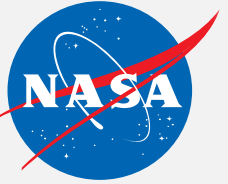


National Aeronautics and  
Space Administration



# ARSET

Applied Remote Sensing Training

<http://arset.gsfc.nasa.gov>

 @NASAARSET

---

## Introducción al Radar Polimétrico

---

Naiara Pinto – Caltech / Jet Propulsion Laboratory

# Agradecimientos

De NASA:

Bruce Chapman

Michael Denbina

Scott Hensley

Marco Lavalle

Yunling Lou

Marc Simard

UAVSAR team

Armstrong Flight Research Center

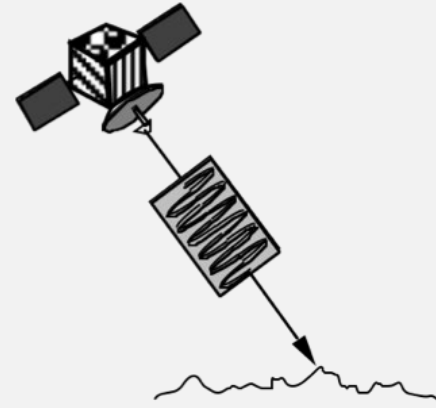
Del Alaska Satellite Facility:

Brian Huberty

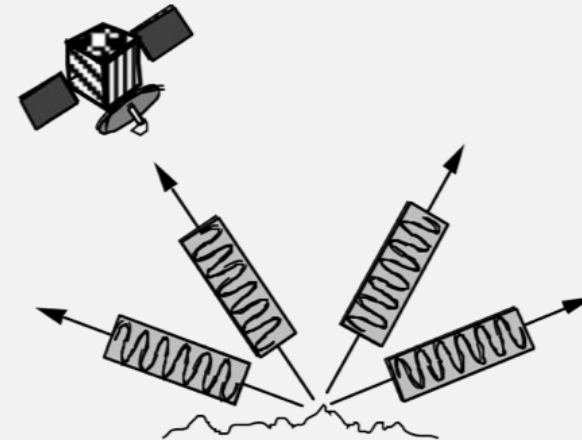


# Objetivos de Aprendizaje

- En el primer seminario SAR en línea aprendimos que la señal de radar interacciona con la superficie terrestre
- La señal recibida por el sensor (retro dispersión) contiene información sobre las propiedades de dispersión de la superficie.
- Hay mas información de la superficie cuando se utilizan varias polarizaciones
- El objetivo es darles una introducción básica sobre la polarimetría y familiarizarlos con
  - Expresiones matemáticas
  - El formato de los datos
  - El procesamiento de los datos para crear mapas de cobertura terrestre



El radar transmite un pulso



El radar mide el eco reflejado (retro dispersión)

Source: ESA- ASAR Handbook

# Estructura de la Presentación

1. Porqué la polarimetría?
2. Polarización
3. Mecanismos de dispersión
4. Datos y software
5. Procesamiento de imágenes de radar de Sentinel-1 (de dos polarizaciones)
6. Procesamiento de imágenes de radar de UAVSAR (de cuatro polarizaciones)
7. Presentación de los resultados



Porqué la Polarimetría?

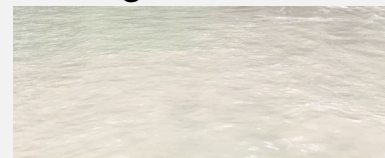
---

# Libreville, Gabón Visto con imágenes ópticas

Bosque



Bancos de lodo



Agua abierta

Manglar denso



Pista de aterrizaje



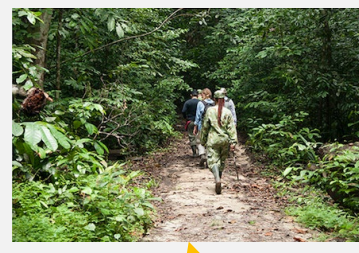
Edificios



Manglar alto

**Libreville, Gabón**  
**Visto con**  
**imágenes de radar**  
**de banda-L**

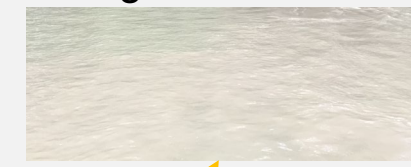
Bosque



Bancos de lodo

HH HV VV

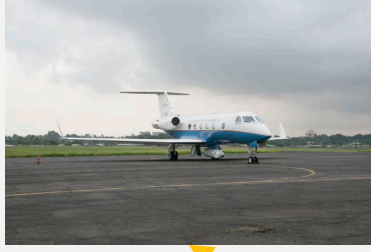
Agua abierta



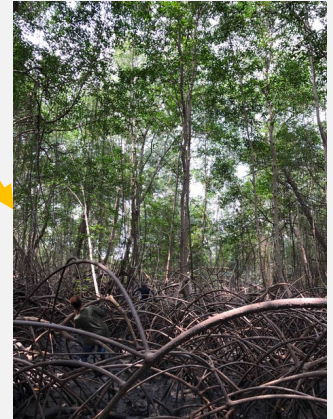
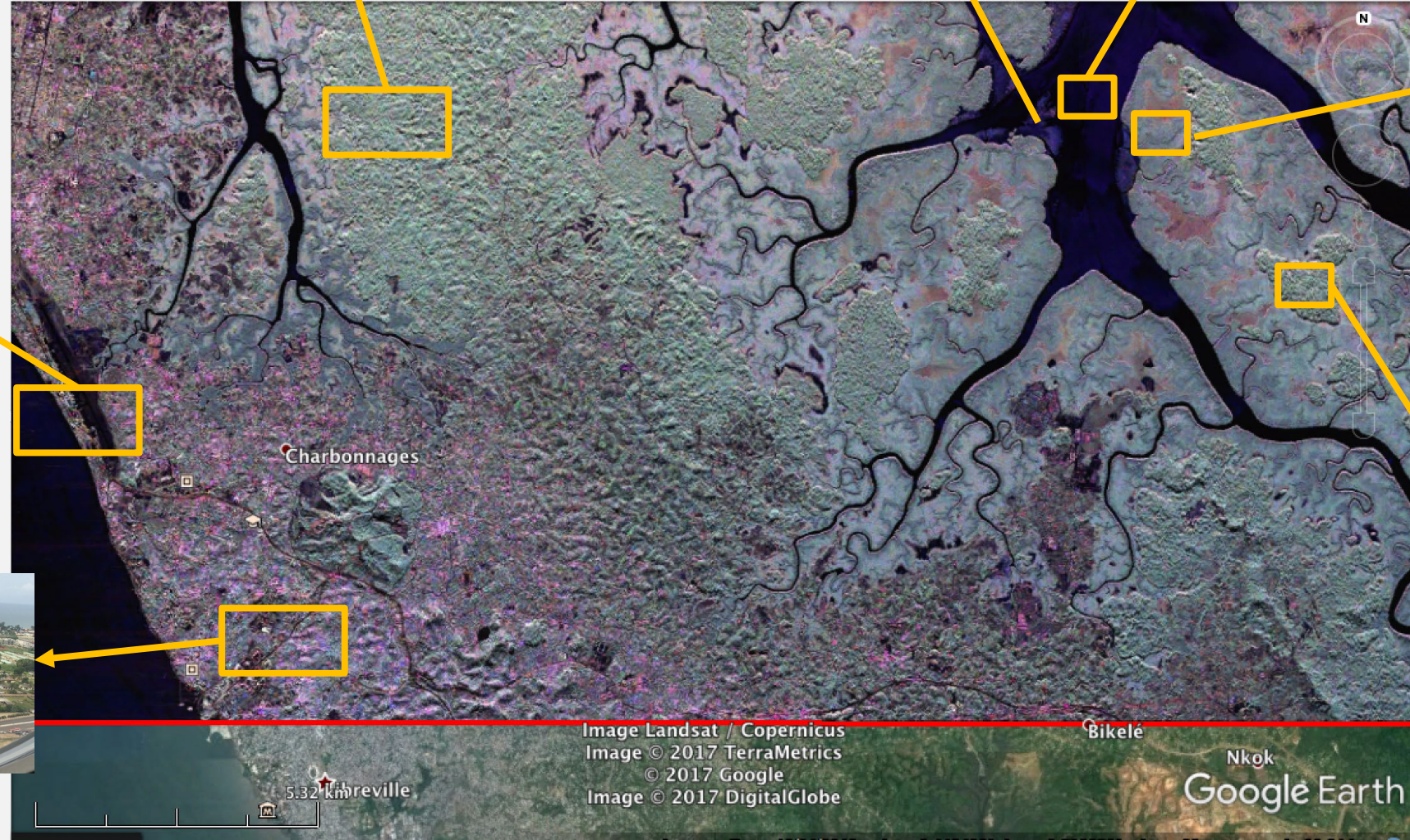
Manglar denso



Pista de aterrizaje



Edificios



Manglar alto

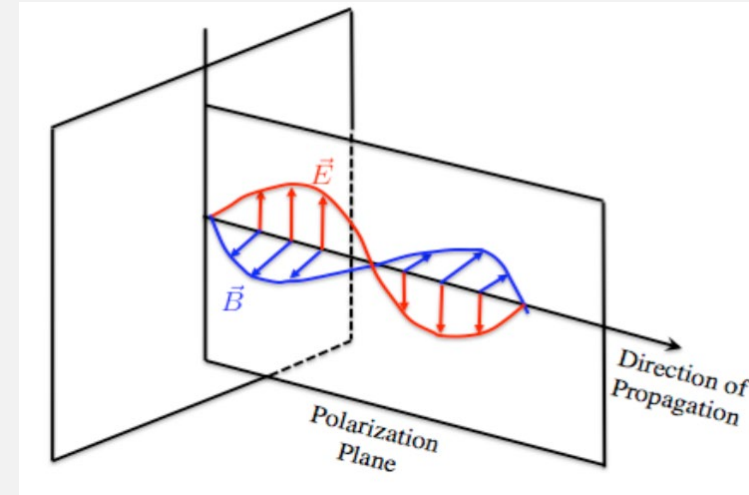


Polarización

---

# Polarización

- El radar produce ondas electromagnéticas. La dirección del campo eléctrico se encuentra en el plano perpendicular a la dirección de propagación y define la polarización de la onda.
- Instrumentos que tienen dos polarizaciones (dual-pol):
  - Transmiten H o V, reciben H y V simultáneamente
- Instrumentos de radar con cuatro polarizaciones (quad-pol):
  - Transmiten H y V en pulsos alternos y reciben H y V simultáneamente
- La intensidad de la señal recibida en diferentes polarizaciones depende de la interacción de la micro onda con la superficie

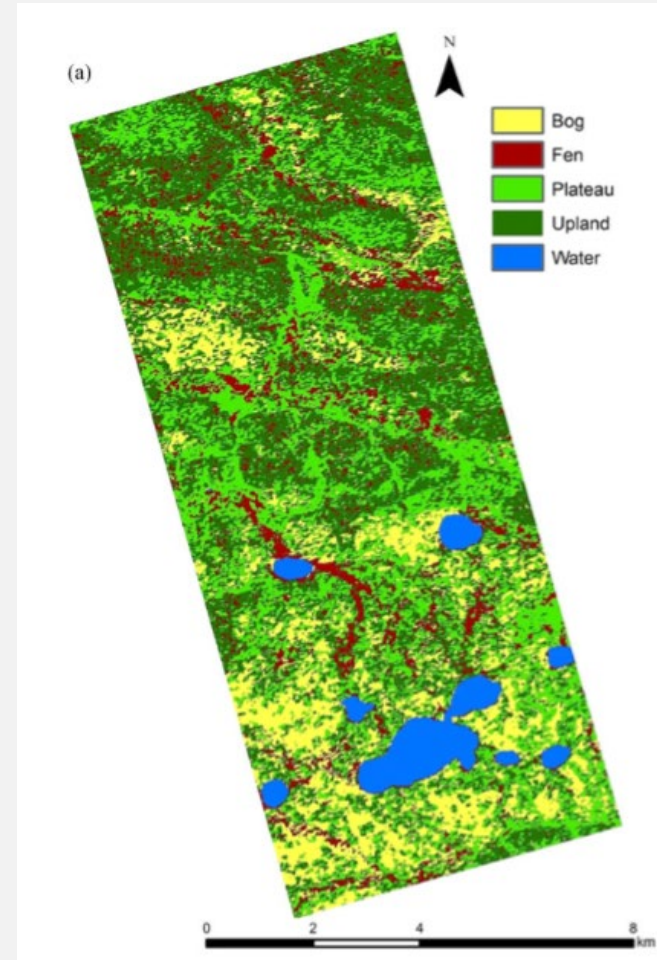


		Transmitida	
		H	V
Recibida	H	HH	VH
	V	HV	VV

# Polarimetría

- Radar polarimétrico permite hacer estudios utilizando múltiples retornos polarimétricos para inferir información sobre la superficie.
- Algunas aplicaciones son las siguientes:
  - Criosfera
  - Vegetación
  - Hidrología
- Dos enfoques complementarios para estudiar polarimetría son:
  - Los modelos teóricos que predicen como la señal polarizada interactúa con diferentes medios
  - Observaciones hechas con datos de teledetección indican que diferentes tipos de coberturas terrestres tienen polarizaciones específicas.

Mapping Canadian peatlands: Merchant et al. 2017



An aerial photograph of a river delta, showing a complex network of channels and distributaries. A semi-transparent rectangular box is overlaid on the center of the image, containing the text 'Mecanismos de Dispersión'.

# Mecanismos de Dispersión

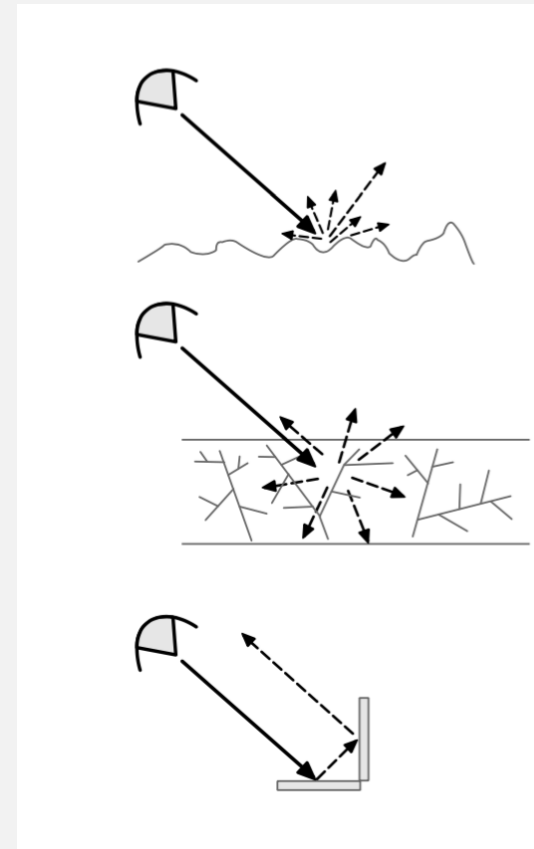
---

# Mecanismos de Dispersión

- Para cuantificar los mecanismos de dispersión se comienza codificando la señal de radar recibida en una matriz de dispersión
- En el caso de quad-pol, la señal recibida es representada con una matriz de coherencia de 3x3 T3:

$$[T] = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \langle |S_{HH} + S_{VV}|^2 \rangle & \langle (S_{HH} + S_{VV})(S_{HH} - S_{VV})^* \rangle & 2\langle (S_{HH} + S_{VV})S_{HV}^* \rangle \\ \langle (S_{HH} - S_{VV})(S_{HH} + S_{VV})^* \rangle & \langle |S_{HH} - S_{VV}|^2 \rangle & 2\langle (S_{HH} - S_{VV})S_{HV}^* \rangle \\ 2\langle S_{HV}(S_{HH} + S_{VV})^* \rangle & 2\langle S_{HV}(S_{HH} - S_{VV})^* \rangle & 4\langle |S_{HV}|^2 \rangle \end{bmatrix}$$

- \* significada conjugación y  $\langle \rangle$  significa el promedio
- Todos los 9 elementos en la matriz T son calculados para cada pixel en la imagen.
- Emplearemos descomposiciones polarimétricas para obtener un set de parámetros para clasificar los mecanismos de dispersión.



Superficie

Dispersión por volumen

Doble-rebote

# Descomposición H- $\alpha$

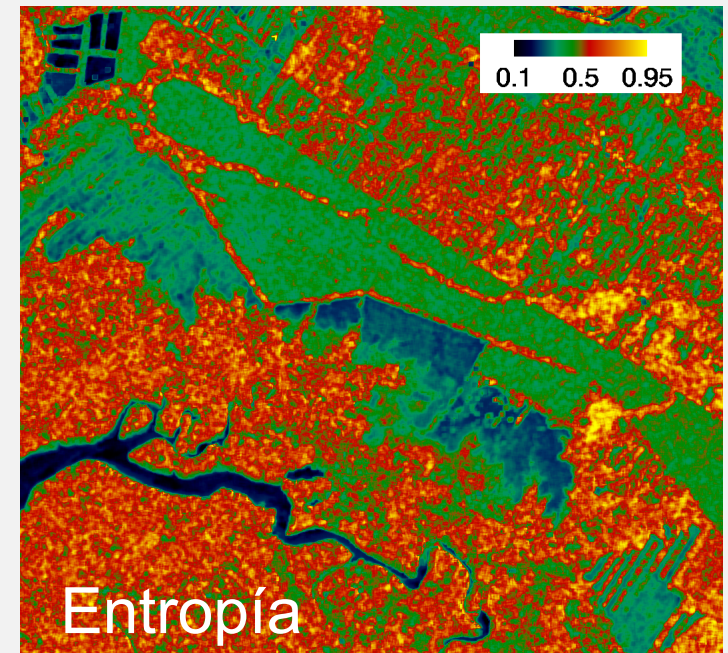
- En base al valor propio/ vector propio (eigenvalue/eigenvector) de la descomposición de la matriz T3

$$[T] = [U_3] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} [U_3]^*{}^T$$

$$[U_3] = \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \alpha_2 & \cos \alpha_3 \\ \sin \alpha_1 \cos \beta_1 e^{i\delta_1} & \sin \alpha_2 \cos \beta_2 e^{i\delta_2} & \sin \alpha_3 \cos \beta_3 e^{i\delta_3} \\ \sin \alpha_1 \sin \beta_1 e^{i\gamma_1} & \sin \alpha_2 \sin \beta_2 e^{i\gamma_2} & \sin \alpha_3 \sin \beta_3 e^{i\gamma_3} \end{bmatrix}$$

- Los valores propios  $\lambda$  son usados para calcular entropía<sub>3</sub> (H) la cual es una función del ruido debido a la despolarización.

$$\text{entropy: } H = \sum_{i=1}^3 p_i \log_3 p_i \quad 0 \leq H \leq 1 \quad p_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{q=1}^3 \lambda_q}$$



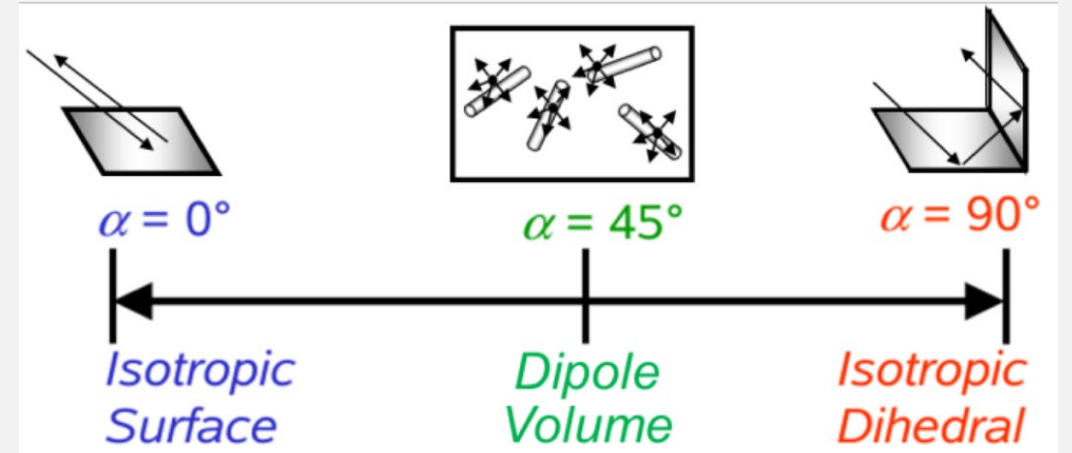
# Descomposición H- $\alpha$

- En base al valor propio/ vector propio (eigenvalue/eigenvector) de la descomposición de la matriz T3

$$[T] = [U_3] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} [U_3]^*{}^T$$

$$[U_3] = \begin{bmatrix} \cos \alpha_1 & \cos \alpha_2 & \cos \alpha_3 \\ \sin \alpha_1 \cos \beta_1 e^{i\delta_1} & \sin \alpha_2 \cos \beta_2 e^{i\delta_2} & \sin \alpha_3 \cos \beta_3 e^{i\delta_3} \\ \sin \alpha_1 \sin \beta_1 e^{i\gamma_1} & \sin \alpha_2 \sin \beta_2 e^{i\gamma_2} & \sin \alpha_3 \sin \beta_3 e^{i\gamma_3} \end{bmatrix}$$

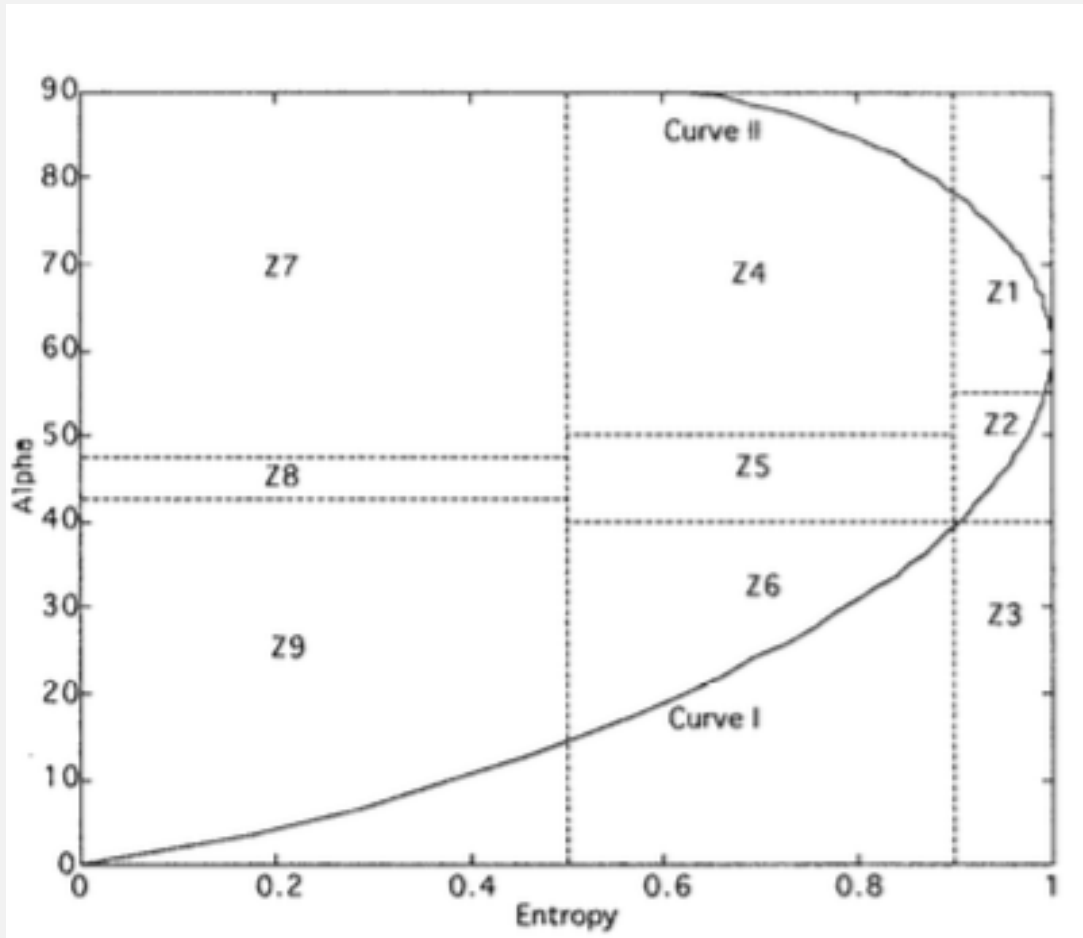
- Los vectores propios contienen el parámetro  $\alpha$  el cual representa el mecanismo de dispersión dominante.



$$\text{alpha: } \alpha = \sum_{i=1}^3 p_i \alpha_i \quad 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$$

Figure from Jagdhuber, Thomas, et al. "Identification of soil freezing and thawing states using SAR polarimetry at C-Band." *Remote Sensing* 6.3 (2014): 2008-2023.

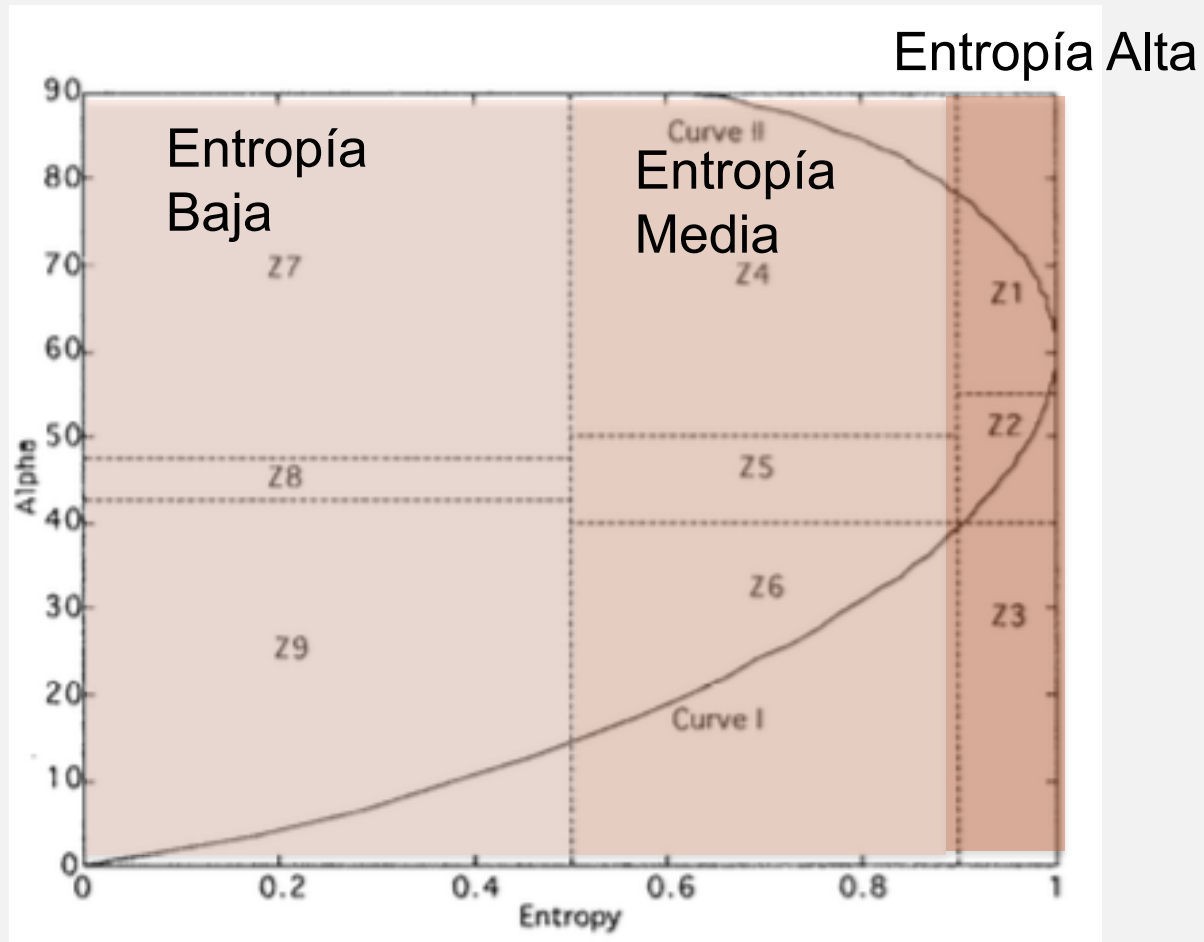
# Clasificación H- $\alpha$



- Un sistema de dos parámetros es utilizado para clasificar diferentes tipos de dispersión.
- 9 zonas
- Los resultados de esta clasificación no-supervisada pueden ser combinados con otros datos y ser utilizados en una clasificación supervisada.
- Por ejemplo: Qi, Zhixin, et al. "A novel algorithm for land use and land cover classification using RADARSAT-2 polarimetric SAR data." *Remote Sensing of Environment* 118 (2012): 21-39.

Cloude, Shane R., and Eric Pottier. "An entropy based classification scheme for land applications of polarimetric SAR." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 35.1 (1997): 68-78.

# Clasificación H- $\alpha$

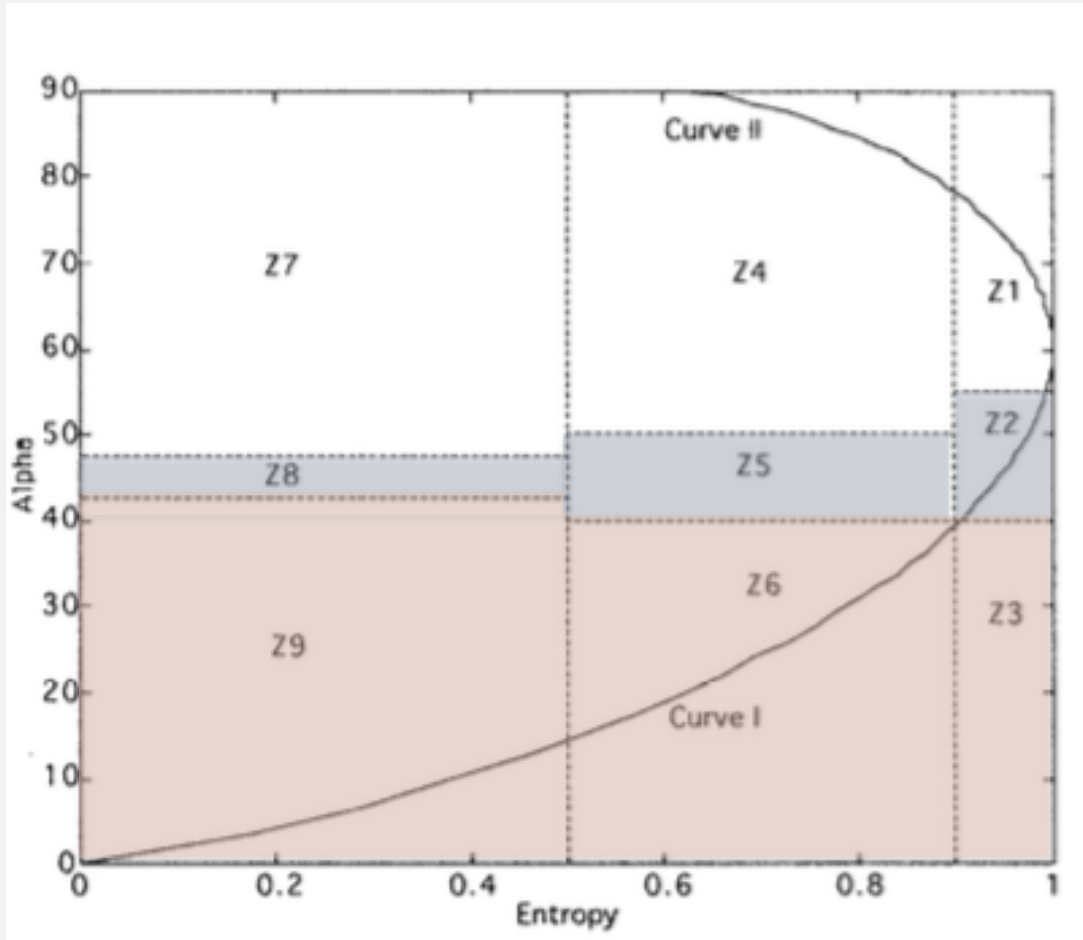


# Clasificación H- $\alpha$

Multiple

Dipolo /  
vegetación

Superficie

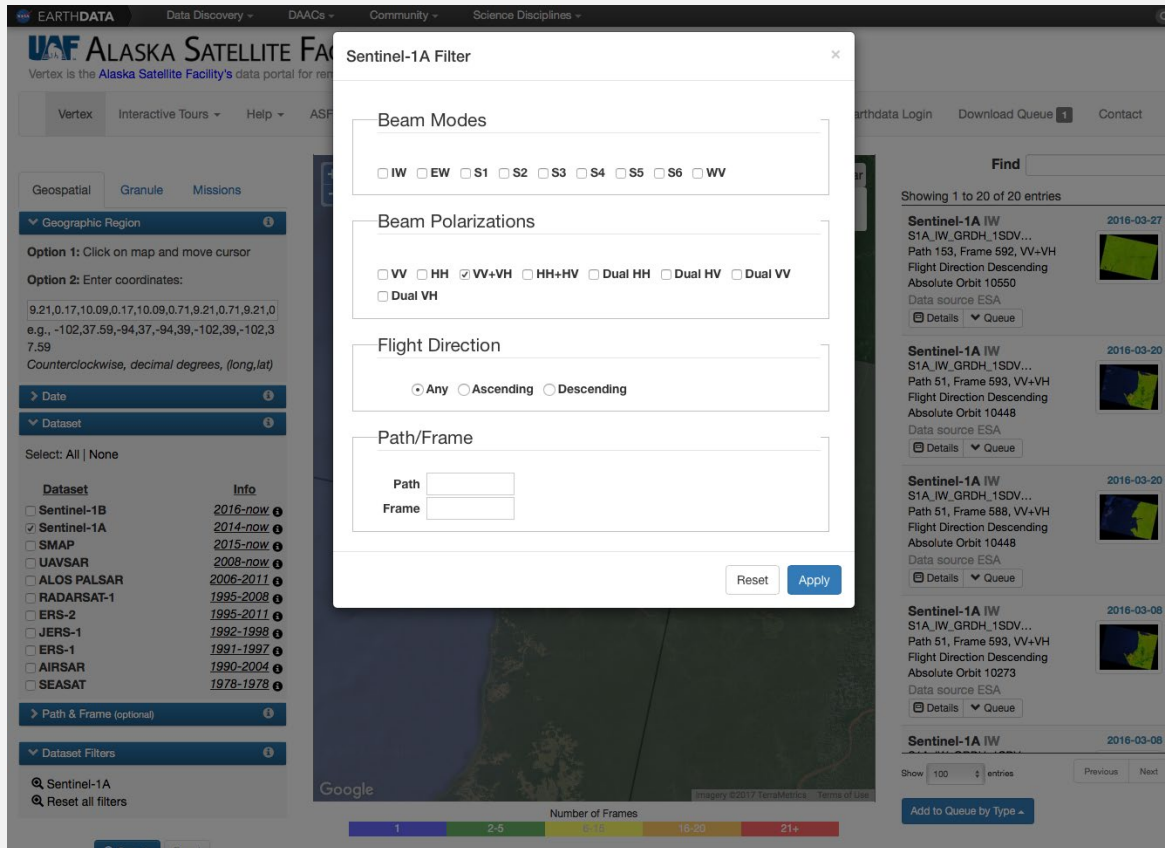




# Procesamiento de Imágenes de Sentinel-1

---

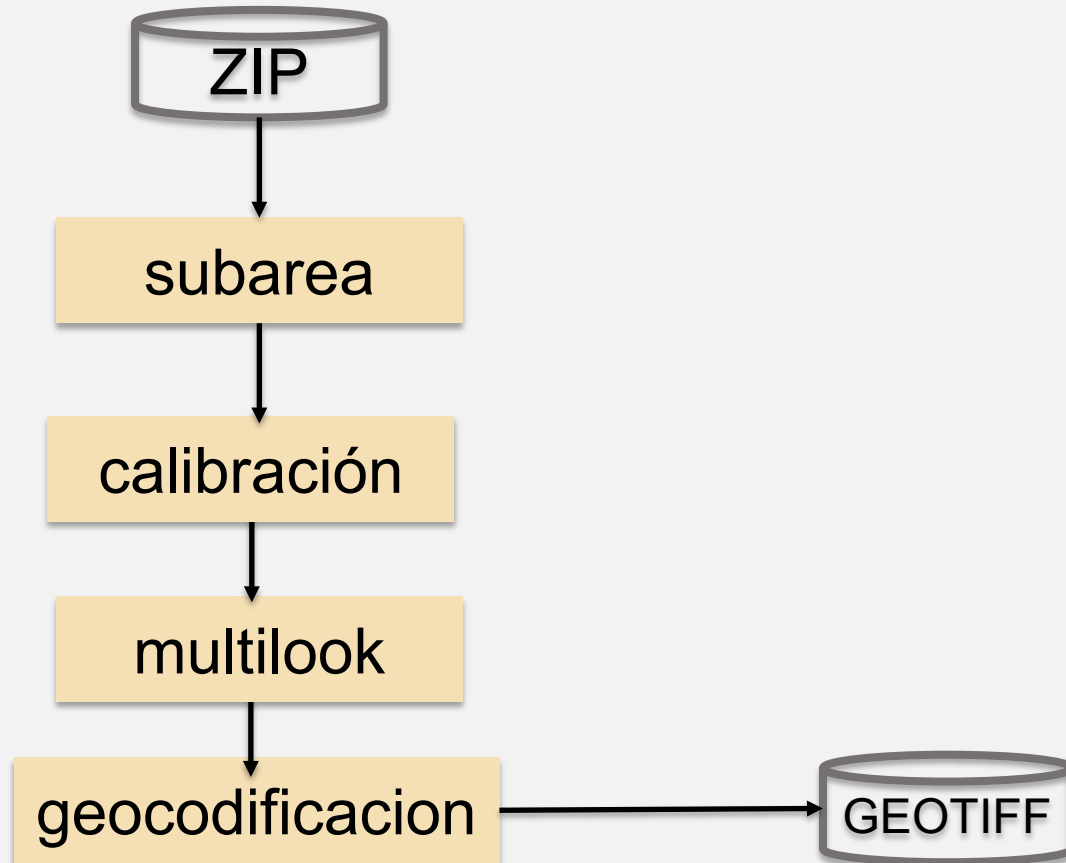
# Como Descargar Imágenes de Sentinel-1 del Alaska Satellite Facility



- Radar satelital operado por la Agencia Espacial Europea (ESA)
- Banda-C (5-cm de longitud de onda)
- Dos polarizaciones:
  - VH
  - VV
- Producto GRD (Ground Range Detected)
- 10 metros resolución espacial
- ID del Producto:  
S1A\_IW\_GRDH\_1SDV\_20160320T050613\_20160320T050638\_010448\_00F805\_14D5
- Adquirido el 20 de marzo del 2016
- Descargue el archivo .zip

<https://vertex.daac.asf.alaska.edu>

# Procesamiento de Imágenes de Sentinel-1 en SNAP



- Procese la imagen siguiendo las instrucciones en el curso ARSET titulado “Procesamiento y Análisis de Imágenes SAR”
- Habrán dos archivos:
  - VV
  - VH

The background is a grayscale Synthetic Aperture Radar (SAR) image of a river network. The image shows a complex web of channels and tributaries, with the main channel running horizontally across the center. The surrounding areas are textured, representing land cover and terrain. A semi-transparent gray rectangular box is overlaid on the center of the image, containing the title text and a horizontal line.

# Procesamiento de Imágenes de UAVSAR

---

# Radars de Apertura Sintética en una Plataforma Aérea Deshabitada Uninhabited Aerial Synthetic Aperture Radar (UAVSAR)

NASA Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology

JPL HOME EARTH SOLAR

## UAVSAR Data Search

[ Hide ]

Date range: Tue, 1 Jan 2008 to Fri, 16 Jun 2017

Processing modes:  PolSAR,  InSAR Pair,  InSAR Browse,  SLC Stack,  TomoSAR,  TopSAR (Ka-band)

Band:  L-band,  P-band,  Ka-band

Find (line name/description, product ID, flight ID, SOFRS ID, or deployment name): 27080

Search

Lat: Lng: Show

Zoom in to click on a flight line

Map

14,690 products found

- ▶ Aguatc\_03901 (
- ▶ Aguatc\_31602 (
- ▶ aistSN\_15002 (
- ▶ aistSN\_33001 (
- ▶ alaska\_13047 (

- Instrumento Aéreo operado por la NASA
- Banda-L (24-cm longitud de onda)
- Cuatro polarizaciones
- Producto GRD (Ground Range Detected)
- 6 metros - resolución espacial

<https://uavsar.jpl.nasa.gov>

# Uninhabited Aerial Synthetic Aperture Radar (UAVSAR)

**Precision Data**

The NASA data archive at ASF now requires login. If you do not have an account, any user c

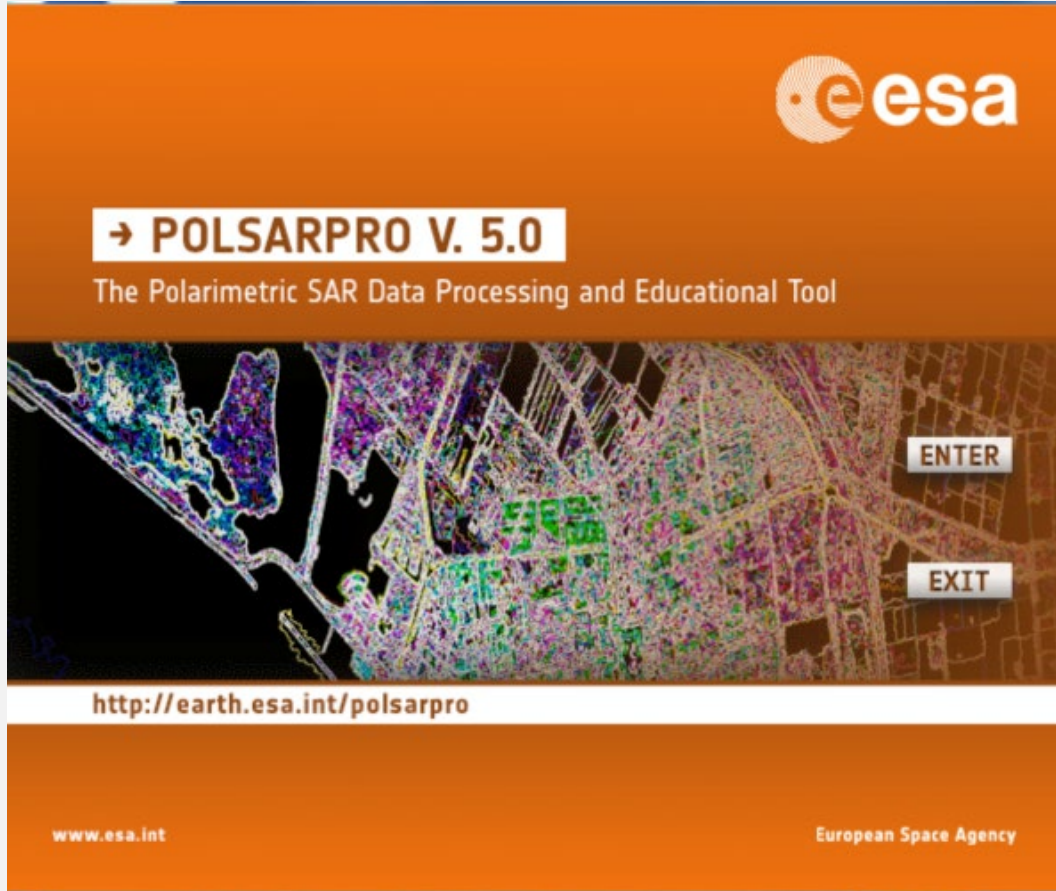
	Metadata	Text Annotation File
Slant Range Products	ShhShh* (0.1431 Gbytes) ShvShv* (0.1431 Gbytes) SvvSvv* (0.1431 Gbytes) ShhShv* (0.2861 Gbytes) ShhSvv* (0.2861 Gbytes) ShvSvv* (0.2861 Gbytes) Compressed Stokes Matrix (AIRSAR format) (0.3578 Gbytes)	
Orthorectified Products (geographic projection)	ShhShh* (0.1893 Gbytes) ShvShv* (0.1893 Gbytes) SvvSvv* (0.1893 Gbytes) ShhShv* (0.3785 Gbytes) ShhSvv* (0.3785 Gbytes) ShvSvv* (0.3785 Gbytes) High Resolution KMZ file (0.1800 Gbytes)	
SRTM DEM	Incidence Angle File (0.1893 Gbytes) SLOPE File (0.3785 Gbytes) DEM used in projection (0.1893 Gbytes)	

[Data Format Documentation](#)

<https://uavsar.jpl.nasa.gov>

- ID del producto:  
Mondah\_27080\_16015\_000\_160308\_L090\_CX\_02
- Adquirido el 3 de marzo del 2016
- Descargue los 6 archivos \*GRD y los archivos de anotación \*ANN

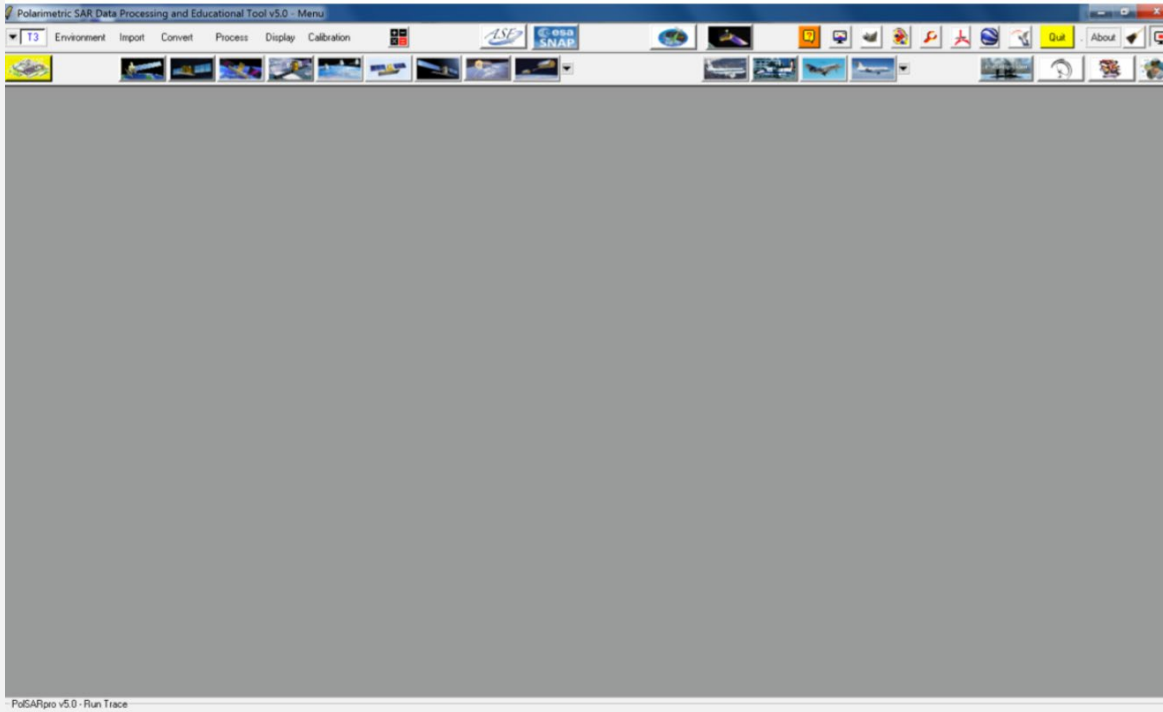
# PoSARpro



- PoSARpro fue desarrollado bajo un contrato con ESA desde el 2003. El IETR (Instituto de Electrónica y Telecomunicaciones de Rennes-UMR CNRS 6164) de la Universidad de Rennes en Francia esta encargado de desarrollar PoSARpro
- El software funciona en Windows y Linux. También, se puede configurar en una Mac utilizando archivos de origen Linux
- GUI o línea de comando
- Software de código abierto
- Demostraremos rutinas utilizando línea de comando pero pueden acceder un ejemplo practico con GUI por medio de este link:  
[https://uavsar.jpl.nasa.gov/science/workshops/presentations2015/UAVSAR\\_Workshop2015\\_Polarimetry\\_Tutorial\\_\(Chapman\).pdf](https://uavsar.jpl.nasa.gov/science/workshops/presentations2015/UAVSAR_Workshop2015_Polarimetry_Tutorial_(Chapman).pdf)

<https://earth.esa.int/web/polsarpro/download/version-5.0>

# PoISARpro



## GUI

## Línea de Comando

```
PoISARap  
PoISARproSIM  
PoISARproSIMgr  
PoISARproSIMsv  
SVM  
basis_change  
bmp_process  
calculator  
calibration  
data_convert  
data_import  
data_process_dual  
data_process_mult  
data_process_sngl  
LID  
speckle_filter  
tools
```

crea quicklooks

Importación de archivos  
UAVSAR, ALOS, etc.

Descomposición  
polarimetrica,  
clasificación

# PoISARpro

Puede llamar cualquiera función sin argumentos para ver los resultados esperados

```
#cd to directory Soft/data_process_sngl  
./wishart_h_a_alpha_classifier.exe
```

PoISARPro le advertirá sobre la falta de argumentos y después le indicara su uso

```
A processing error occured !  
Not enough input arguments  
Usage:  
  
wishart_h_a_alpha_classifier.exe  
  
Parameters:  
(string)  -id    input directory  
(string)  -od    output directory  
(string)  -iodf   input-output data format  
(int)     -nwr   Nwin Row  
(int)     -nwc   Nwin Col  
(int)     -ofr   Offset Row  
(int)     -ofc   Offset Col  
(int)     -fnr   Final Number of Row  
(int)     -fnc   Final Number of Col  
(string)  -hf    input entropy file  
(string)  -af    input anisotropy file  
(string)  -alf   input alpha file  
(int)     -nit   maximum iteration number  
(float)   -pct   maximum of pixel switching classes  
(int)     -bmp   BMP flag (0/1)  
(string)  -co8   input colormap8 file (valid if BMP flag = 1)  
(string)  -co16  input colormap16 file (valid if BMP flag = 1)  
  
Optional Parameters:  
(string)  -mask  mask file (valid pixels)  
(int)     -mem   Allocated memory for blocksize determination (in Mb)  
(string)  -errf  memory error file  
(noarg)   -help  displays this message  
(noarg)   -data  displays the help concerning Data Format parameter
```

# Ingerir datos de UAVSAR y Crear una Matriz T3

```
uavsar convert MLC.exe -hf
Mondah 27080 16015 000 160308 L090 CX 02.ann\
-if1 Mondah_27080_16015_000_160308_L090HHHH_CX_02.grd \
-if2 Mondah_27080_16015_000_160308_L090HHHV_CX_02.grd \
-if3 Mondah_27080_16015_000_160308_L090HHVV_CX_02.grd \
-if4 Mondah_27080_16015_000_160308_L090HVHV_CX_02.grd \
-if5 Mondah_27080_16015_000_160308_L090HVVV_CX_02.grd \
-if6 Mondah_27080_16015_000_160308_L090VVVV_CX_02.grd \
-od T3 -odf T3 -inr 3750 -inc 12618 -ofr 0 -ofc 0 -fnr 3750 -fnc 12618
-nlr 2 -nlc 2 -ssr 1 -ssc 1
```

Insertar líneas y  
columnas

El numero de looks

El directorio de salida lo he  
llamado 'T3'

# Descomposición y Clasificación H- $\alpha$

```
h_a_alpha_decomposition.exe -id T3 -od decomposition -iodf T3 \  
-nwr 7 -nwc 7 -ofr 0 -ofc 0 -fnr 1875 -fnc 6309 \  
-f11 0 -f12 1 -f13 1 -f14 1 -f15 0 -f16 0 -f17 0 -f18 0 -f19 0
```

-od es el directorio de salida, lo he llamado “descomposición”

-id es el directorio de entrada con elementos T3, lo he llamado T3

-nwr y nwc es el tamaño de la ventana para calcular coherencia (7x7)

-fnr y fnc se refiere al numero de líneas (row) y columnas (cols) del archivo config.txt

-Marcadores que indican el numero deseado de archivos de salida (alpha, entropy, lambda)

```
h_a_alpha_planes_classifier.exe -id decomposition -od classification -ofr 0 -ofc 0 -  
fnr 1875 -fnc 6309 -hal 1 -han 0 -anal 0 -clm Planes_H_A_Alpha_ColorMap9.pal
```

-od es el directorio de salida, lo he llamado ‘classification’

# Cómo Crear una Cabecera ENVI

```
ENVIdescription = { File Imported into ENVI.}
samples = 6309
lines = 1875
bands = 1
header offset = 0
file type = ENVI Standard
data type = 4
interleave = bsq
sensor type = Unknown
byte order = 0
map info = {Geographic Lat/Lon, 1.5000, 1.5000,
9.17956764, 0.60482616, 1.1112000000e-04,
1.1112000000e-04, WGS-84,
units=Degrees}coordinate system string =
{GEOGCS["GCS_WGS_1984",DATUM["D_WGS_1984",SPHEROID["WGS_1984",6378137.0,298.257223563]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]]}
wavelength units = Unknown
```

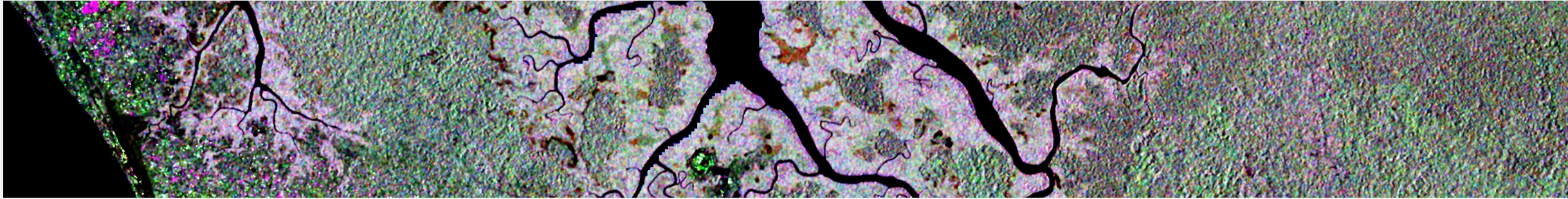
- Del archivo config.txt de PolSARPro:
  - Nrow
  - Ncol
- Del archivo de anotación de UAVSAR :
  - Latitud centro del pixel superior izquierdo de la imagen
  - Longitud centro del pixel superior izquierdo de la imagen
  - Multiplique el distanciamiento entre pixeles de Latitud GRD por 2 (ya que hicimos 2 looks):  
 $0.00005556 * 2 = 0.0011112$

An aerial grayscale photograph of a river delta, showing a complex network of channels and distributaries. A semi-transparent rectangular box is overlaid on the center of the image, containing the text 'Presentación de los Resultados'.

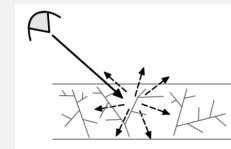
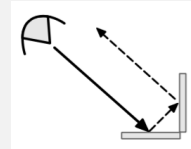
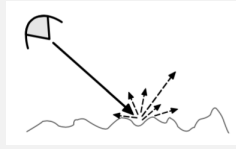
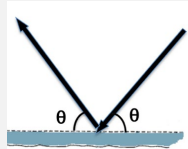
# Presentación de los Resultados

---

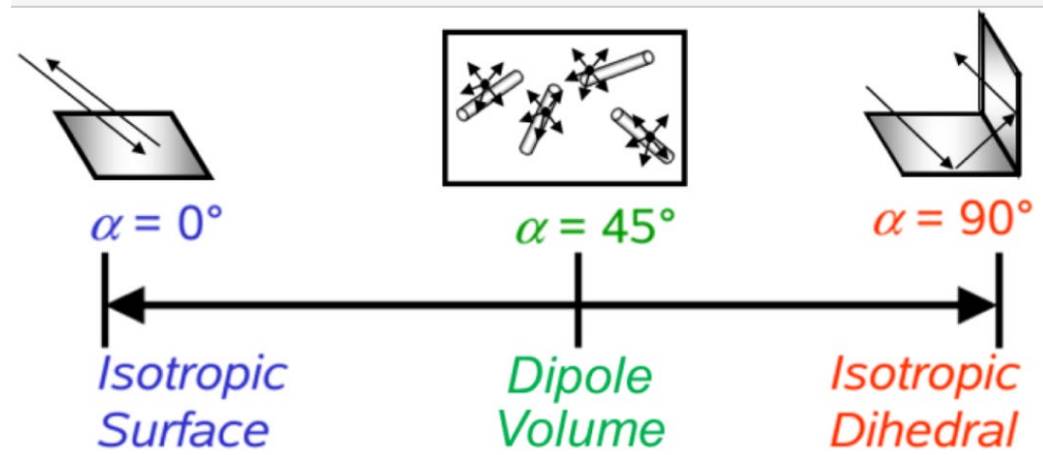
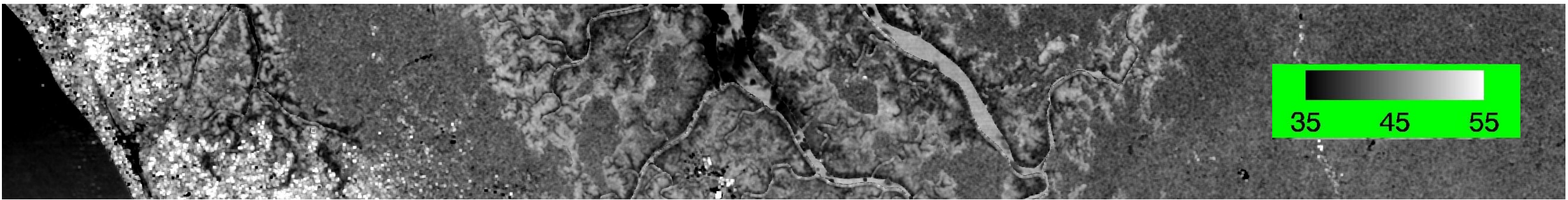
# Sentinel



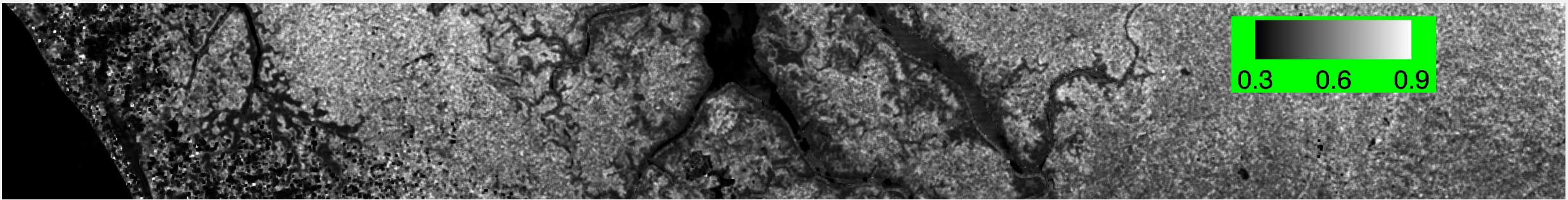
VV VH VV



	Especlar	Superficie	Doble Rebote	Volumen	
dB	Agua Abierta	Runway	Edificios	Bosques	Manglar Alto
VV Mar 20	-16.0	-11.7	-0.5	-4.5	-4.2
VH Promedio (Mar 20, 08)	-19.5	-16.5	-13	-10.9	-11.9
VV Mar 08	-17.0	-12.6	-0.5	-5.6	-4.3

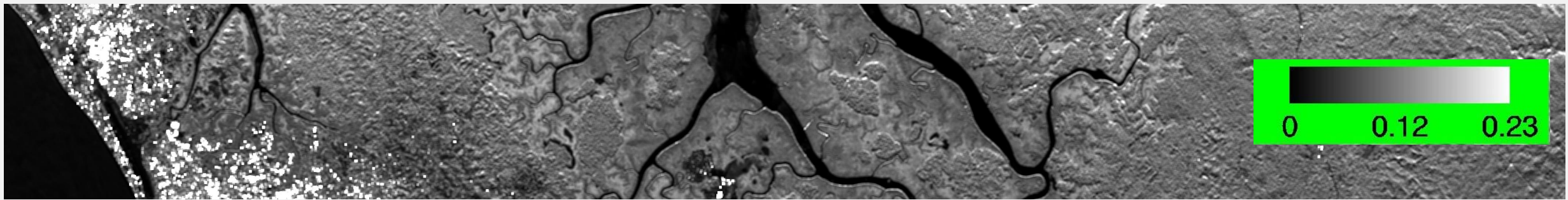


	Agua Abierta	Runway	Edificios	Bosques	Manglar Alto
Alpha ( $\alpha$ )	36	29	55	42	46
Entropía (H)					
Lambda					



Entropía Baja  $0 < H < 1$  Entropía Alta

	Agua Abierta	Runway	Edificios	Bosques	Manglar Alto
Alpha ( $\alpha$ )	36	29	55	42	46
Entropía (H)	0.15	0.67	0.45	0.89	0.79
Lambda					



	Agua Abierta	Pista de Aviones	Edificios	Bosques	Manglar Alto
Alpha ( $\alpha$ )	36	29	55	42	46
Entropía (H)	0.15	0.67	0.45	0.89	0.79
<b>Lambda</b>	<b>0.009</b>	<b>0.007</b>	<b>0.55</b>	<b>0.085</b>	<b>0.067</b>

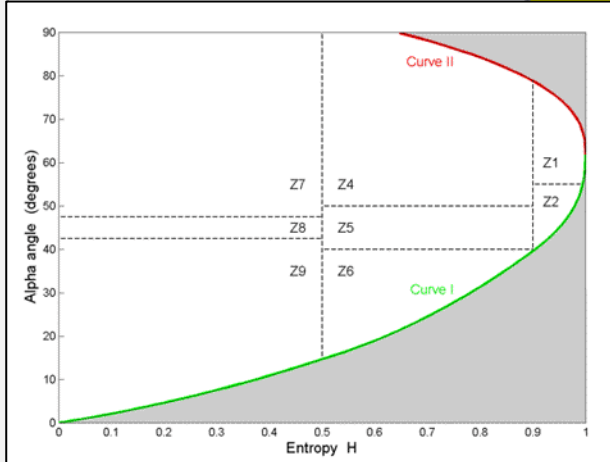
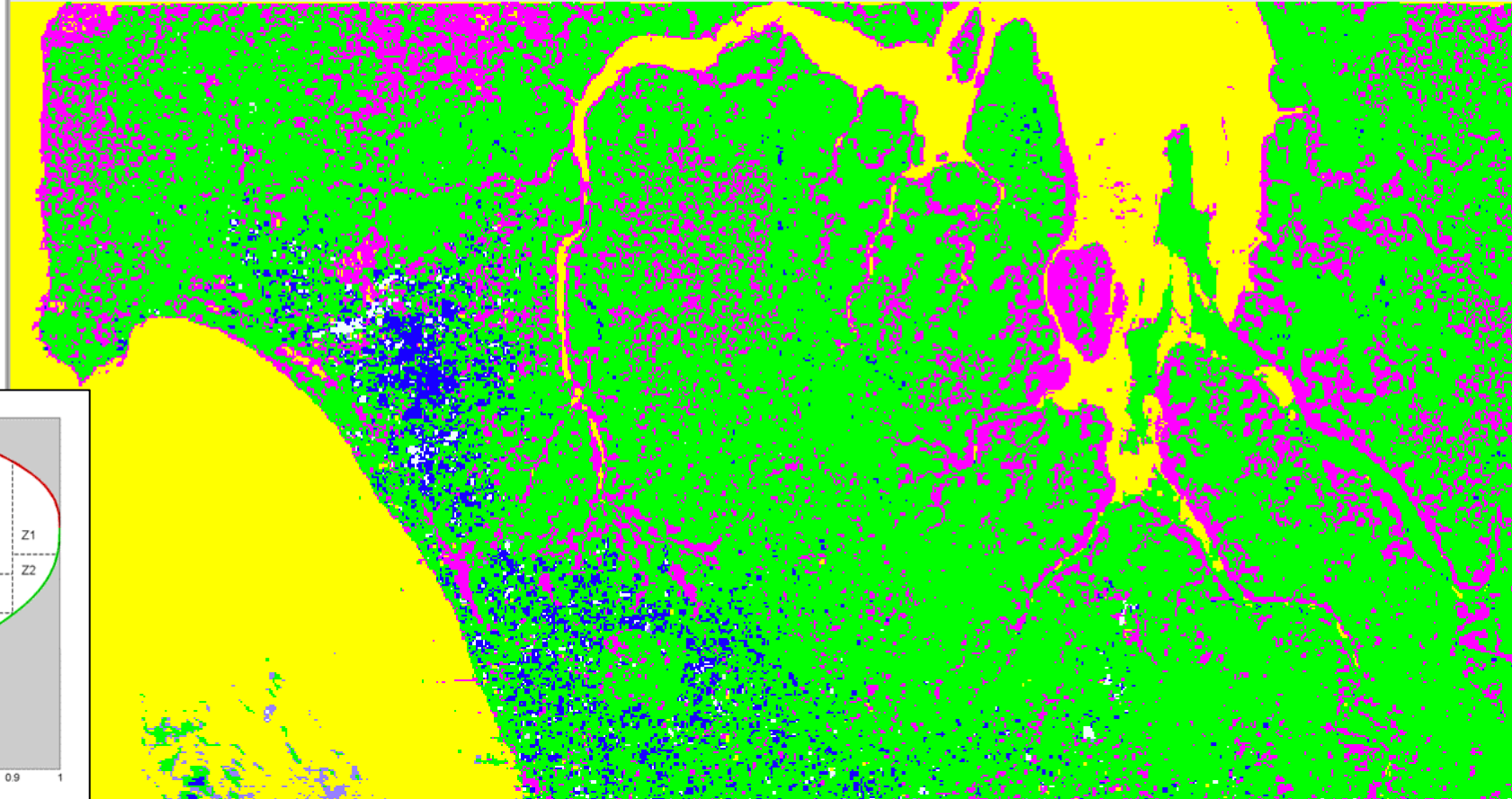
# Entropía+ Alpha

Layers Panel

H alpha class

- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

Google Satellite



# Recursos Adicionales

- Curso de la Agencia Espacial Europea (ESA) sobre la teledetección para estudios de cobertura terrestre

[http://seom.esa.int/landtraining2014/files/LTC2014\\_Programme\\_Materials.pdf](http://seom.esa.int/landtraining2014/files/LTC2014_Programme_Materials.pdf)

- Cursos de polarimetría en conjunto con PolSARPro:

<https://earth.esa.int/web/polsarpro/polarimetry-tutorial>

- Curso de la Agencia de Recursos Naturales de Canadá:

<http://www.nrcan.gc.ca/node/9579>

An aerial photograph of a river delta, showing a complex network of channels and distributaries. A semi-transparent rectangular box is overlaid on the center of the image, containing the text "Gracias!".

Gracias!

---