciones, estas áreas se denominaran como Zona A y Zona B y se seleccionaron teniendo en cuenta la pendiente y sus características morfológicas identificables por interpretación visual y comparándolos con el sistema de clasificación de suelos del CIAF [1], se establecieron mediante este primer análisis los tipos de suelos presentes en las imágenes.

Zona A: Área con diferencia de alturas de solo 200 metros, con una pendiente generalizada menor a 6° Lo que lo caracteriza como una zona plana con presencia de 2 drenajes dobles de magnitud importante, zonas de poca vegetación, vías tipo 1 y 2 y presencia de algunos caminos y senderos, pertenecen a suelos de Clase I y II.

Zona B: Área con diferencia de alturas de 1000 metros con pendientes desde 5° a 75° caracterizándose por ser un zona empinada, con presencia de vegetación de tipo bosque, drenajes dobles y drenajes sencillos tanto principales como tributarios, así como morfología de montaña, pertenecientes a suelos de clase VI y VII predominantemente.

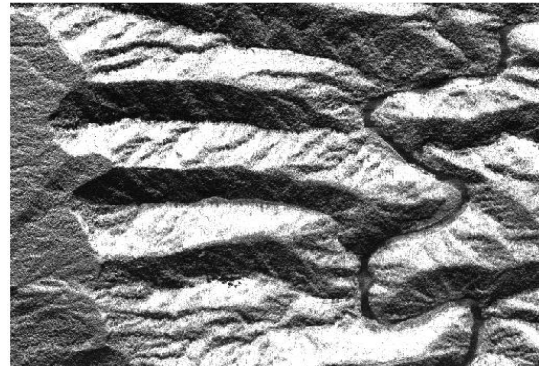


Figura 8. Zona A y Zona B. Fuente: Autor.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la metodología debido a la escasa información que existe sobre estas imágenes de Radar se realizó una investigación de las técnicas y combinaciones de insumos propuestas por el fabricante directamente en la página oficial, así como en artículos sobre la utilización de estas imágenes [4-11] y los resultados obtenidos con el fin de aplicarlos, analizarlos y evaluarlos y ver los resultados y su aporte a la interpretación de los drenajes en estas imágenes de radar. Para la interpretación visual de los drenajes propiamente dicha se seguirán los siguientes pasos [1] que de manera conjunta e integrada que permitirán como resultado final deducir la mejor forma de interpretar drenajes en utilizando imágenes GeoSAR.

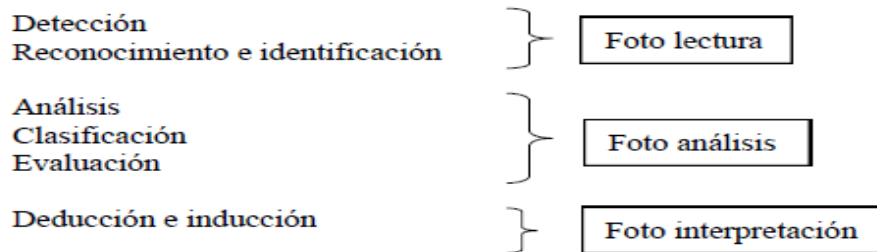


Figura 9. Metodología de Fotointerpretación de imágenes. Fuente Chuvieco (1990).

Los procedimientos propuestos son los siguientes:

- Interpretación directa sobre Banda X y P y Bandas X y P invertidas: Las imágenes de radar son sensibles a las redes de drenaje debido a las diferencias dieléctricas entre agua, suelo húmedo y vegetación ribereña, para su identificación en la imagen se tomó como base las variaciones tonales de los objetos sobre la Banda X la cual tiene la mejor resolución (3m) apoyándose en banda P por ser la que mayor penetración tiene sirviendo para definir los bordes de los drenajes dobles así los drenajes sencillos y dobles en calma se identifican en tonos de grises muy oscuros debido a que la mayor parte de la energía del radar es absorbida por los elementos haciendo que la energía que se refleja se muy poca o ninguna. El proceso de Invertir la rampa de colores, en este caso es una rampa de niveles de gris se realiza sobre cada imagen en las propiedades de Capa opción simbología.

- Extracción automática de drenajes: este proceso es realizado mediante la herramienta Spatial Analyst del Software Arcgis y genera la red de drenajes tomando como insumo el DEM mediante diferencias de alturas por cada pixel.
- Interpretación sobre imagen mejorada: El primer paso para la interpretación de las imágenes es realizar algunas técnicas de mejoramiento de las imágenes como son la aplicación de filtros con el fin de reducir los efectos del speckle o moteado que presentan las imágenes de radar, mediante la utilización de los filtros se pueden realzar o reducir los detalles de una imagen, también pueden ajustarse para agudizar, suavizar, o detectar bordes ocultos, que están presentes en una imagen pero no son visibles inmediatamente. Puede utilizar los filtros de paso alto y de paso bajo para reducir el efecto moteado y resaltar detalles de bordes en una imagen. También hay filtros especializados que puede utilizar para reducir el ruido del sensor y limpiar una imagen radar.
- Interpretación sobre imágenes mediante sobre posición de insumos: consiste en aumentar el nivel de transparencias de las imágenes en las propiedades de la simbología y sobreponer las bandas X y P sobre un mapa de pendientes para generar un efecto de exageración del relieve del terreno-
- Interpretación sobre imágenes a falso color mediante fusión de Bandas: uno de las dificultades de los interpretes al enfrentarse a las imágenes de radar es la falta de color y la poca experiencia y capacidad del ojo humano para diferenciar entre tonos de grises, por eso se proponen dos combinaciones a falso color mediante la combinación de insumos generando nuevas imágenes, estas dos imágenes son falso color de Banda X y DEM de la Banda P y combinación de Bandas X, P y la imagen de algebra de mapas P-X.

4. RESULTADOS

Mediante el análisis de las propiedades representativas de las imágenes, las características de la zona mediante la clasificación de pendientes y clases de suelo y la interpretación de los drenajes aplicando los procedimientos y técnicas propuestas en la metodología se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. INTERPRETACIÓN DIRECTA

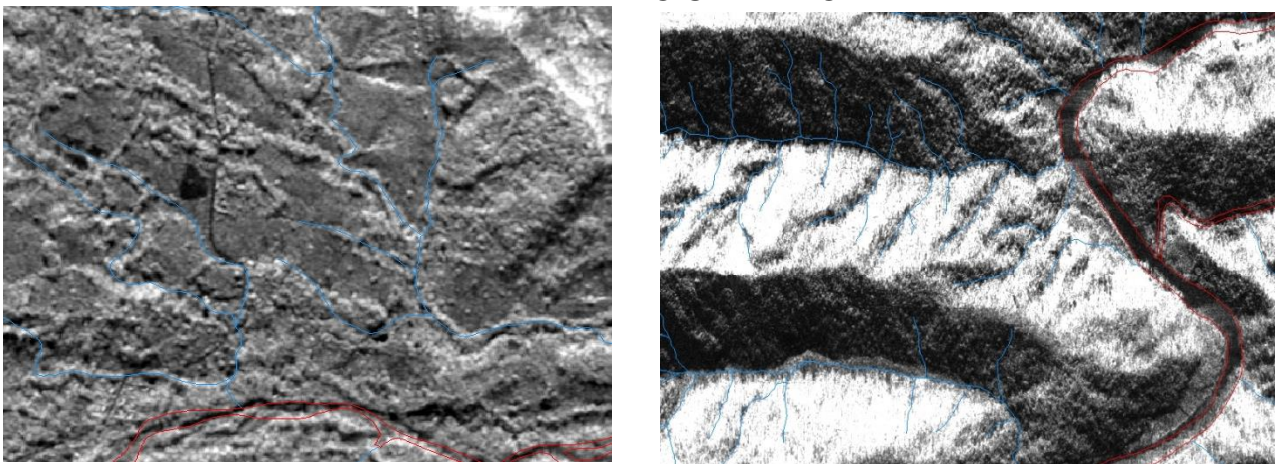


Figura 10. Zona A y Zona B Banda X.

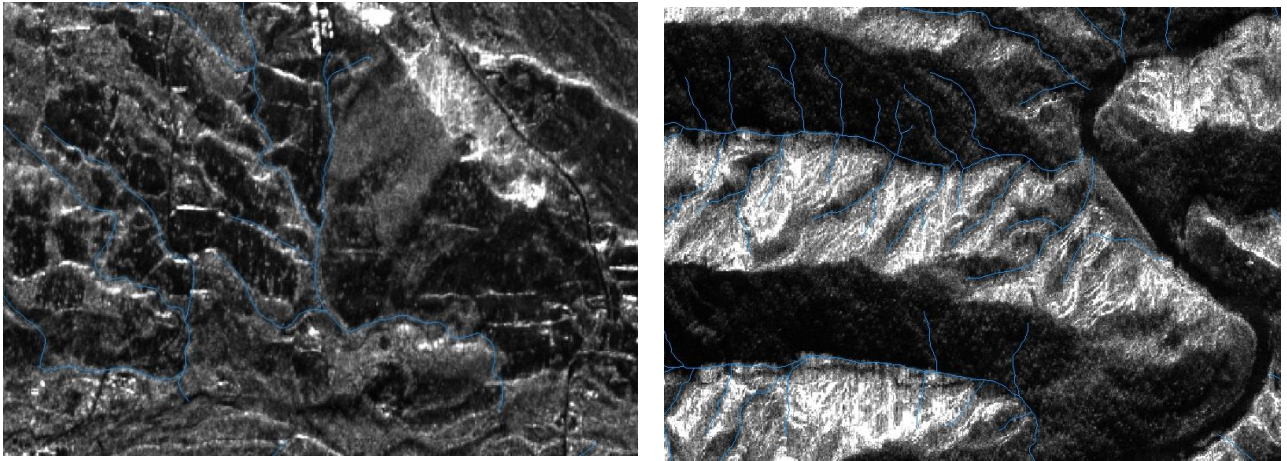


Figura 11. Zona A y Zona B Banda P.

Al Interpretar y capturar drenajes sencillos y dobles directamente sobre las bandas X y P de GeoSAR notamos como la interpretación sobre la banda P aunque en teoría es más exacta debido a su mayor penetración en el terreno también es más compleja debido a sus tonalidades más oscuras comparadas con la del a Banda X, lo que se traduce en dificultad para identificar los bordes en el caso del drenaje doble y el recorrido de los sencillos por la fusión con las sombras y los otros materiales esto obedece a que al ser la longitud de onda mayor la energía es devuelta al sensor es alta y por lo tanto se representa con tonos más oscuros, también se observa como en las dos bandas en las zonas planas los elementos aparecen más oscuros debido a que la retro dispersión es alta resultando en que la energía que regresa al sensor sea más poca contrario a lo que sucede en la zona b en donde hay más retorno de energía y por consiguiente aparece en colores más claros.

4.2. INTERPRETACIÓN DIRECTA INVERTIDA

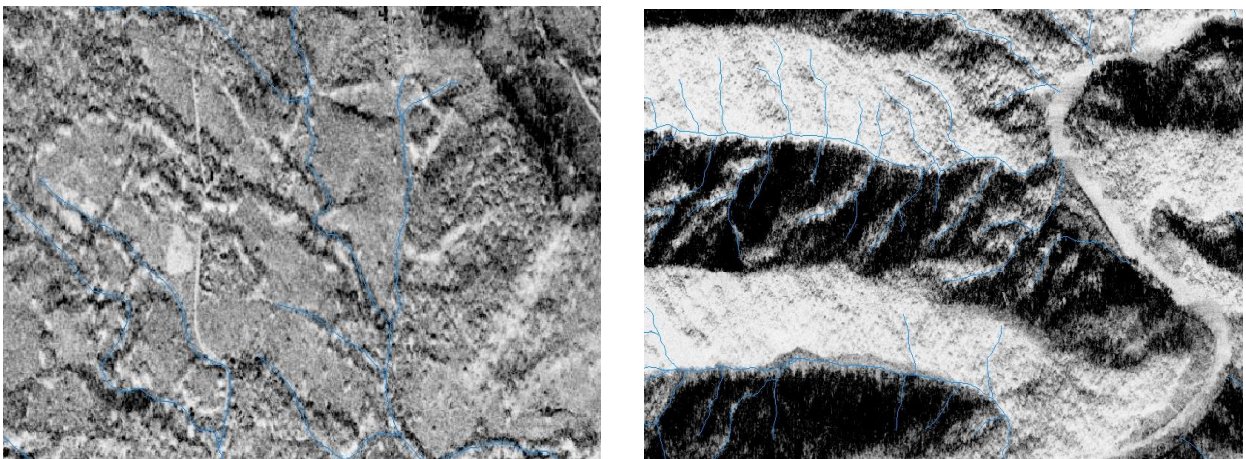


Figura 12. Zona A y Zona B Banda X.

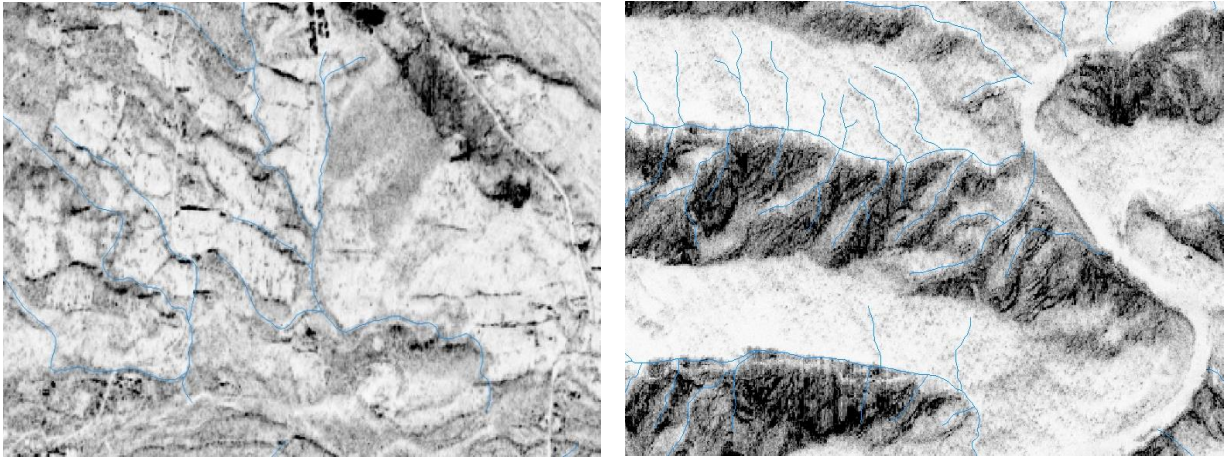


Figura 13. Zona A y Zona B Banda P

Al utilizar la inversión de la rampa de tonos de gris en las imágenes se logra una sensación de relieve y profundidad en las imágenes destacando los drenajes sencillos como una huella o surge con textura granulada en la Zona A definiéndolos mejor que en la zona B al igual que en la zona B, encontrando que para esta zona el drenaje doble toma una posición de altura respecto a los demás elementos definiéndose con más claridad su borde o limite en la banda P.

4.3. EXTRACCIÓN AUTOMÁTICA

Después de una primera aproximación a la identificación de redes de drenajes, mediante interpretación directa y directa invertida, utilizamos los productos adicionales de sistema GeoSAR como lo son: El Modelo Digital de Elevaciones (DEM) de la banda P y las Herramientas de Hidrología de la Extensión Spatial Analyst del Software Arcgis 10.1 es posible extraer tanto las curvas de nivel como los drenajes automáticamente, esto basándose en el cálculo de la dirección de descenso de cada celda de la imagen, luego analizando las celdas que drenan o dirigen su flujo hacia una ubicación común y finalmente calculando el valor de la acumulación del flujo en cada celda [12]. Estas herramientas se combinaron para obtener los drenajes automáticos de las zonas de estudio.

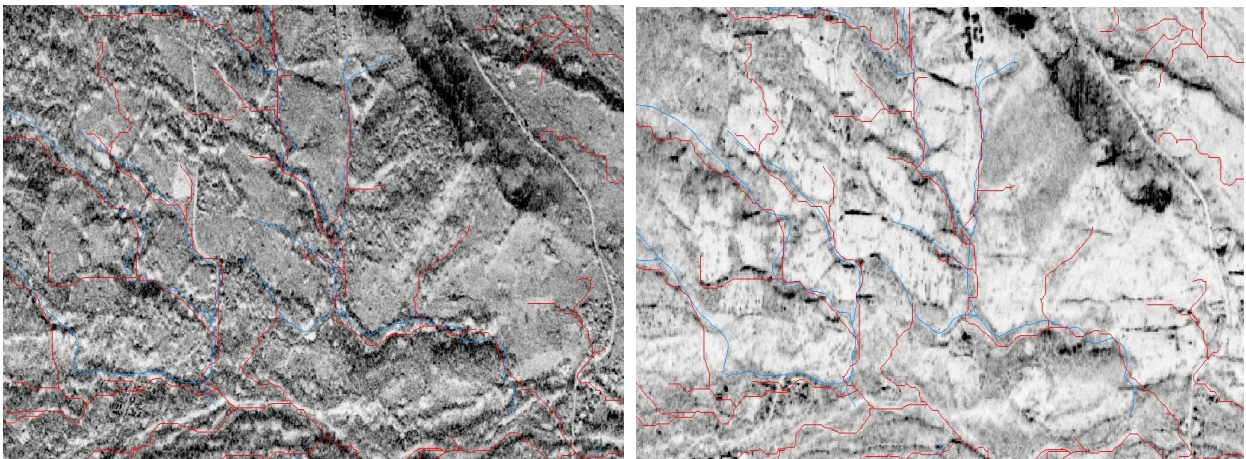


Figura 14. Zona A y Zona B Banda X.

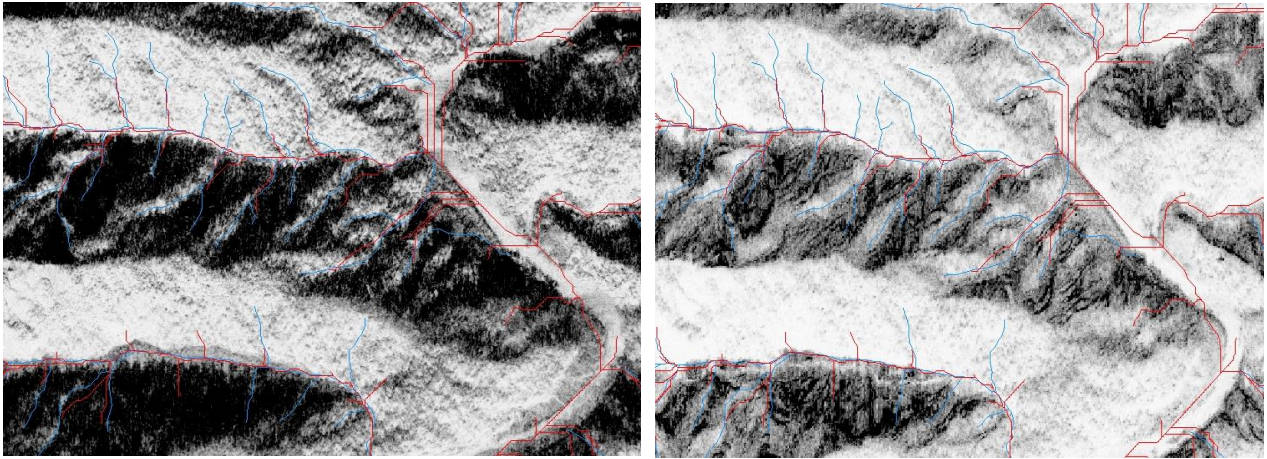


Figura15. Zona A y Zona B Banda P.

Este proceso nos crea una red aproximada de drenajes basándose en el DEM de la banda P, este método presenta ventajas frente al método manual de interpretación y captura visual como son: Una mejor delimitación por ser operaciones algebraicas entre matrices de imágenes libres de subjetividad experiencia en la interpretación o habilidades por parte del interprete además de unos resultados muy buenos en un corto periodo de tiempo que va directamente relacionado con la calidad de los equipos para el computo. [14] Sin embargo analizando los drenajes generados automáticamente (Color Rojo) Vs los identificados por interpretación directa (Color Azul) podemos observar como si bien están muy cerca y definen correctamente su dirección y forma e inclusive identificando algunos en donde a simple vista no fueron identificados manualmente, su posición en algunas zonas sobre todo en la Zona P no está totalmente ajustada a la imagen ante la imposibilidad del algoritmo de representar las variaciones complejas de los drenajes como son las curvaturas, generando tramos rectos y drenajes que no existen o mal conectados entre sí.

4.4. MEJORAMIENTO DE IMÁGENES

El mejoramiento de imágenes de radar basado en aplicaciones de filtros consiste en modificar los valores de un pixel teniendo en cuenta los valores de los pixeles vecinos mediante el cálculo de estadísticas como medias y varianza aplicando los resultados de estos cálculos a toda la imagen y dependiendo del resultado que se quiera obtener en mayor o menor medida se pierden elementos e información en contraste con el realce de otros. El objetivo de la aplicación de filtros es la supresión de moteado en las imágenes GeoSAR para realzar los drenajes y facilitar su identificación interpretación y captura Para tal fin utilizando la herramienta PCI Geomatics, Radar Spekle Filtering [15], se probaron 3 filtros específicos para imágenes de Radar como Gamma, Laplacianos y por ultimo un Filtro Adaptativo con un tamaño de matriz de 3x3 para disminuir el efecto de suavizado y mediante una observación cualitativa se compararon visualmente las imágenes filtradas y sin filtrar

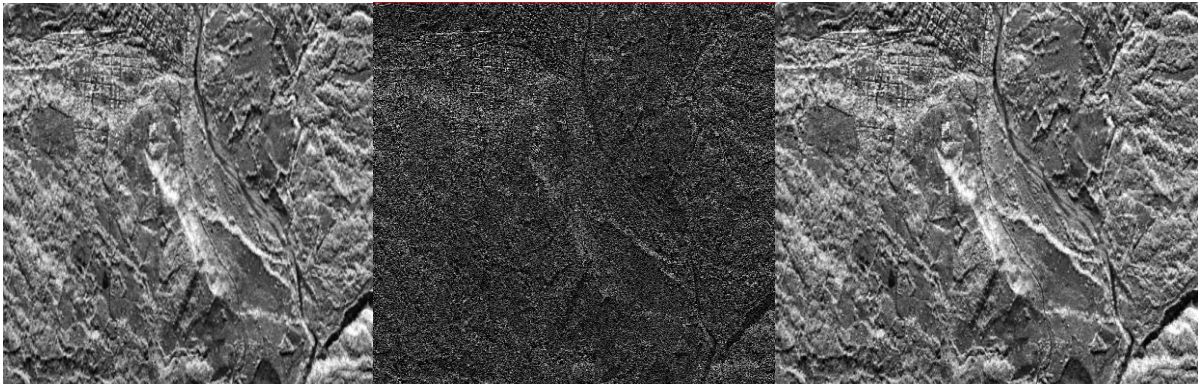


Figura 16. Aplicación de filtros Gamma, Laplacianos y Adaptativo Lee.

El primer filtro aplicado es un filtro de paso Bajo, el filtro Gaussiano atenúa el efecto de moteado en las imágenes, sin embargo presenta un suavizado excesivo que se traduce en un menor realce de los bordes y en una pérdida de texturas de los demás elementos. el filtro Laplaciano al contrario del gaussiano realza los bordes de los elementos como vías y drenajes dobles así como el recorrido de algunos drenajes sencillos sin embargo aumenta la sensación de textura muy fina dificultando la interpretación de los elementos.

El filtro que obtiene los mejores resultados logrando un balance entre disminución del ruido y suavizado de la imagen sin perder las texturas y definición de bordes de los elementos, como su nombre lo dice se adaptándose a cada zona de la imagen recalculando los valores cada pixel sin perder información es el Filtro Adaptativo.

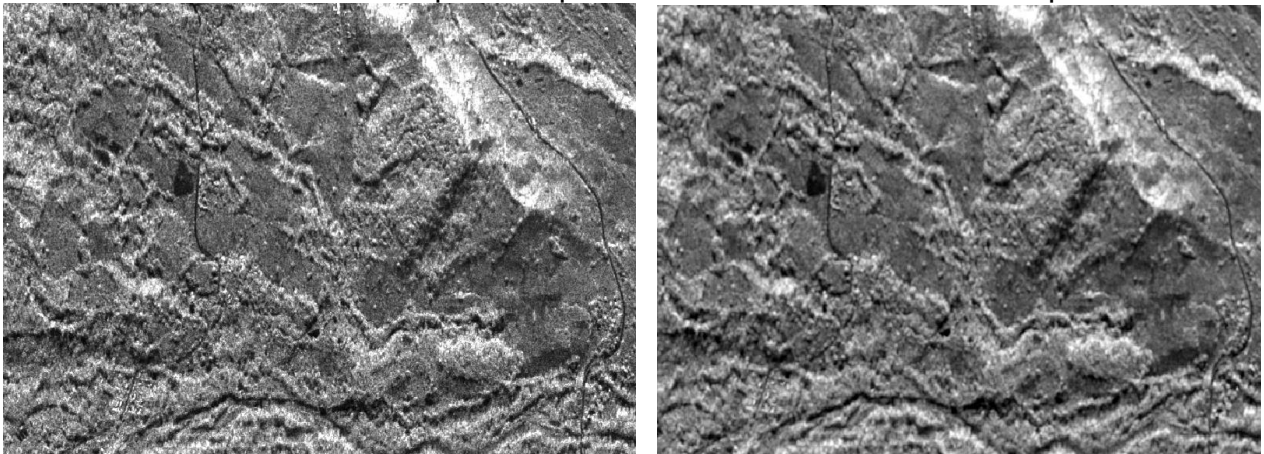


Figura 17. Zona A Banda X y Banda X Filtro Adaptativo LEE.

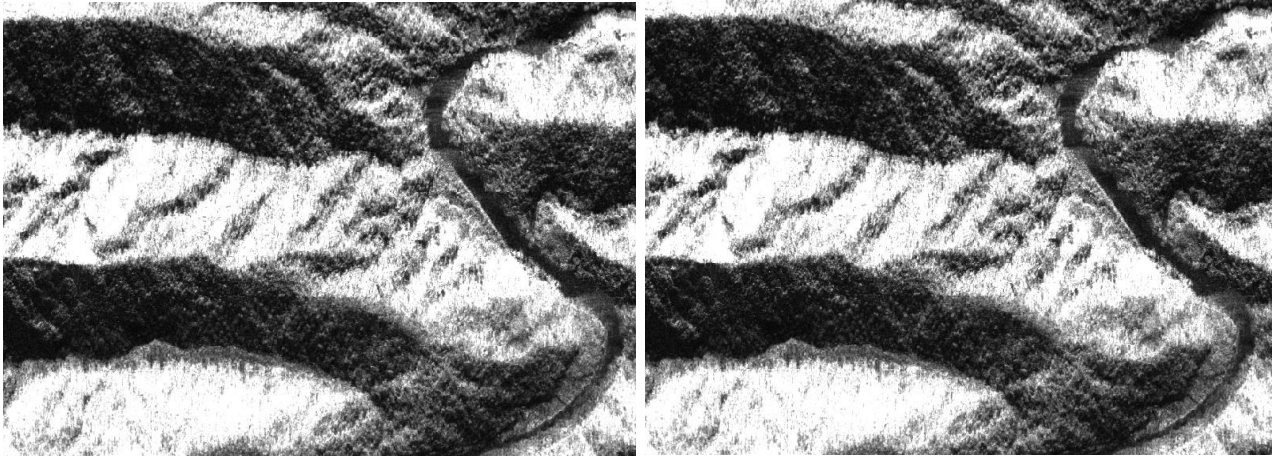


Figura 18. Zona B Banda X y Banda X Filtro Adaptativo LEE.

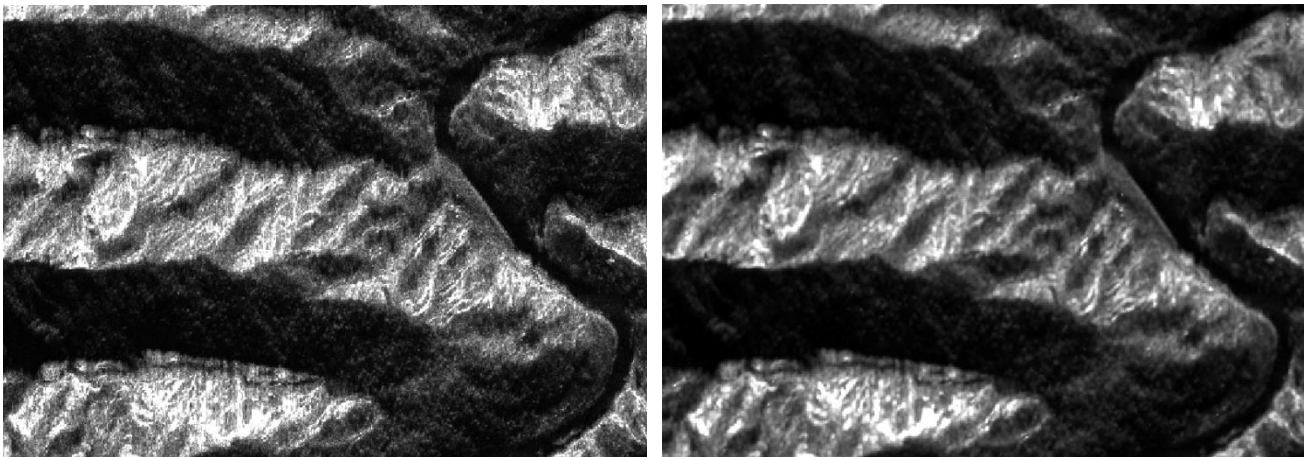


Figura 19. Zona B Banda P y Banda P Filtro Adaptativo LEE.

En la figuras16 y 17 observamos el efecto del filtro adaptativo sobre las imágenes evidenciando una alta eliminación del moteado y realzando las texturas de los bosques en la zona B y los bordes y recorrido de los drenajes especialmente de drenaje doble en ambas zonas, haciendo que la interpretación y captura de los drenajes sea más fácil y precisa tanto en posición al poder identificar con mayor claridad los recorridos, como en cantidad al poder definir mejor los drenajes tributarios más pequeños. En la Banda P surge el mismo efecto aunque en un nivel de grises más alto por lo que el efecto de la supresión del nivel de ruido es más evidente.

4.5. SOBRE POSICIÓN DE INSUMOS

La sobre posición de insumos de las imágenes GeoSAR pretende definir mejor los cursos de los drenajes mediante la sobre posición de las Bandas X y P con una transparencia de 40% a 60 % sobre un mapa de pendientes, un mapa de pendientes es una forma de medir el grado de inclinación de una zona, la cual es directamente proporcional a la pendiente del terreno, esta puede ser expresadas como porcentajes o en grados, en un análisis preliminar de las zonas de estudio se generó el mapa de pendientes de la zona con Base en el DEM de la banda P utilizando la Herramienta

de Arcgis 10.1 Spatial Analyst\Slope, esta herramienta toma el valor de cada celda del DEM y calcula la tasa máxima de cambio de altura de esta en relación con sus vecinas[12].

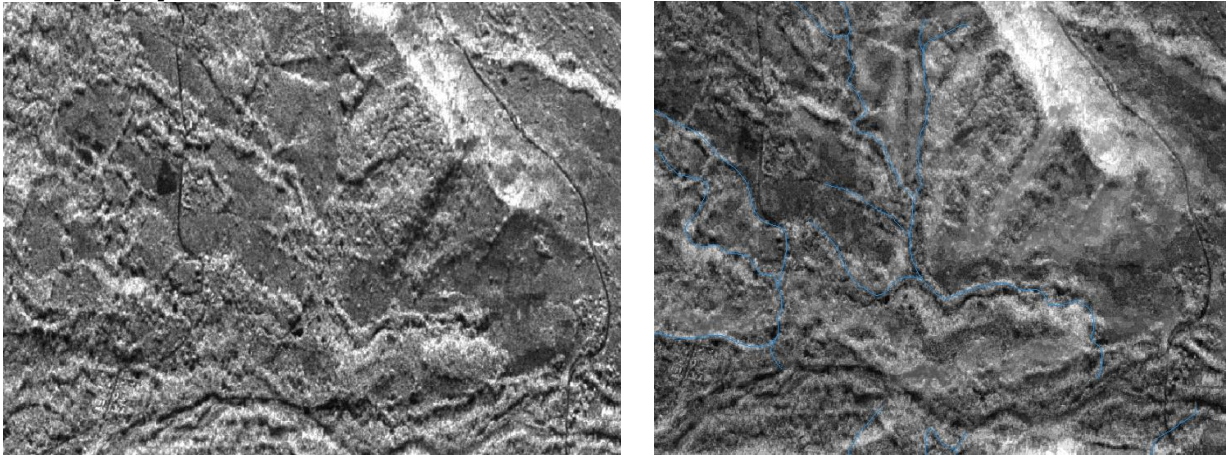


Figura 20. Zona A: Banda X y Banda X al 60%+Mapa de pendientes.

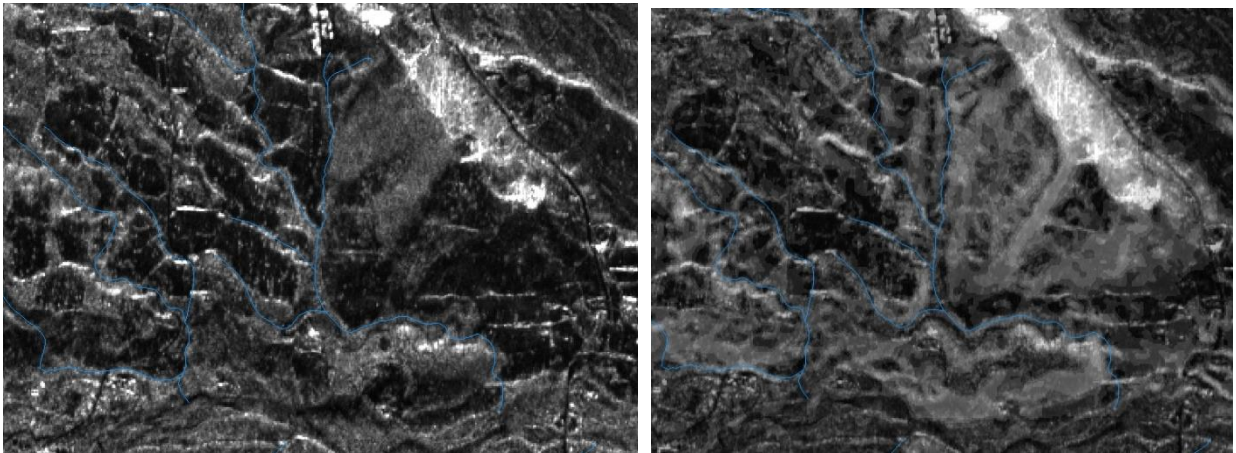


Figura 21. Zona A: Banda P y Banda P al 60%+Mapa de pendientes.

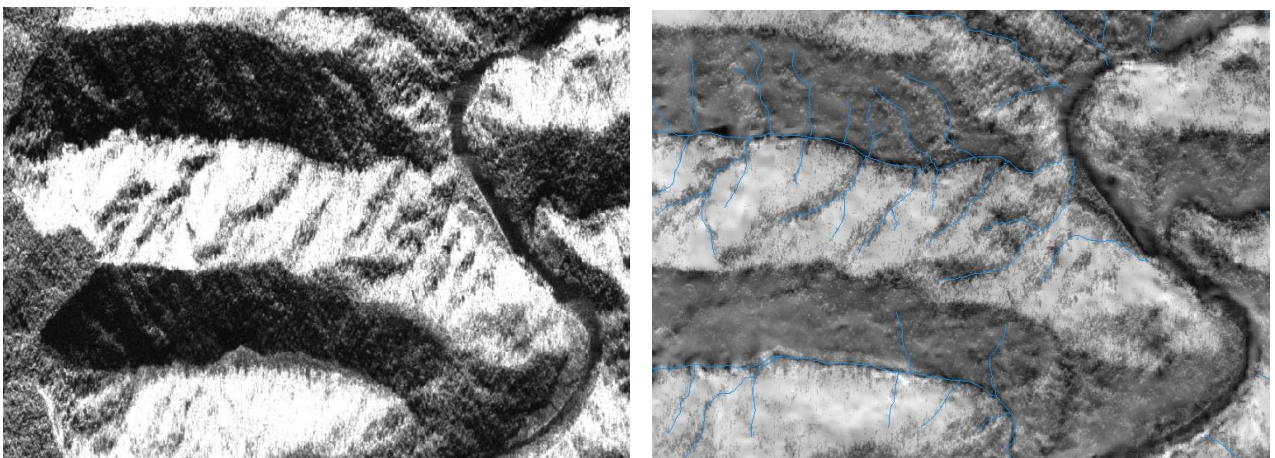


Figura 22. Zona B: Banda X y Banda X al 60%+Mapa de pendientes.

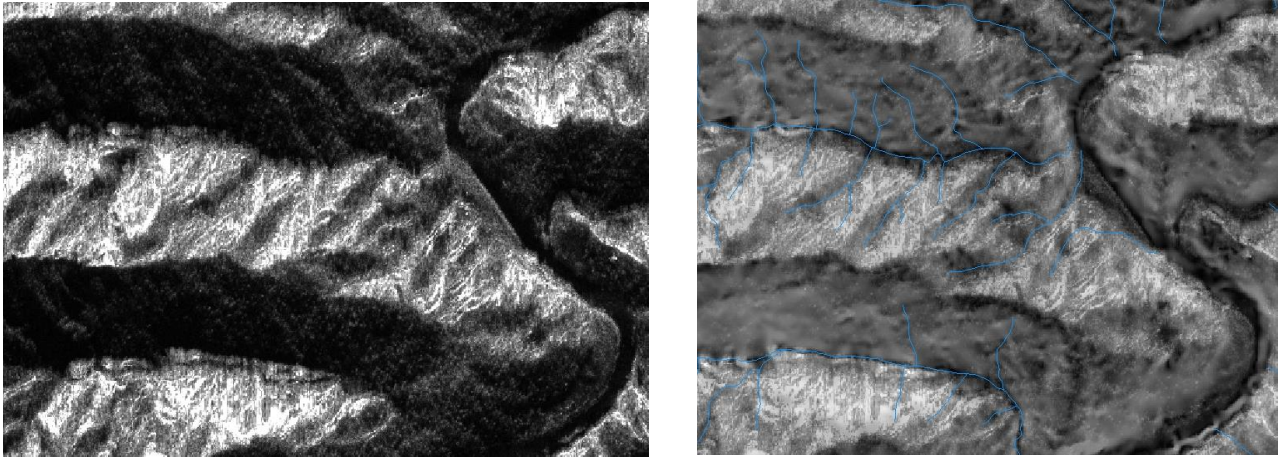


Figura 23. Zona B: Banda P y Banda P al 60%+Mapa de pendientes.

La utilización de este método permite dar un efecto de sombreado y de profundidad a las imágenes, los recorridos de los drenajes se muestran en tonos oscuros haciéndose más visibles sus bordes por el contraste entre tonos y permitiendo identificar mejor sus recorridos y formas al poder separarlos mejor en las escalas de grises, tiene un mejor efecto en la banda X debido los niveles más claros de la imágenes aunque en la banda P también permite la delineación de los drenajes, esto se debe a que en el mapa de pendientes las líneas de drenajes tienen unos tonos más oscuros que es resto de las áreas resaltándose a través de la transparencia y fundiéndose con el resto de los elementos de las Banda X o P.

Introduciendo un nuevo elemento a este nuevo procedimiento como es el Color de mapa de pendientes mejoramos la visualización e identificación de los drenajes sobre Cualquiera de las bandas ya que en el contraste de las imágenes se puede ver más claramente los recorridos de los drenajes en colores grises resaltando sobre los demás como se ve en las figuras a continuación.

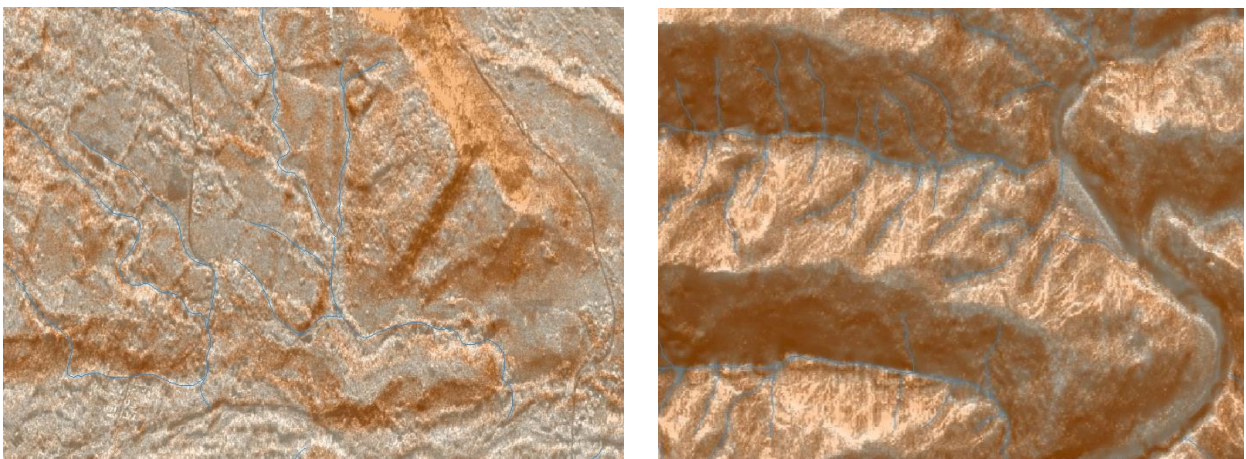


Figura 24. Zona A y Zona B Banda X + Mapa de Pendientes en color

4.6. INTERPRETACIÓN EN FALSO COLOR

Finalmente como último ejercicio se planteó el uso del color para la interpretación de las imágenes de Radar del sistema GeoSAR, mediante la unión de las Bandas en una sola imagen y su representación en Formato RGB de imágenes. Los insumos Banda X, Banda P y el DEM de la banda P se mezclaron mediante el uso de la Herramienta Merge de PCI Geomática [15] generando una nueva imagen que contiene la unión de los 3 productos lo que hace posible su combinación en colores semejjando una imagen multispectral al poder combinar en colores RGB, cada una de las Bandas de los productos GeoSAR.

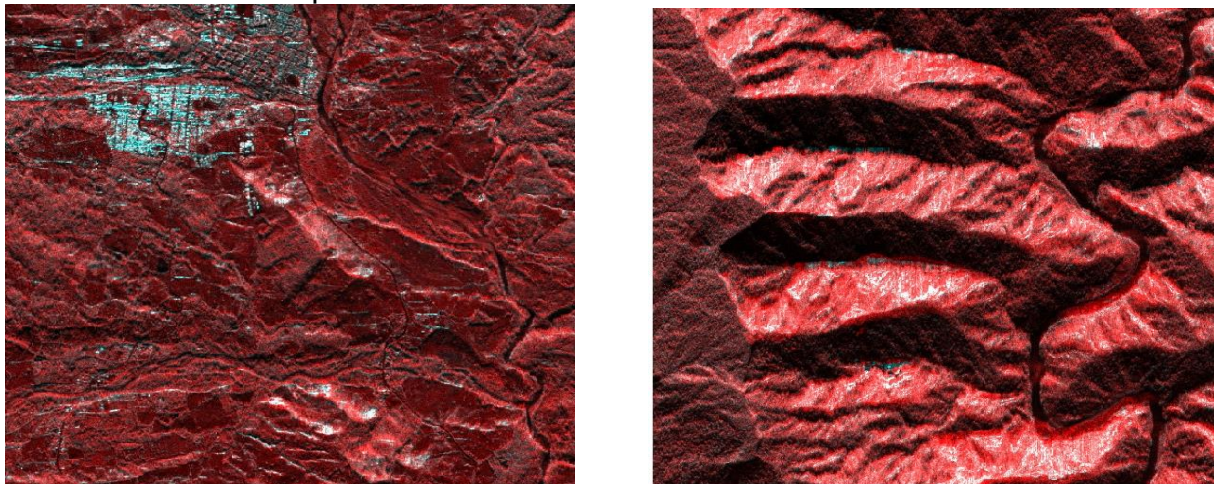


Figura 25. Zona A y Zona B Banda X + Banda P + Banda P

Las bandas se mezclaron en el orden de longitud de onda de menor a mayor y por último el DEM es decir canal 1: Banda X en el canal 2 La banda P y en el canal 3 el DEM de la Banda P, en esta combinación de falso color que es 122 vemos como se realzan todos elementos de la imagen gracias a la utilización del falso color incrementándose la diferencia entre los drenajes haciéndose más notorios en tonos oscuros mientras que las zonas urbanas y vías que se ven en colores claros en la imagen de radar toman colores Cyan, intensificándose las texturas de los bosques haciéndolos más identificables.

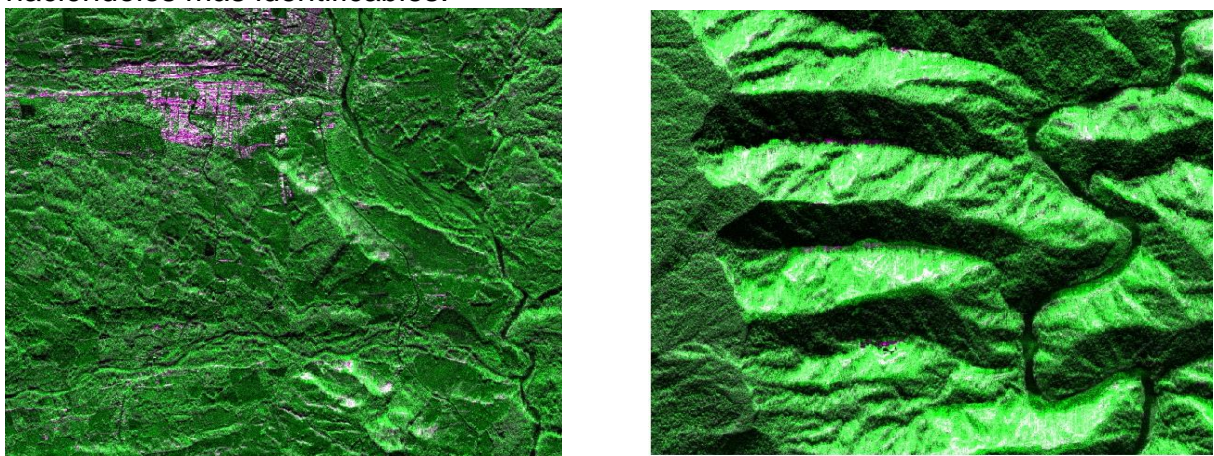


Figura 26. Zona A y Zona B Banda P + Banda X + Banda P

Otra combinación de insumos en combinación 212 genera una imagen en tonos Verdes y violetas creando un efecto de vegetación realzando nuevamente los drenajes, sus bordes se ven más claramente identificándose su recorrido y haciéndoles plenamente identificables.

CONCLUSIONES

La identificación e interpretación de drenajes en las imágenes de radar es más precisa en terrenos inclinados y/o con diferencias altas en los relieves debido al incrementos de las texturas y a al aumento de la retro dispersión traduciéndose en más energía al sensor y por lo tanto se muestran mejor las variaciones y los elementos que componen el terreno, dificultándose en terrenos planos y más aún en longitudes de onda más grandes por que la reto dispersión es menor y esta longitud de onda dependiendo de la zona puede hacer que los objetos presenten una rugosidad que no existe

La interpretación de drenajes en zonas planas es una labor dispendiosa que exige la agudeza visual y la experiencia del interprete ya que fácilmente pueden confundirse con otros elementos de la topografía, Para la identificación de los drenajes en zonas planas es aconsejable la utilización de la banda X debido a que aunque tiene una menor penetración en el terreno, tiene una mejor resolución y una escala de grises con menor intensidad que la de la Banda P.

La Generación de drenajes automáticamente es una buena ayuda en la interpretación y captura de los drenajes más en las imágenes de radar dado lo complejo del proceso por las características de estas imágenes, sin embargo su utilidad es más como insumo para identificar redes de drenajes en zonas donde nos son tan visibles, como en las zonas de poca pendiente o planas, donde tienen un buen comportamiento ajustándose al terreno, sin embargo este método aumenta su error directamente al aumentar la pendiente del terreno ya que al aumentar la topografía también aumentan las formas y relieves de los drenajes, los cuales son imposibles de representar fielmente por el algoritmo haciendo necesario la edición manual para generar un producto acorde a la imagen y con mejor exactitud posicional.

En la aplicación de filtros a las imágenes de radar se obtuvieron mejores resultados con el filtro adaptativo de Lee, ya los filtros adaptativos son los más recomendables para las imágenes de radar gracias a su propiedad de adaptarse a las condiciones de la imágenes y tratar de recrear en cada pixel la relación entre señales en tiempo real, eliminado el moteado o ruido de la imagen pero sin perder los borde y los detalles como para con los otros filtros aplicados. La aplicación del Filtro Adaptativo Lee tiene mayor utilización y aprovechamiento en la interpretación de otros elementos de la imagen que tienen más relación con la textura como son los bosques, los cultivos y en general en el uso y cobertura de la tierra, ya que ayudan a una mejor definición de estas.

La utilización del mapa de pendientes como insumo en la interpretación de drenajes sobre imágenes de Radar GeoSAR es muy importante primero como un elemento que nos permite clasificar las zonas de acuerdo a su pendiente y por ende obtener sus características y usos predominantes usando la Clasificación de Tierras [3] lo que nos permite conocer un poco más acerca de los tipos de vegetación y usos que se pudieran presentar en la zona para poder realizar una interpretación más adecuada y segundo como un insumo que en escala de grises o en color nos realza los recorridos y bordes de los drenajes en ambas bandas.

Las composiciones a falso color mediante la combinación e integración de productos en una sola imagen permite interpretar con mayor facilidad las imágenes de Radar asemejándose a las imágenes espectrales, sin embargo hay que tener en cuenta que estas combinaciones no muestran el comportamiento espectral de los elementos sino simplemente una forma de visualización que cambia los tonos de grises por tonos de color que al combinarse generan realce de texturas y formas y permiten una mejor diferenciación de elementos, los cuales sirven para presentación de resultados y en algunos casos para toma de decisiones entre recorridos de drenajes, sin embargo la interpretación de los drenajes es mucho más eficiente si se combinan varias de las técnicas aquí expuestas, mostrando mejores resultados en las interpretaciones sobre la Banda X, y en terrenos con más relieve como la Zona B donde las imágenes de Radar tienen más utilidad en el la representación de la topografía de la zona.

Finalmente se puede concluir que las imágenes de radar de GeoSAR son un excelente insumo para la actualización de cartografía y la captura de elementos como drenajes dobles y sencillos, ya que cuenta con muchos insumos que al poderse combinar mediante las técnicas descritas da mucho más elementos para su interpretación y captura por parte de intérpretes con mucha o poca experiencia y aportando elementos no solo para la interpretación y clasificación sino también elementos para el estudio de cuencas , drenajes, pendientes y alturas basados en el DEM.

AGRADECIMIENTOS

A Jacky, en los momentos más difíciles estuviste a mi lado, en la distancia fuiste el apoyo y la fuerza para llevar a cabo y concluir este proyecto, gracias por creer en mí. A mis compañeros de especialización, con los que recorrimos juntos este camino que hoy termina pero que nos ha hecho mejores profesionales y mejores personas. A Dios por darme la vida y mostrarme el camino a seguir.

REFERENCIAS

- [1] Pérez Carlos, Muñoz Luis. (2006) Teledetección Nociones y Aplicaciones. Salamanca. Universidad de Salamanca, 359p
- [2] Chuvieco Salinero, E.,(1990).Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid. Ediciones Rialp, 453p.
- [3] Mosquera López, L., (1986) Clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Bogotá. IGAC, 39p.

- [4] Sharp Bill., Introduction to the New GeoSAR Interferometric Radar Sensor, http://www.nps.edu/.../Fugro_GeoSAR.pdf
- [5] Wheeler Kevin y Hensley Scott, (2000) The GeoSAR Airbone mapping System. <http://trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/bitstream/2014/13977/1/00-0356.pdf>
- [6] Fugroearthdata, Topographic Mapping with GeoSAR. http://www.geosar.com/downloads/Topographic_GeoSAR.pdf
- [7] Corbley, Kevin, (2010). GeoSAR - Making Mapping the 'Impossible' Possible, <http://www.geosar.com/downloads/GeoSAR.pdf>
- [8] Fugroearthdata, (2009.) GeoSAR Product HandBook
- [9] USDA- FDA, (2008) Aerial Photography Field Office,Fugro EarthData Yazoo County, Mississippi,GeoSAR Evaluation Report. http://www.fsa.usda.gov/Internet/FSA_File/gesar_yazoo_co_ms_evaluation_.pdf
- [10] Kampes Bert, Blaskovich, Megan y otros. (2011) Fugro GeoSAR airborne dual-band ifsar dtm processing. <http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/Milwaukee2011/files/Kampes.pdf>
- [11] Carson Thomas. (2008) Topographic Mapping in the Equatorial Belt using Dual-Frequency Airborne IFSAR (GeoSAR); En PE&RS (Photogrammetric Engineering & Remote Sensing), Vol. 74.
- [12]ESRI. 2010, ayuda arcgis 10.1 http://resources.arcgis.com/es/help/Geomatica/Manual_PCI_Geomatica10.pdf
- [13]ESRI. 2012. Tutorial de Spatial Analyst. http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_spatial_analyst.pdf
- [14]Jenson, S.K. y Domingue, J.O. (1988) Extracting topographic structure from digital elevation data from geographic information system analysis. En: Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol 54, pp 1593- 1600.
- [15] PCI Geomatics, Manual de Geomática Focus Versión 10.Guia del usuario. <http://www.geosoluciones.cl/documentos/PCI->