

## **Clasificación $H/\alpha/\lambda$ de datos polarimétricos ALOS-PALSAR banda L en áreas forestales de la Mesopotamia argentina**

Miriam Elisabet Presutti

Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
60 y 118 (1900) La Plata. Buenos Aires, Argentina  
Tel +54-221-4236758  
Email: presutti@agro.unlp.edu.ar

**Abstract.** Polarimetric SAR (PolSAR) is sensitive to the orientation of targets and polarimetry could yield several new descriptive radar target detection. Target decomposition theory has been used for information extraction in PolSAR. Many techniques were used in SAR data; the aim is to separate a complex target into simpler scattering mechanism. In this work is explored a technique based on the parameters extraction from the Coherency matrix and the eigenvalues and eigenvectors. These parameters are the Entropy (H), Anisotropy (A) and  $\alpha$  angle. Combining H and  $\alpha$  a bidimensional plane is generated, then any point in this plane can be assigned to a specific scattering mechanism. To get a 3D graphic the parameter  $\lambda$  is included in a third axe. All these parameters were extracted using the free software PolSARPro using a fully polarimetric ALOS-PALSAR image acquired over the study area, located in the northwest portion of Misiones province, Argentina. The preliminary result achieved in this work shows that this technique is valuable in the polarimetric parameters extraction in forest applications.

**Palabras clave:** Entropía, ángulo  $\alpha$ , PolSARPro, descomposición polarimétrica

### **1- Introducción**

La capacidad de los satélites de medir las propiedades polarimétricas del terreno permiten interpretar de una manera innovadora los datos que ellos adquieren (Zebker y Van Zyl, 1991). Los radares polarimétricos de la nueva generación ofrecen mejores capacidades para la obtención de información sobre las propiedades físicas del terreno comparados con los sensores que operan en un único canal. Un radar polarimétrico mide la amplitud y la fase de las ondas retrodispersadas en los cuatro canales lineales (HH, HV, VV y VH). Varias investigaciones han reportado el uso de datos polarimétricos en aplicaciones agrícolas y forestales (Proisy et al., 2002, Freeman y Durden, 1998). En aplicaciones medioambientales y de observación de la tierra los radares polarimétricos son una poderosa herramienta para obtener información física cuantitativa.

En estos estudios es de gran importancia extraer información física a partir de la retrodispersión por superficie o por volumen. Se distinguen dos tipos de blancos: los puros y los distribuidos, para estos últimos se calculan mecanismos de dispersión promedios o dominantes, con fines de clasificación. Existen diversos métodos de descomposición de blancos, teorema de descomposición, basados en la descomposición de la matriz de dispersión, otros basados en la matriz de covarianza o matriz de coherencia, otros basados en el análisis de los autovalores/autovectores de la matriz de covarianza o matriz de coherencia.

En 1997 Cloude y Pottier propusieron un método para extraer parámetros polarimétricos basados en estadística de segundo orden, mediante el análisis de la matriz de coherencia de 3X3 donde los autovectores proveen una descripción del tipo de procesos de dispersión que ocurren cuando la onda incidente interactúa con los blancos en el terreno; mientras que los autovalores de la matriz dan información de su magnitud relativa. Para describir los mecanismos de dispersión de un blanco, introducen los parámetros polarimétricos entropía (H), anisotropía (A), derivados de los autovalores y los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , derivados de los autovectores de la matriz. Los parámetros extraídos de la matriz de coherencia se

corresponden con el tipo de proceso de dispersión que ocurren en un pixel (combinación entre H y A) y el correspondiente mecanismo físico ( $\alpha$ ). Estos parámetros son valores relativos medidos de los autovalores, por lo cual no requieren calibración radiométrica de los datos. Este modelo asume que siempre existe un mecanismo de interacción dominante y promedio en cada pixel por lo cual busca los parámetros de ese componente promedio. (Cloude y Pottier, 1997)

Combinando H y  $\alpha$  se obtiene un gráfico bidimensional (Figura 1a), luego cualquier punto ubicado en este espacio puede ser asignado a un mecanismo de interacción, ya que este provee información sobre la geometría de los objetos en el terreno. Este plano se divide en 9 zonas (una es no factible), en cada una de las cuales domina un mecanismo de dispersión.

Los valores de H se restringen al intervalo  $0 \leq H \leq 1$  siendo un indicador de la aleatoriedad ( $H=1$ ) o pureza ( $H=0$ ) de los mecanismos de dispersión presentes en el área de estudio, a mayor H el blanco depolariza mas la onda. Si  $H=0$  existe un solo proceso de dispersión y si  $H=1$  hay tres mecanismos que contribuyen de igual modo en el proceso y no existe ninguno que domine.

De acuerdo con Cloude y Pottier (1997) la asociación entre H y  $\alpha$  indica el mecanismo de interacción medio dominante, donde ángulos mayores de  $45^\circ$  corresponden a anisotropía de diedros y menores a  $45^\circ$  a una superficie anisotrópica. Para la H el límite entre baja y media es 0.5 y entre media y alta es 0.9 (Lee y Pottier, 2009).

Cao y Hong (2005) propusieron un nuevo parámetro polarimétrico, la Intensidad promedio (I), incorporando al gráfico anterior otro eje para representar el espacio I/ $\alpha$ /H (Figura 1b). Este parámetro se calcula a partir de la descomposición de Cloude-Pottier y contiene la información de intensidad y probabilidades de los tres mecanismos de dispersión.

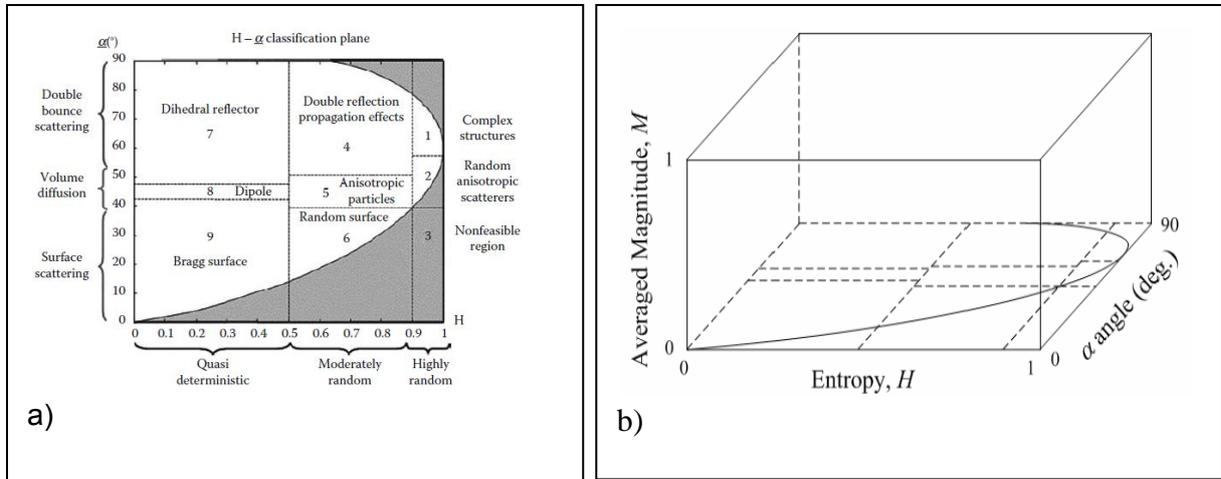


Figura 1 a) Plano bidimensional H/ $\alpha$  Zonas del histograma de densidad de los parámetros Entropía (H) vs  $\alpha$ . Las zonas 1,4 y 7 corresponden a dispersión múltiple, las 2, 5 y 8 a volumen, las 6 y 9 superficie, la zona 3 (no factible) (Lee y Pottier, 2009) b). Gráfico tridimensional que incorpora la Intensidad al plano H/ $\alpha$  (Cao y Hong, 2005)

El programa de procesamiento de imágenes SAR de libre acceso PolSARPro, incorpora la intensidad en la denominada Clasificación H/ $\alpha$ / $\lambda$ , basada en la clásica H/ $\alpha$  clasificación no supervisada, donde el plano H/ $\alpha$  se divide en tres planos independientes de acuerdo al valor de  $\lambda$  o intensidad promedio. Los valores de  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  se determinan automáticamente a partir de la distribución de los valores de intensidad promedio, considerando el mínimo, el máximo y la mediana. Los pixeles son asignado a una de las  $9 \times 3 = 27$  clases delimitadas en el plano H/ $\alpha$ .

El objetivo de este trabajo es evaluar la clasificación  $H/\alpha/\lambda$  en banda L en la discriminación de blancos distribuidos en regiones boscosas.

## 2- Metodología

Se utilizó una imagen ALOS- PALSAR (Advanced Land Observing Satellite - Phased array L Band Synthetic Aperture Radar) banda L, 1270 MHz, que resulta en una longitud de onda de 23.62 cm y fue desarrollado por la Japanese Aerospace Exploration Agency (JAXA). La imagen fue adquirida el 3 de abril de 2011 en modo polarimétrico (PLR), Nivel de procesamiento 1.1, SLC (Single Look Complex) provista en geometría slant range, el ángulo de incidencia en el centro de la escena es de  $24^\circ$ , este producto conserva la información de fase. La imagen fue adquirida sobre una zona ubicada en la región noroeste de la provincia de Misiones, Argentina, localizada entre los  $25^\circ31'$  y  $26^\circ04'$  de Latitud Sur y  $54^\circ43'$  y  $54^\circ17'$  de Longitud Oeste. En la zona de estudio está ubicado el Parque Nacional Iguazú, donde se encuentran bosques nativos, los Ríos Iguazú y su desembocadura en el Paraná. Por fuera del parque se observan diferentes plantaciones comerciales de especies forestales y el gran espejo de agua que produce la represa hidroeléctrica Urugua-í.

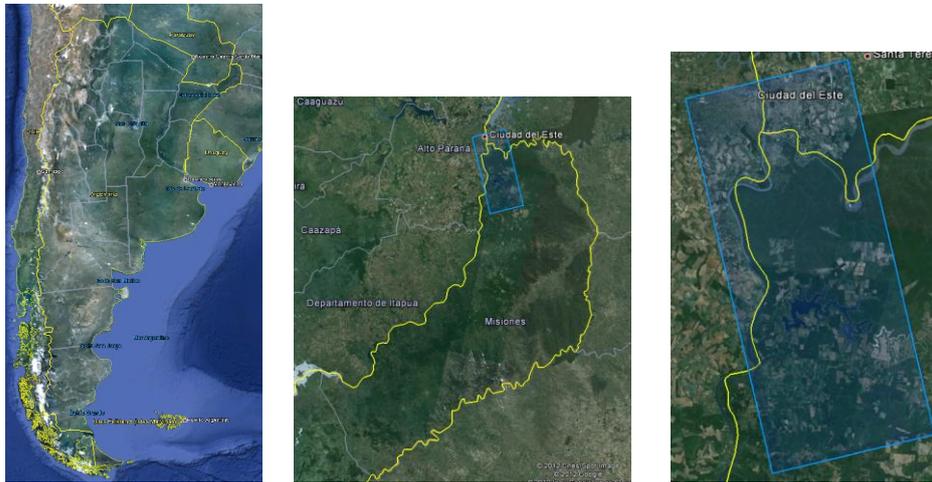


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la provincia de Misiones, noreste de Argentina.

Se cuenta también con una imagen Landsat TM Path 224 Row 78 adquirida el 8 de abril de 2011, cinco días después que la imagen radar.

En el procesamiento de la imagen SAR se utilizó el Programa PolSARPro V4.2, desarrollado por la ESA y de libre acceso (<http://earth.eo.esa.int/polsarpro/>).

A partir de los datos nivel 1.1 se extrajo la matriz de coherencia (T3) la cual está relacionada con las propiedades físicas y geométricas del proceso de dispersión permitiendo una mejor y más directa interpretación de los blancos distribuidos. Existen varios métodos para descomponer esta matriz, en este trabajo se utilizó la descomposición  $H/\alpha$  basada en los autovalores y autovectores que permiten la identificación de los mecanismos de interacción a través de la extracción del mayor autovalor. Estos descriptores de los mecanismos de interacción pueden utilizarse en una clasificación no supervisada, usando límites en el plano  $H/\alpha$  para separar las diferentes propiedades de dispersión contenidas en los datos polarimétricos.

La descomposición incoherente trabaja sobre la matriz de coherencia filtrada, por lo cual se aplicó un filtro Lee Sigma con un tamaño de ventana de  $3 \times 3$ .

Se realizó una clasificación  $H/\alpha/\lambda$ , habiéndose generado previamente las imágenes de H (Entropía), A (Anisotropía) y Alpha. Estas imágenes son geolocalizadas utilizando el programa Map Ready desarrollado por la Alaska Satellite Facility (ASF) e integrado al PolSARPro. Esta clasificación arroja como resultados los siguientes archivos: resultado de la clasificación con 27 clases; tres imágenes clasificadas para cada uno de los tres planos de clasificación según los tres rangos de  $\lambda$ , con 9 clases cada una; tres planos de ocurrencia de píxeles (densidad) y tres archivos indicando la localización en cada zona de los datos clasificados en cada plano de clasificación.

### 3- Resultados y Discusión

Se presentan en la Figura 3 las imágenes de Entropía (H), Anisotropía (A) y ángulo  $\alpha$ . Las zonas con cobertura forestal presentan una alta H indicando que el blanco depolariza la onda incidente; bajos valores de A, parámetro complementario de la H, que mide la importancia relativa del segundo y tercer autovalor de la descomposición. Es conveniente usar la A cuando la  $H > 0.7$ , ya que a bajos valores de entropía el segundo y tercer autovalor es altamente afectado por el ruido y en consecuencia también lo es la A. Los valores de  $\alpha$  son medios, apenas más bajos para los bosques nativos (parque nacional) que en las plantaciones fuera del mismo. Estos píxeles se ubican en la zona 4 y 5 de la Figura 1.

Del mismo modo, se analizan las zonas cubiertas con agua que presentan valores bajos en H, A y  $\alpha$  indicando que el blanco es puro y existe un solo mecanismo de interacción. Estos píxeles se ubican en la zona 9 de la Figura 1.

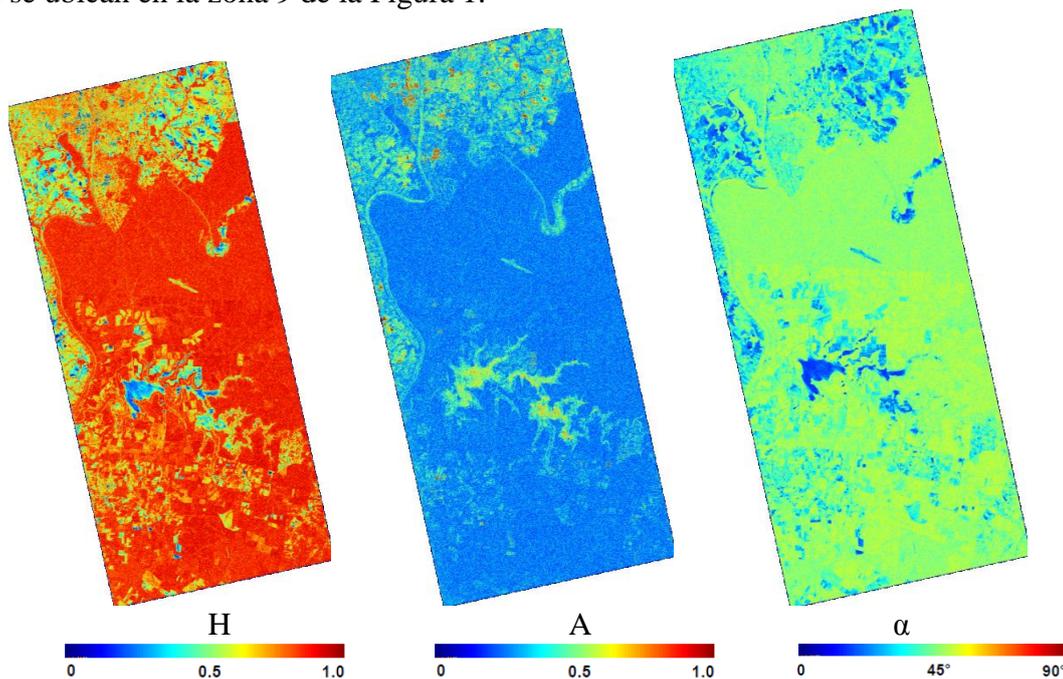
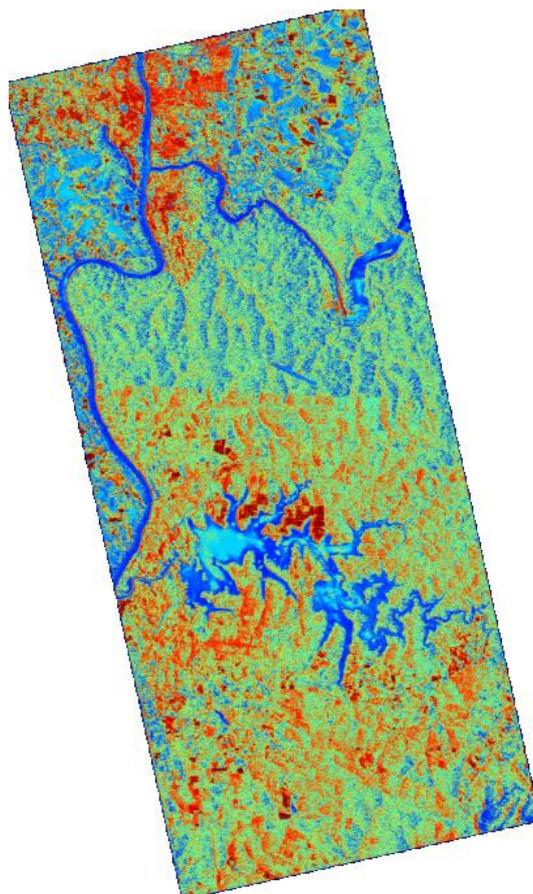


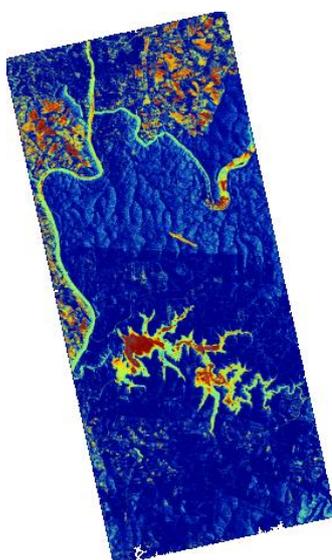
Figura 3. Representación de los parámetros de Entropía (H), Anisotropía (A) y ángulo  $\alpha$

En la Figura 4 se observa el resultado de la clasificación  $H/\alpha/\lambda$  donde los píxeles en tonos rojo corresponden a mecanismos de interacción de doble rebote (zona 7), baja H y altos ángulos  $\alpha$ , (áreas urbanas y áreas desmontadas).

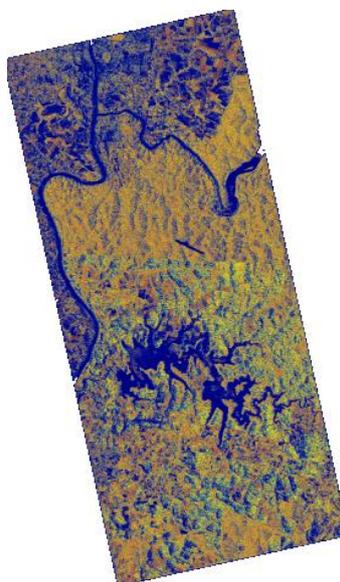
Los píxeles en tonos azules se corresponden a baja H y bajos ángulos  $\alpha$ , por lo que se ubican en la zona 9, representan las zonas cubiertas con agua. Aproximadamente en la mitad de la imagen se observa claramente el límite del Parque Nacional Iguazú, el bosque nativo tiene tonos verdes y azules, mientras que las plantaciones forestales tienen tonos entre verdes y rojos.



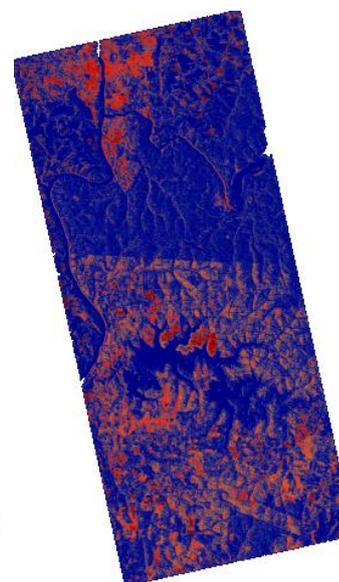
**Clasificación  $H/a/\lambda$ . 27 clases**



Primer plano (9 clases)  
Rango:  $\lambda$  Min -  $\lambda_1$



Planos de Clasificación:  
Segundo plano (9 clases)  
Rango  $\lambda_1 - \lambda_2$



Tercer Plano (9clases)  
Rango  $\lambda_2 - \lambda$ Max

Figura 4. Imagen resultado de la clasificación  $H/a/\lambda$  arriba dividida en 27 clases, abajo las tres imágenes para cada plano según valor de  $\lambda$ .

Las imágenes de los tres planos (Figura 5) en que se subdivide el plano  $H/\alpha$  de acuerdo a los valores de  $\lambda$  ayudan a interpretar las 27 clases generadas como resultado de la clasificación  $H/\alpha/\lambda$ : así se observan en la figura 4, el gran espejo de agua en tonos cyan y azules, indicando los primeros bajos valores de  $H$  y  $\alpha$  y altos valores de  $\lambda$  (tercer plano), mientras que los azules son también bajos valores de  $H$  y  $\alpha$  y bajos o medio valores de  $\lambda$  (primer y segundo plano). La paleta de colores de la figura 5, indica el color de cada zona, correspondiendo los nueve primeros al plano con valores de  $\lambda$  bajos, del 10 al 17 se corresponden con las nueve zonas con valores medios de  $\lambda$  y los últimos valores a valores altos de  $\lambda$ .

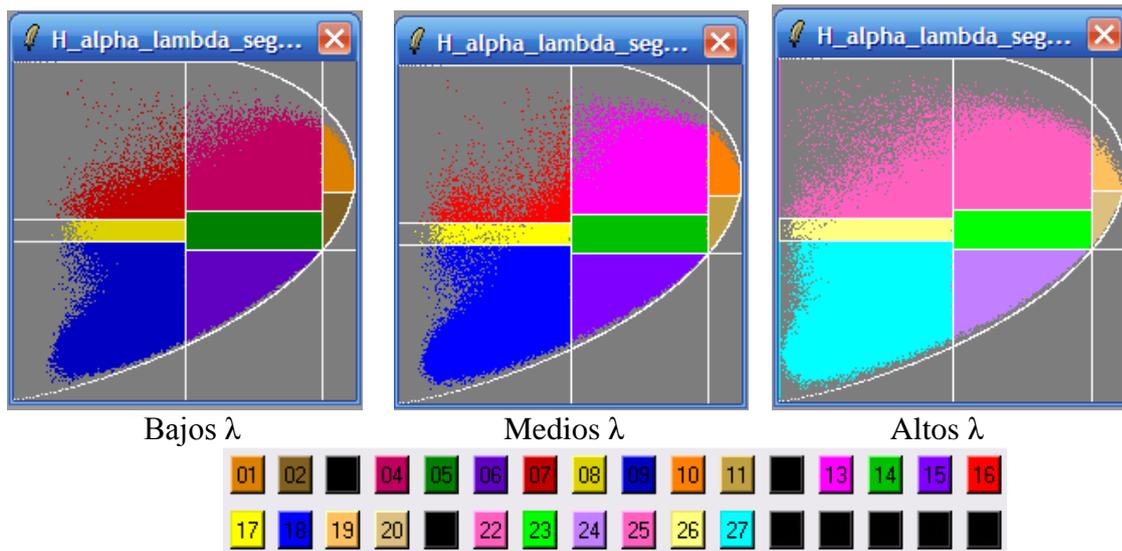


Figura 5. Plano  $H/\alpha$  subdividido en tres planos según rangos de  $\lambda$ , generando 27 clases.

En la Figura 6, se comparan en detalle algunos sectores de la imagen SAR clasificada y la imagen Landsat TM adquiridas el 3 y 8 de abril de 2011 respectivamente. Se observa claramente las zonas urbanas en color rojo que se ubican en la zona 7 e indicando que el mecanismo de interacción dominante es el doble rebote. Se aprecian también en tonos rojos las zonas donde se ha realizado la tala de las plantaciones comerciales; mientras que las zonas cubiertas con agua ubicadas en la zona 9 nos indican que el mecanismo dominante es la interacción de superficie y se muestran en tonos azules.

Por otra parte, en las áreas con bosque nativo dentro del parque, se observan tonos verdes y azules, mezclados con tonos verdes y rojos. Estos patrones siguen el relieve de acuerdo a una interpretación visual, aunque requiere de mayor investigación. Se ubican en las zonas 6 y 4 donde los mecanismos de interacción se corresponden a superficie y partículas anisotrópicas. Los tonos rojos, se ubican en la zona 7 que corresponden a doble rebote, son productos de los claros que se observan en el bosque.

En cuanto a las plantaciones comerciales, que se observan en tonos rojos mezclados con tonos verdes, se deben al doble rebote producto de las hileras de plantación de las especies forestales comerciales.

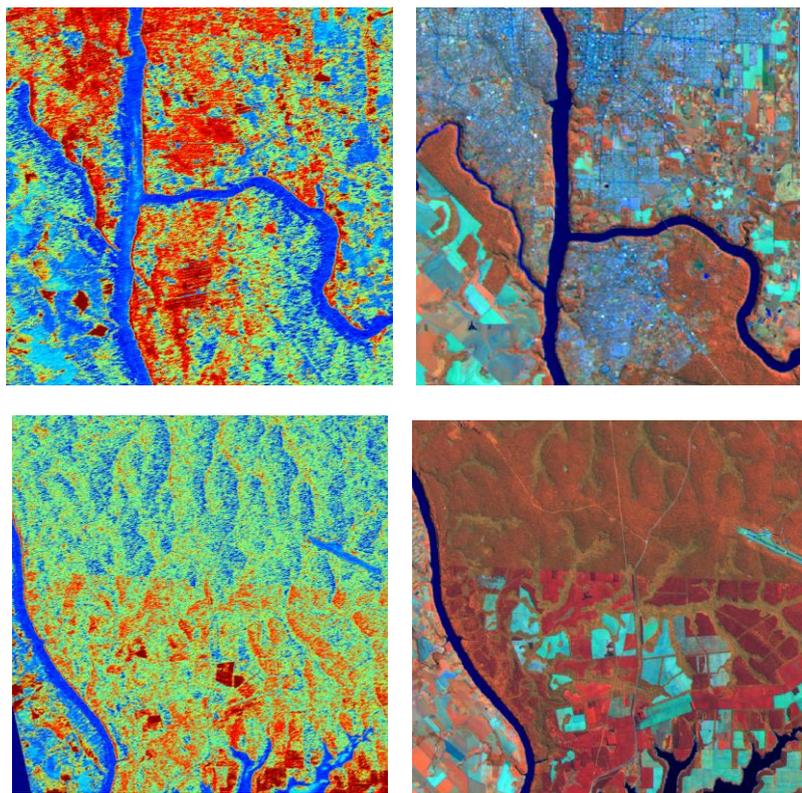


Figura 6. Comparación entre la clasificación  $H/\alpha/\lambda$  y la imagen Landsat (RGB:4,5,3) adquirida cinco días después. a) Triple frontera Argentina-Brasil- Paraguay. Ríos Iguazú y Paraná. b) Límite Parque Nacional Iguazú (Argentina) Bosque nativo hacia el norte y plantaciones forestales comerciales y zonas taladas hacia el sur. Se observa el aeropuerto dentro del parque.

#### 4- Conclusiones

Mediante el análisis preliminar de la clasificación  $H/\alpha/\lambda$  utilizando datos ALOS-PALSAR en banda L se concluye que estos parámetros deben considerarse en el análisis polarimétrico y en la inversión de modelos, ya que brindan información relevante sobre los mecanismos de interacción entre la onda incidente y el blanco en el terreno.

La información contenida en estos parámetros extraídos por estimación local de la matriz de coherencia  $3 \times 3$ , se corresponden con el mecanismo de interacción que ocurre en el pixel a ser clasificado.

Es necesario seguir profundizando en este tipo de análisis, aplicando otras clasificaciones basadas en los autovalores y autovectores.

#### Agradecimientos

A la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales) por la provisión de la imagen ALOS-PALSAR utilizada en este trabajo entregada en el marco del AO-SAOCOM. Proyecto N°28.

### **Referencias Bibliográficas**

Cao Fang y Hong Wen. A New Classification Method Based on Cloude-Pottier Eigenvalue/eigenvector Decomposition. **IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings** (25th) (IGARSS 2005) Seoul, Korea on 25-29 July 2005

Cloude, S. R. and E. Pottier. An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 1997. V35(1) 68-78

Freeman A. and Durden S.L. A three component scattering model for polarimetric SAR data. **IEEE transaction on Geoscience and. Remote Sensing**, 1998 vol. 36, no. 3, pp. 963- 973.

Lee, J.S, y Pottier E. **Polarimetric radar imaging. From basics to applications**. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton. 2009

Proisy C., Mougin E., Fromard F., Trichon V. and Karam M. A.. On the influence of canopy structure on the radar backscattering of mangrove forests. **Int. J. of Remote Sensing**, vol. 23, no. 20, pp. 13, 2002

Zebker Howard A. Y Van Zyl Jakob J. Imaging Radar Polarimetry: A Review. **Proceedings of the IEEE** Vol. 79, No. 11, November -1583-1606, 1991