

CURSO de GRADO – TC124
Programa académico 2024

Udelar / FING / IA
Departamento de Geomática

Prof. Asist. Grdo. 2, Geógrafo Eduardo Vasquez

Captura de Datos por Percepción Remota

4.9 - Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Estudio de relaciones y correlaciones. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Ejemplo de cálculo de regresiones.

4.10 - Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Fusión de imágenes multispectrales. Multispectrales y pancromáticas. Métodos de Pan Sharpening, Proceso de fusión. Objetivos de la fusión. Ajuste radiométrico. Medidas de calidad de las imágenes fusionadas. Índices para medir la calidad.

MÓDULO IV

Relaciones y correlaciones.

Fusión de imágenes.

Interpretación de las imágenes.
Tratamiento digital.

Relaciones y correlaciones.

Fusión de imágenes, Ajuste radiométrico.

MÓDULO IV

Relaciones y Correlaciones. Fusión de imágenes.

9.- Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Estudio de relaciones y correlaciones. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Ejemplo de cálculo de regresiones.

10.- Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Fusión de imágenes multispectrales. Multispectrales y pancromáticas. Métodos de Pan Sharpening, Proceso de fusión. Objetivos de la fusión. Ajuste radiométrico. Medidas de calidad de las imágenes fusionadas. Índices para medir la calidad.

4.9 Interpretación de Imágenes.

Tratamiento Digital.

*Estudio de relaciones y correlaciones. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple.
Ejemplo de cálculo de regresiones.*

estudio de relaciones **y**
correlaciones

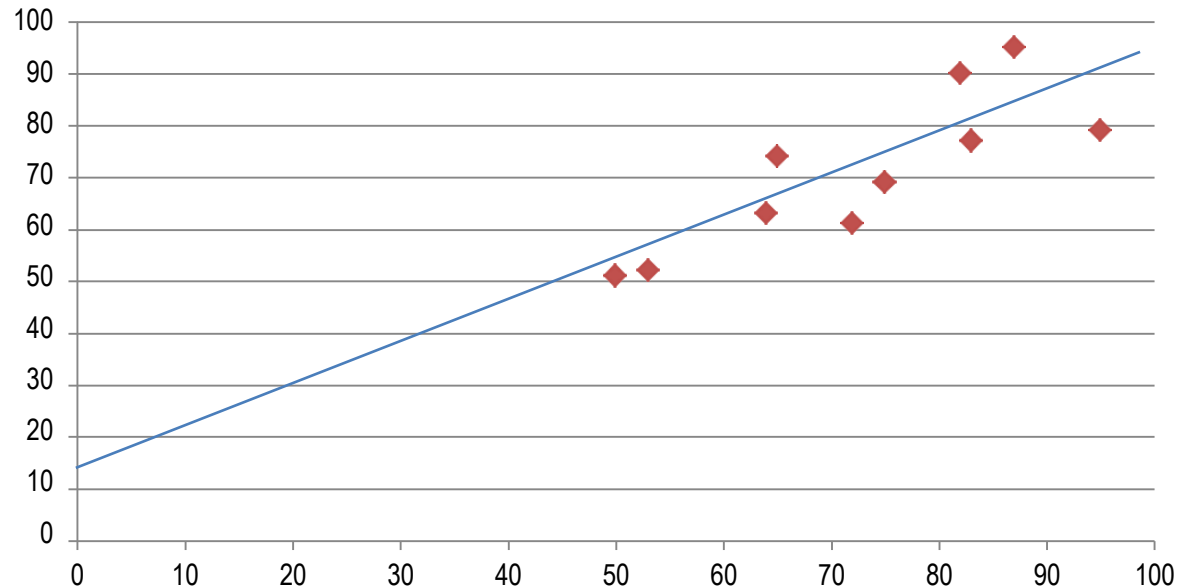
Regresión lineal simple

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Significado

$$y = a + bx$$

GRÁFICO - recta



éste tipo de relación lineal, siempre tiene la forma de una recta

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Análisis

$$y = a + bx$$

a y **b** son constantes

a es la intersección con el eje de ordenadas

b es el valor de la pendiente

X es la variable independiente

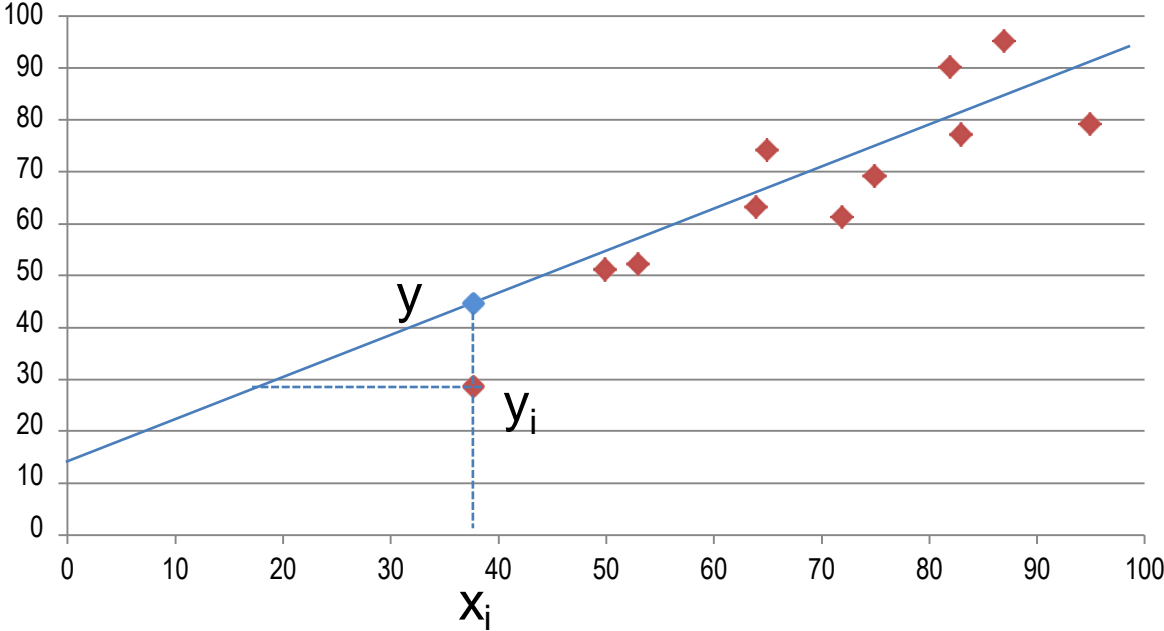
y es la variable dependiente

**analizando las
componentes
identificadas en la recta**

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Levantando muestras

GRÁFICO - recta



$$y = a + bx$$

Observación N°	X_i	Y_i

generalmente, cuento con una serie de tomas de campo

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Análisis

$$y = a + bx$$

$$y = 9.77352456 + 0.84471729x$$

$$a = 9.77352456$$

$$b = 0.84471729$$

$$x = 38$$

$$y = 42$$

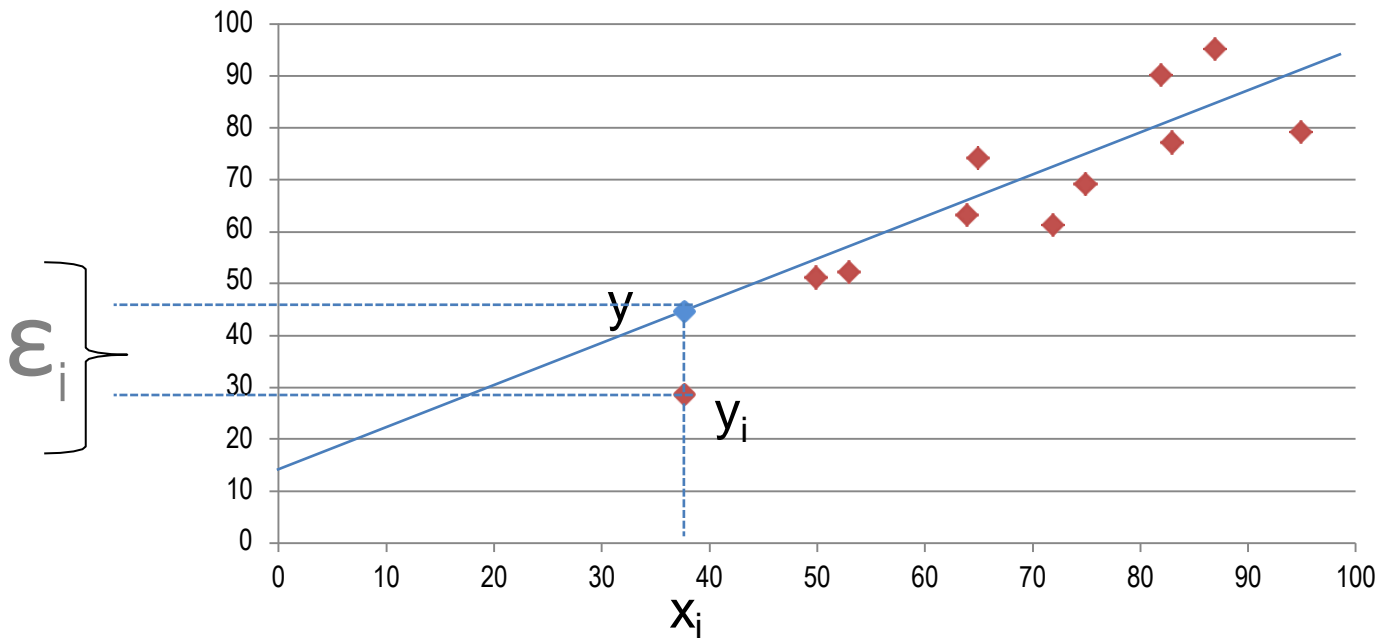
“ES EL VALOR QUE PREDICE MI ECUACIÓN”

**analizando las
componentes
identificadas en la recta**

REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

Levantando muestras

GRÁFICO - recta



$$y = a + bx$$

Observación N°	X_i	Y_i
1	38	29

generalmente, cuento con una serie de tomas de campo

estudio de relaciones **y**
correlaciones

Regresión lineal múltiple

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Significado

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 \dots\dots\dots$$

a, b, c, d son constantes

a es la intersección en el eje de ordenadas (variable y), pero de que ?

b, c, d, son los valores de pendientes, en cada uno de los planos entre la variable y cada una de las variables independientes

X₁, X₂, X₃, son las variables independientes

y es la variable dependiente

en éste tipo de relación lineal, van a haber múltiples variables

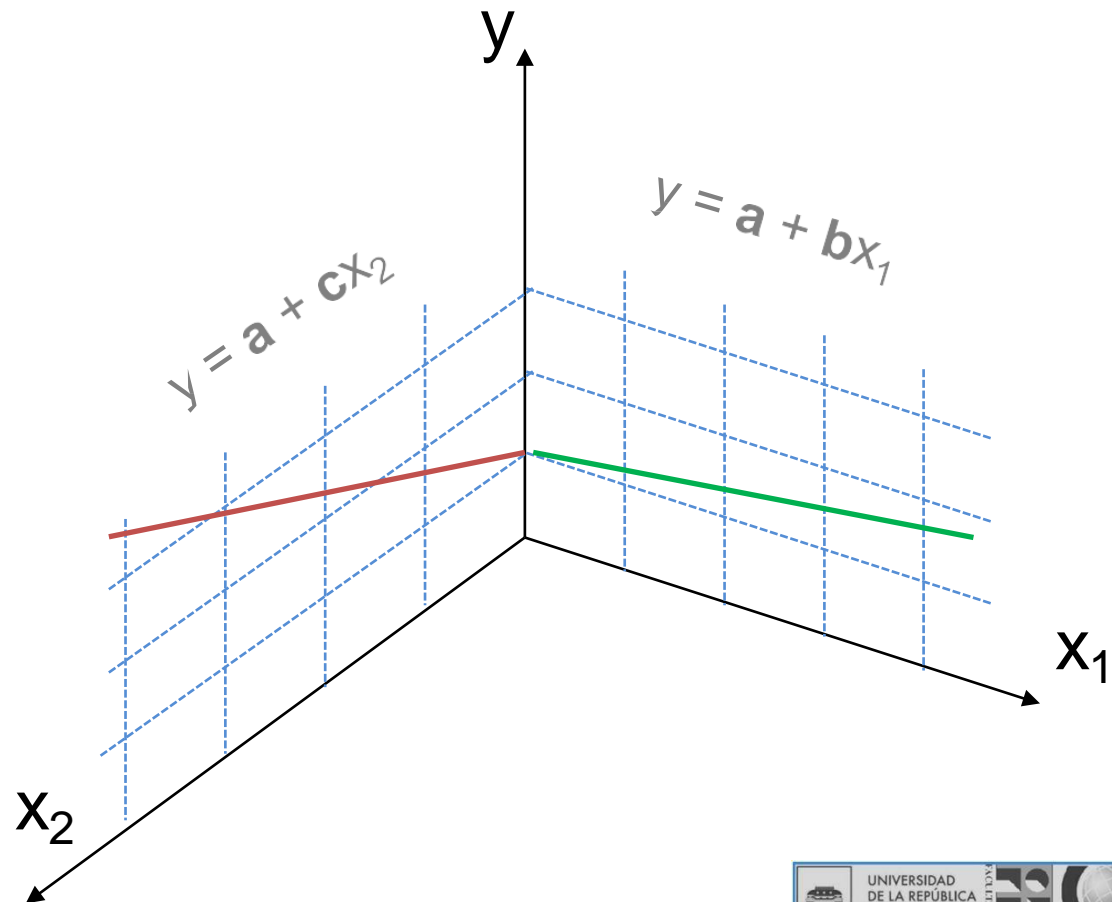
REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Veamos el caso más simple, para dos variables independientes

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

— $x_2 = 0$

— $x_1 = 0$

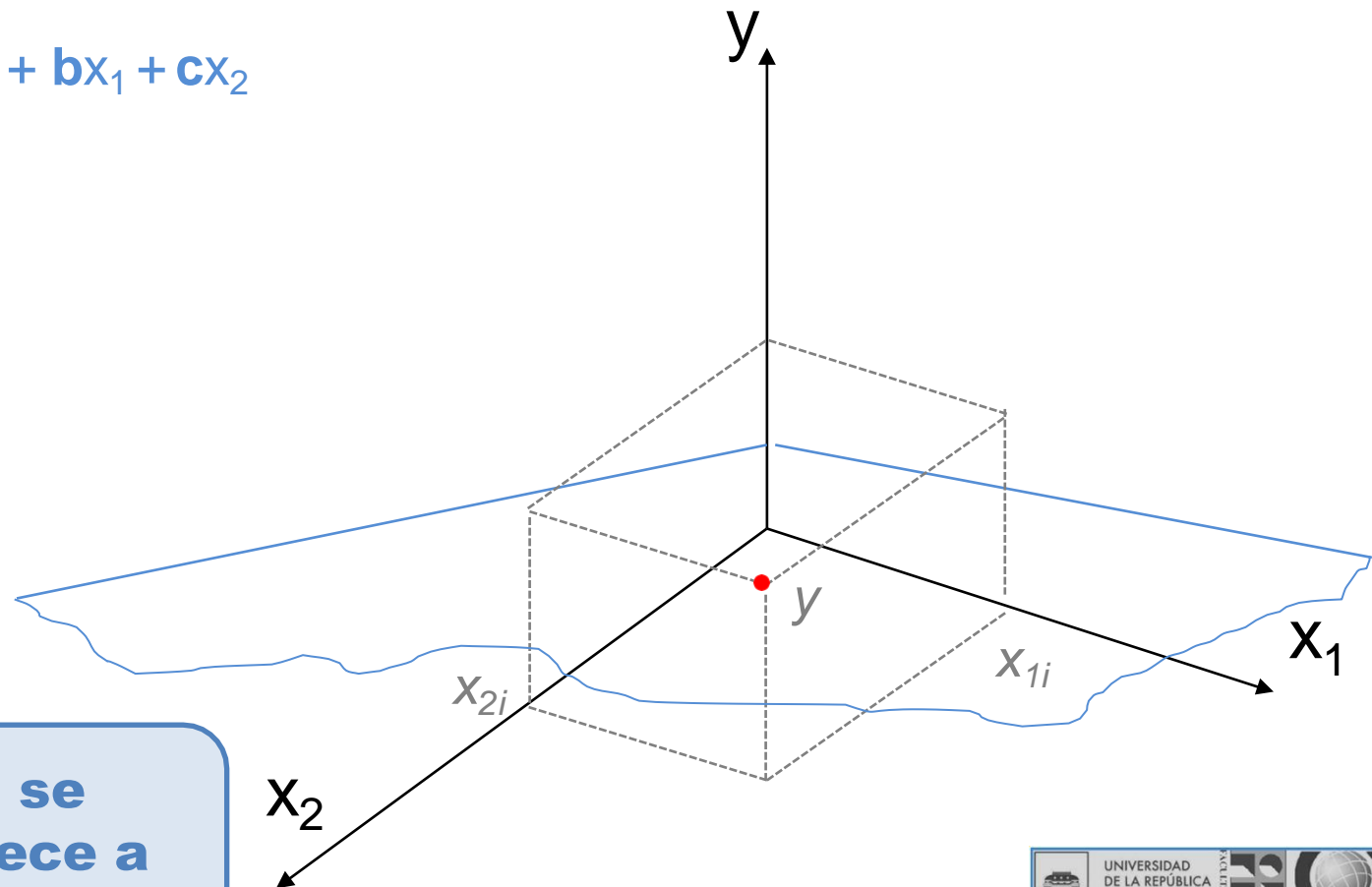


quiero comprobar si la variable y , depende de x_1 y de x_2

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Consideremos ahora una medida cualquiera, de las variables supuestamente, independientes

$$y = a + bx_1 + cx_2$$



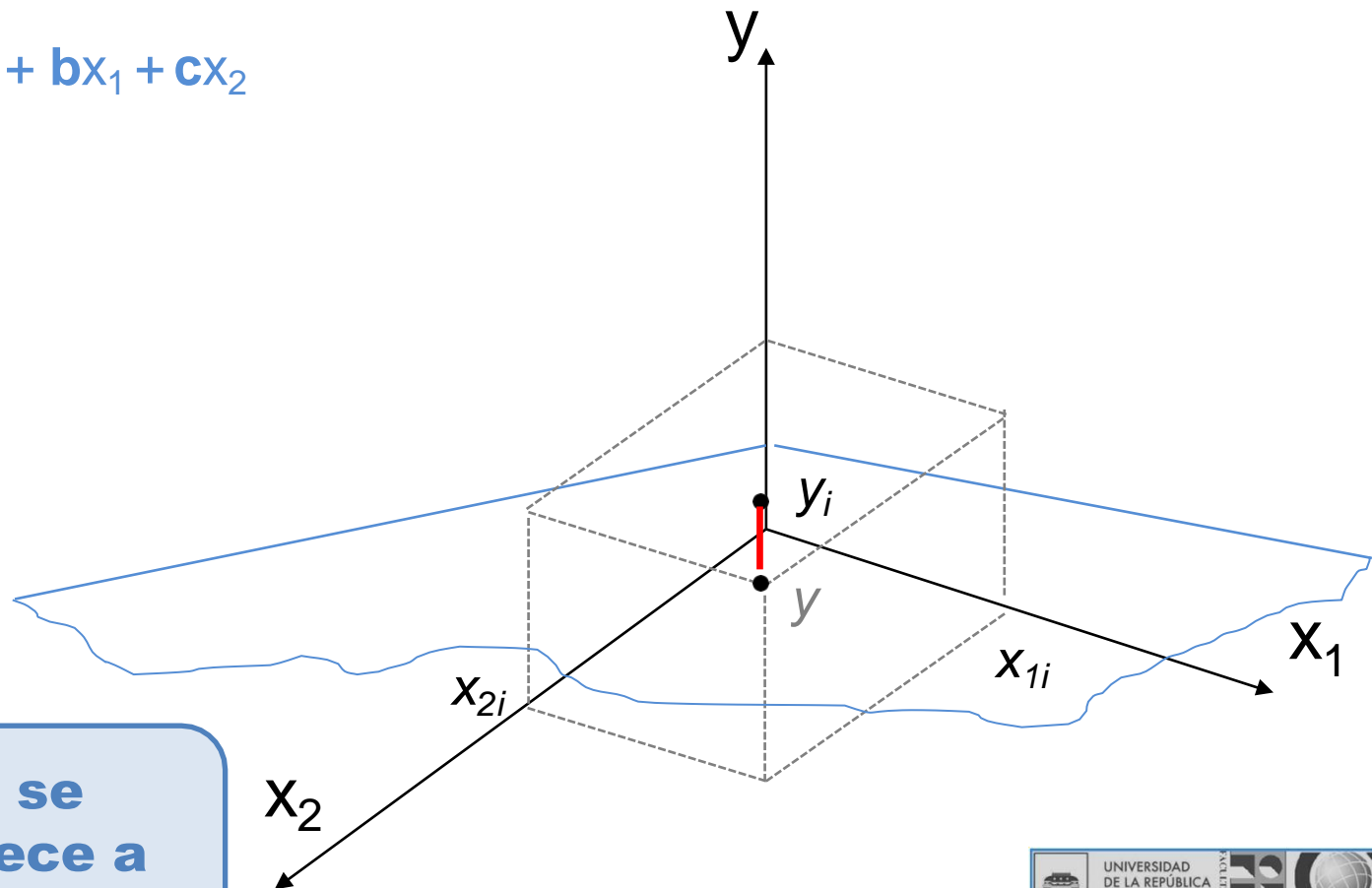
el valor y que se predice, pertenece a una superficie

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Consideremos ahora una medida cualquiera, de las variables supuestamente, independientes

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

Observación N°	X1 _i	X2 _i	Y _i



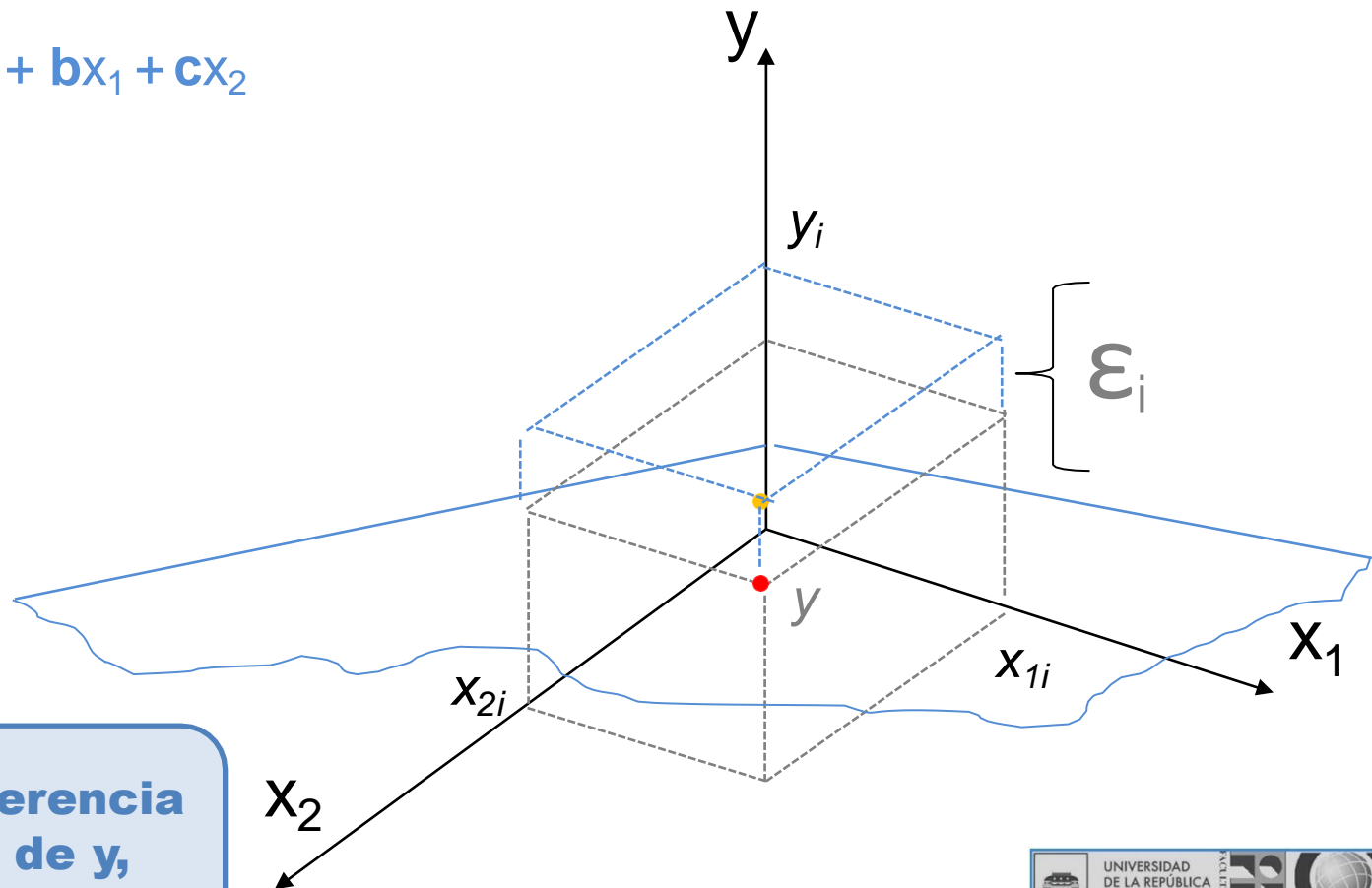
el valor y que se predice, pertenece a un plano

REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Consideremos ahora una medida cualquiera, de las variables supuestamente, independientes

$$y = a + bx_1 + cx_2$$

Observación N°	X1 _i	X2 _i	Y _i



debo estudiar la diferencia entre los valores de y , predichos y observados

MÓDULO IV

INFORMACIÓN ADICIONAL

Códigos EPSG

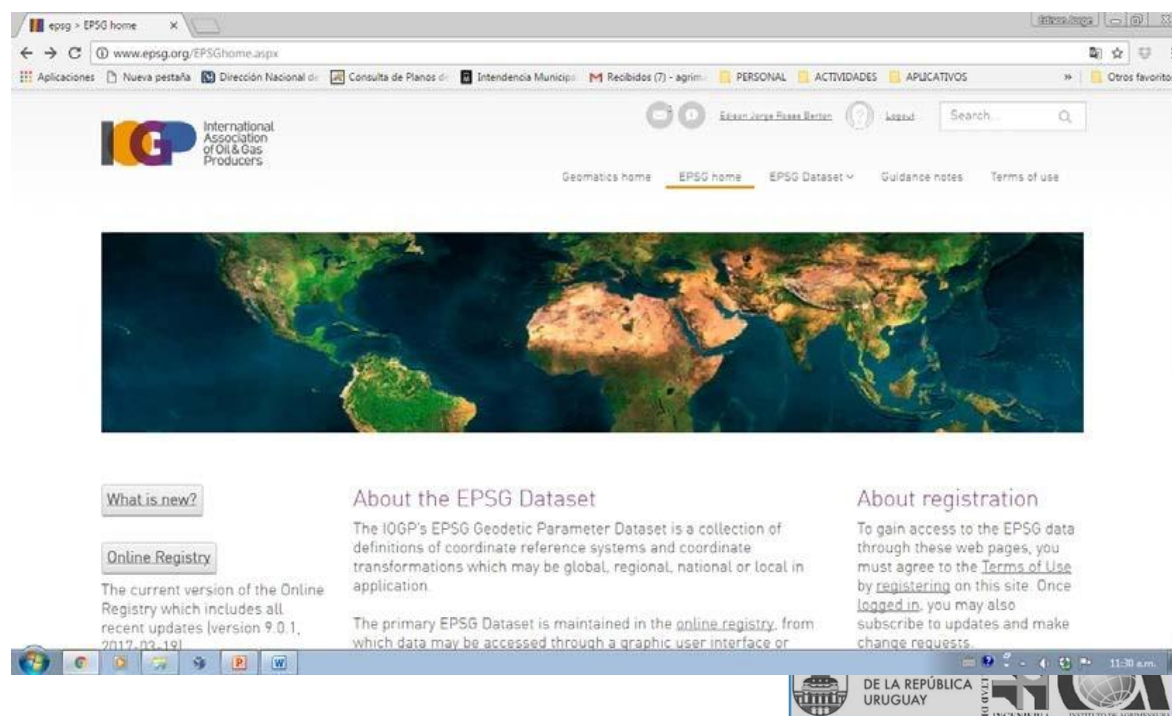
Códigos EPSG – (European Petroleum Survey Group)

Repositorio de parámetros geodésicos que contiene información sobre sistemas (marcos) de referencia antiguos y modernos (geocéntricos), proyecciones cartográficas y elipsoides de todo el mundo.

European Petroleum Survey Group

EPSG es el acrónimo de European Petroleum Survey Group, organización relacionada con la industria petrolera en Europa. Este organismo estuvo formado por especialistas en geodesia, topografía y cartografía aplicadas al área de exploración y desarrolló un repositorio de parámetros geodésicos que contiene información sobre **sistemas (marcos) de referencia** antiguos y modernos (geocéntricos), **proyecciones cartográficas** y **elipsoides** de todo el mundo.

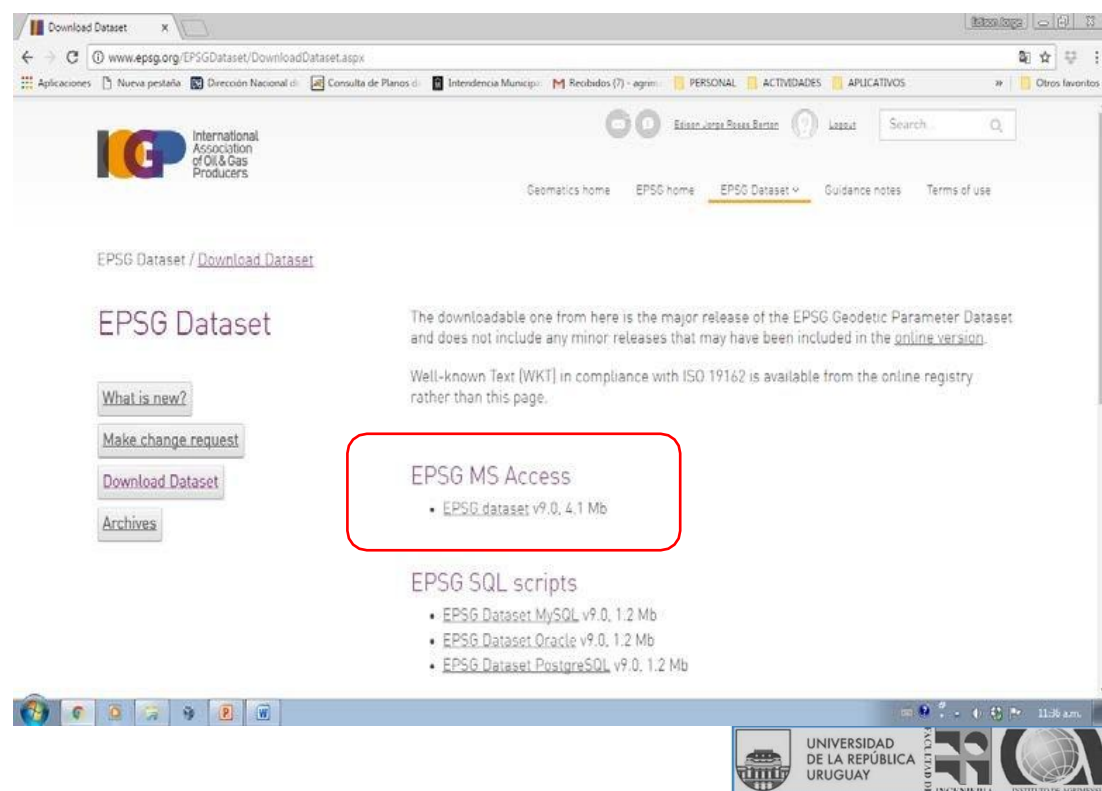
<http://www.epsg.org/EPShome.aspx>



podemos decir que son ampliamente utilizados en la definición de datos de posición en los Sistemas de Información Geográfica

European Petroleum Survey Group

Los mencionados parámetros geodésicos se encuentran compilados en una base de datos en formato Microsoft Access que se puede descargar en <http://www.epsg.org/>, ingresando a la sección Geodetic Dataset ubicada en el menú de la página principal.



compatible con la norma ISO 19111, la cual está referida a los sistemas de referencia espaciales por coordenadas

European Petroleum Survey Group

Las tareas del EPSG son desarrolladas en este momento por el Subcomité de Geodesia del Comité de Geomática de la *International Association of Oil and Gas Producers* (OGP), aunque el conjunto de datos continúa denominándose EPSG.

Código	Tipo de coordenadas	Marco de referencia
3395	Elipsoidales 2D	WGS84 Mercator
4326	Elipsoidales 2D	Coordenadas geográficas WGS84
32621	Proyectadas	WGS84/UTM zone 21 N
32622	Proyectadas	WGS84/UTM zone 22 N
4309	Proyectadas	Yacaré geográficas SIRGAS ROU98
32721	Proyectadas	WGS84/UTM zone 21 S
32722	Proyectadas	WGS84/UTM zone 22 S
5382	Proyectadas	SIRGAS-ROU 98/UTM zone 21 S
5383	Proyectadas	SIRGAS-ROU 98/UTM zone 22 S

podemos decir que son ampliamente utilizados en la definición de datos de posición en los Sistemas de Información Geográfica

Como referencia, en el siguiente cuadro se muestran los códigos correspondientes a algunos que utilizamos en nuestro país.



4.9 - Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Estudio de relaciones y correlaciones. Regresión lineal simple. Regresión lineal múltiple. Ejemplo de cálculo de regresiones.

4.10 - Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Fusión de imágenes multispectrales. Multispectrales y pancromáticas. Métodos de Pan Sharpening, Proceso de fusión. Objetivos de la fusión. Ajuste radiométrico. Medidas de calidad de las imágenes fusionadas. Índices para medir la calidad.



Tratamiento digital de las imágenes.

Objetivos y Métodos de Fusión.

Medida de la calidad de la fusión.

MÓDULO IV

Relaciones y Correlaciones. Fusión de imágenes.

4.10 - Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Fusión de imágenes multispectrales. Multispectrales y pancromáticas. Métodos de Pan Sharpening, Proceso de fusión. Objetivos de la fusión. Ajuste radiométrico. Medidas de calidad de las imágenes fusionadas. Índices para medir la calidad.

4.10 Interpretación de Imágenes.

Tratamiento Digital.

Interpretación de Imágenes. Tratamiento Digital. Fusión de imágenes multiespectrales. Multiespectrales y pancromáticas. Métodos de Pan Sharpening, Proceso de fusión. Objetivos de la fusión. Ajuste radiométrico. Medidas de calidad de las imágenes fusionadas. Índices para medir la calidad.

FUSIÓN DE IMÁGENES

Una técnica interesante que se ha puesto muy de moda en los últimos tiempos es la de "mezclar" las imágenes de dos sensores distintos, para aprovechar las mejores características de ambos

Pan Sharpening en Geomática

Algoritmos que funde la imagen multiespectral de baja resolución espacial y la pancromática de alta resolución, para crear una imagen color de alta resolución realzada.

La imagen en color de alta resolución conserva la fidelidad del color original y permite mejorar la visualización e interpretación.

El dato de imagen pancromática puede ser fundido con la imagen multiespectral, ya sea; adquiridas simultáneamente por el mismo sensor, o imágenes de diferentes sensores.

Los mejores resultados se obtienen cuando la imagen es recolectada simultáneamente y las resoluciones de los datos pancromáticos y multiespectrales están estrechamente relacionadas.

Las características espectrales del dato original serán conservadas en la imagen de alta resolución resultante.

técnicas de fusión de imágenes de diferente resolución espacial

IMAGEN PANCROMÁTICA

una imagen pancromática es un tipo de imagen en blanco y negro sensible a todas las longitudes de onda del espectro visible.

Las imágenes digitales pancromáticas de la superficie de la Tierra son producidas por la mayoría de los satélites y en particular en algunos satélites modernos, como antes QuickBird e IKONOS y el propio Landsat. Dicha imagen es extremadamente útil, ya que por lo general es una resolución (espacial) mucho más alta que la resolución de las imágenes multispectrales del mismo satélite.

Por ejemplo, el satélite QuickBird produjo imágenes pancromáticas de un equivalente de píxeles en un área de 0.6m x 0.6m, mientras que los píxeles multispectrales representan un área de 2.4m x 2.4m.

**una imagen pancromática
produce
una imagen realista de una
escena**

MÉTODOS DE PAN SHARPENING

a) **Métodos basados en la combinación aritmética de la radiometría de las imágenes** (es realizar sumas, restas, multiplicaciones y cocientes entre bandas)

b) **Métodos basados en la disociación de información espectral y espacial:**

1. – **Métodos de sustitución de componentes**
TRANSFORMACIÓN IHS

2. – **Métodos de extracción e incorporación de detalle espacial**
HIGH PASS FILTER (HPF)

diferentes metodologías

PAN SHARPENING - IHS

el algoritmo mas sencillo de los empleados en casi la mayoría de los softwares, es la TRANSFORMACIÓN IHS

sabemos que el color representado a partir de sus componentes, resulta de la mezcla de tres cañones de los colores elementales **ROJO, VERDE, AZUL**



una forma alternativa, es representar el color, a través de sus propiedades:

INTENSIDAD (*Intensity*)

TONO (*Hue*)

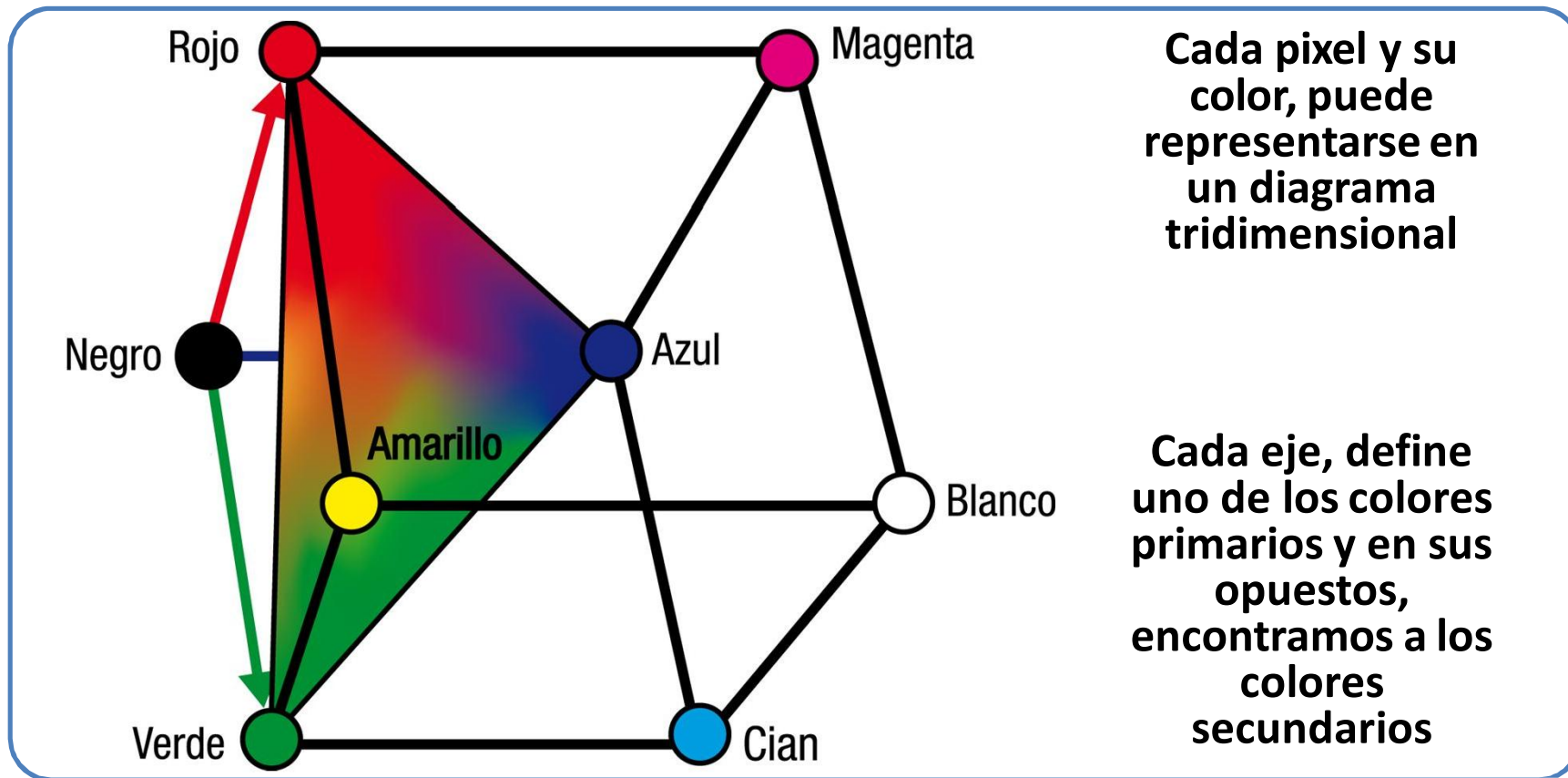
SATURACIÓN (*Saturation*)

el color representado por un sistema diferente

Cita – E. Chuvieco 2010; Koutsias et. al., 2000; Terhalle y Bodetchel, 1986

IHS

REPRESENTACIÓN DEL COLOR RGB



teoría del color y su representación tridimensional

Figura - <http://tilanotv.es/general/que-funciones-tiene-la-colorimetria-iv/>

REPRESENTACIÓN DEL COLOR IHS

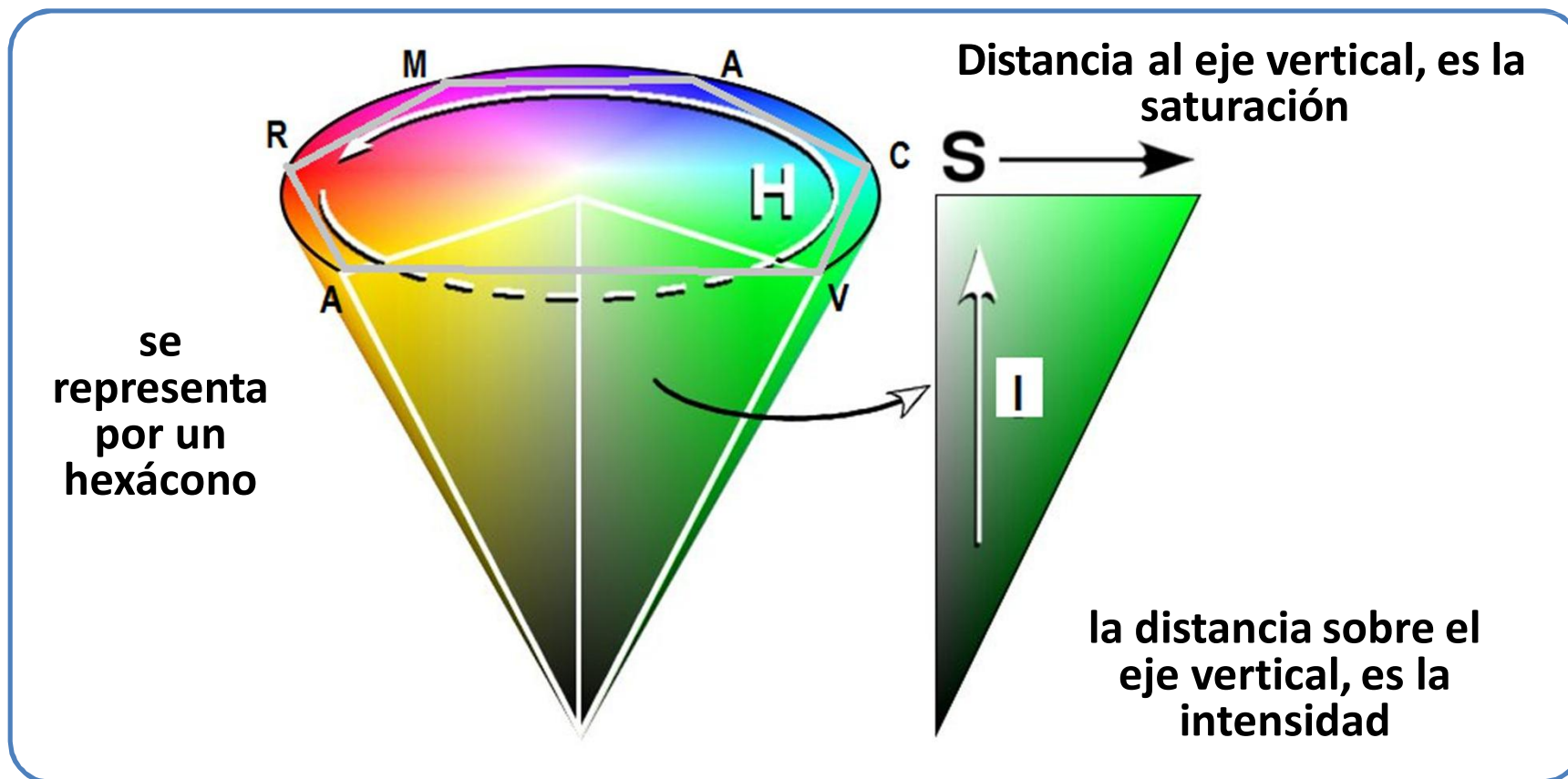


Figura - http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Conceptos_basicos.html

teoría del color y un cambio de sistema para su representación

IHS

TONO

Procede de la longitud de onda de donde se produce la máxima reflectividad del objeto visto y sería el equivalente al color que vemos con nuestro ojos

SATURACIÓN

Se corresponde con la pureza del color observado, o sea, el grado de mezcla con los otros colores primarios

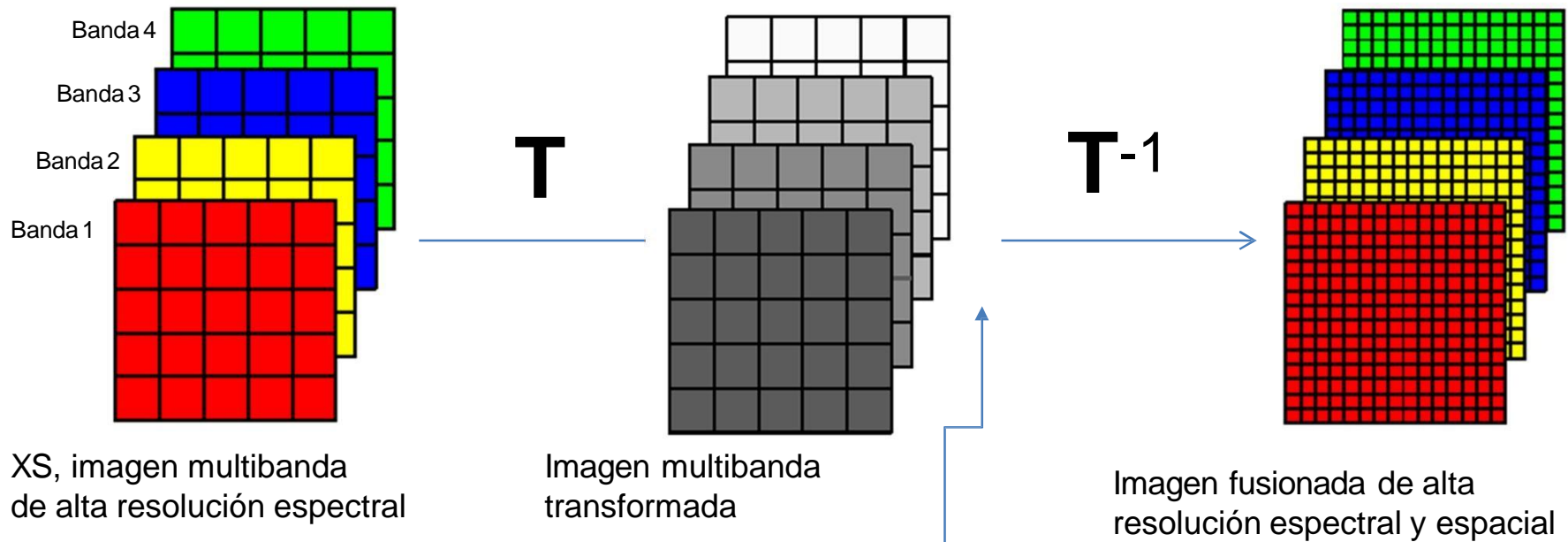
INTENSIDAD

Que se identifica con el brillo, lo que lo hace función con el porcentaje de reflectividad recibido

**concepto de las tres
coordenadas o
componentes**

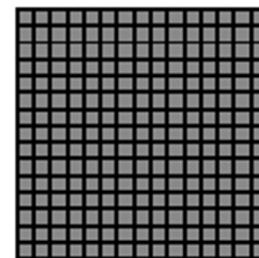
RELACIONES Y CORRELACIONES

ALGORITMOS BASADOS EN LA SUSTITUCIÓN DE SUS COMPONENTES



Sustitución de componente, por imagen pancromática

se desacopla la información espectral en componentes y se sustituyen



PAN, imagen pancromática de alta resolución espacial

PROCEDIMIENTO IHS

1. **SUPERPONER LAS DOS IMÁGENES**
2. **REMUESTREO DE LA IMAGEN - XS AL TAMAÑO DE PIXEL DE LA RESOLUCIÓN ESPACIAL MEJOR - PAN**
3. **TRANSFORMACIÓN DE - XS DE COORDENADAS RADIOMÉTRICAS RGB A COORDENADAS IHS**
4. **AJUSTE DEL HISTOGRAMA DE – PAN AL DE LA INTENSIDAD**
5. **SE SUSTITUYE LA INTENSIDAD POR LA – PAN**
6. **SE VUELVE A PASAR A RGB**

**descomposición del
proceso de fusión**

RELACIONES Y CORRELACIONES

CÁLCULO DE LAS VARIABLES IHS

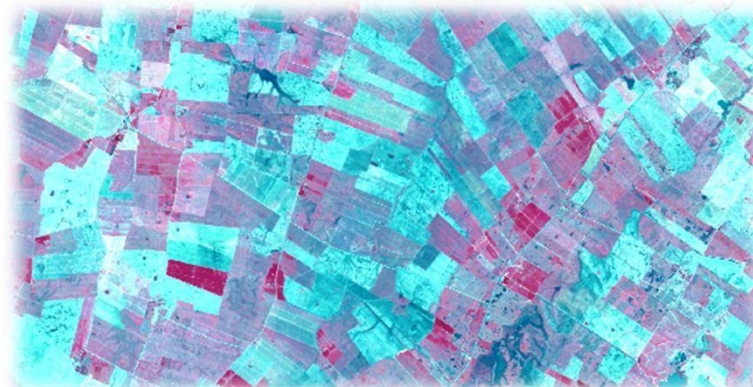
$$I = (ND_r + ND_v + ND_a) / 3$$

$$H = \arctg \left[\frac{(2 ND_a - ND_v + ND_r)}{\sqrt{3}(ND_v - ND_r)} \right] + C$$

$$C = 0, \text{ si } ND_v \geq ND_r$$

$$C = \pi, \text{ si } ND_v < ND_r$$

$$S = (\sqrt{6}/3) \sqrt{(ND_a^2 + ND_v^2 + ND_r^2 - ND_a ND_v - ND_a ND_r - ND_v ND_r)}$$



UDELAR – FING – IA - CAPTURA DE DATOS POR PERCEPCIÓN REMOTA / TC119

álgebra matricial, con los valores de ND, de los las bandas XS

RELACIONES Y CORRELACIONES

MÓDULO IV – INTERPRETACIÓN IMÁGENES

LAS TRES COMPONENTES IHS

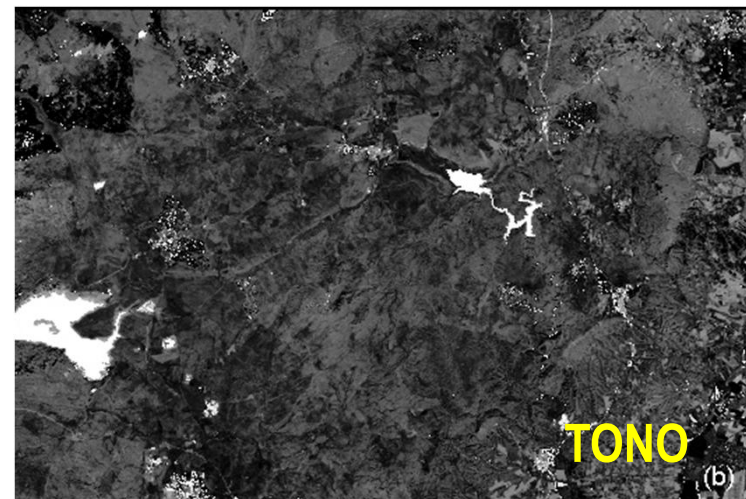
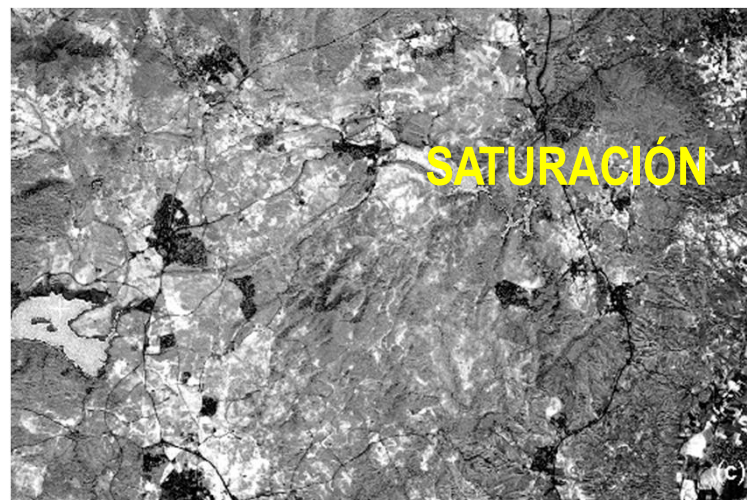


Figura – Universidad de ALCALÁ, Depto. de Geografía

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

CONSIDERACIONES

la imagen resultante, tendrá los colores de la XS y la resolución PAN



Estos procesos pueden dar problemas cuando existe diferencia de fechas entre ambas imágenes.

Se han desarrollado otros algoritmos más sofisticados que evitan problemas como el oscurecimiento en las zonas de vegetación, u otros.

debemos de tener presente y no olvidar

MÉTODO DE FUSIÓN – HPF (*High Pass Filter*)

el algoritmo HPF, distorsiona menos las características espectrales de la imagen multispectral

IMPORTANTE !!!

Este método puede aplicarse a un número indefinido de bandas y no solo a una composición de 3 bandas

nuevo método, a partir de la utilización de filtros

HPF

Cita – Chavez et al., 1991

PROCEDIMIENTO HPF

1. **SUPERPONER LAS DOS IMÁGENES**
2. **REMUESTREO DE LA IMAGEN - XS AL TAMAÑO DE PIXEL DE LA RESOLUCIÓN ESPACIAL MEJOR - PAN**
3. **APLICACIÓN DE UN FILTRO DE PASO ALTO, A LA IMAGEN – PAN (OBTENGO INFORMACIÓN ESPACIAL DE ALTA FRECUENCIA)**
4. **SUMA PIXEL A PIXEL DE LA IMAGEN FILTRADA A LA MULTIESPECTRAL ORIGINAL CON RESOLUCIÓN ESPACIAL MEJOR**

**descomposición del
proceso de fusión**

ESQUEMA DE APLICACIÓN

Proceso de fusión de imágenes XS y PAN

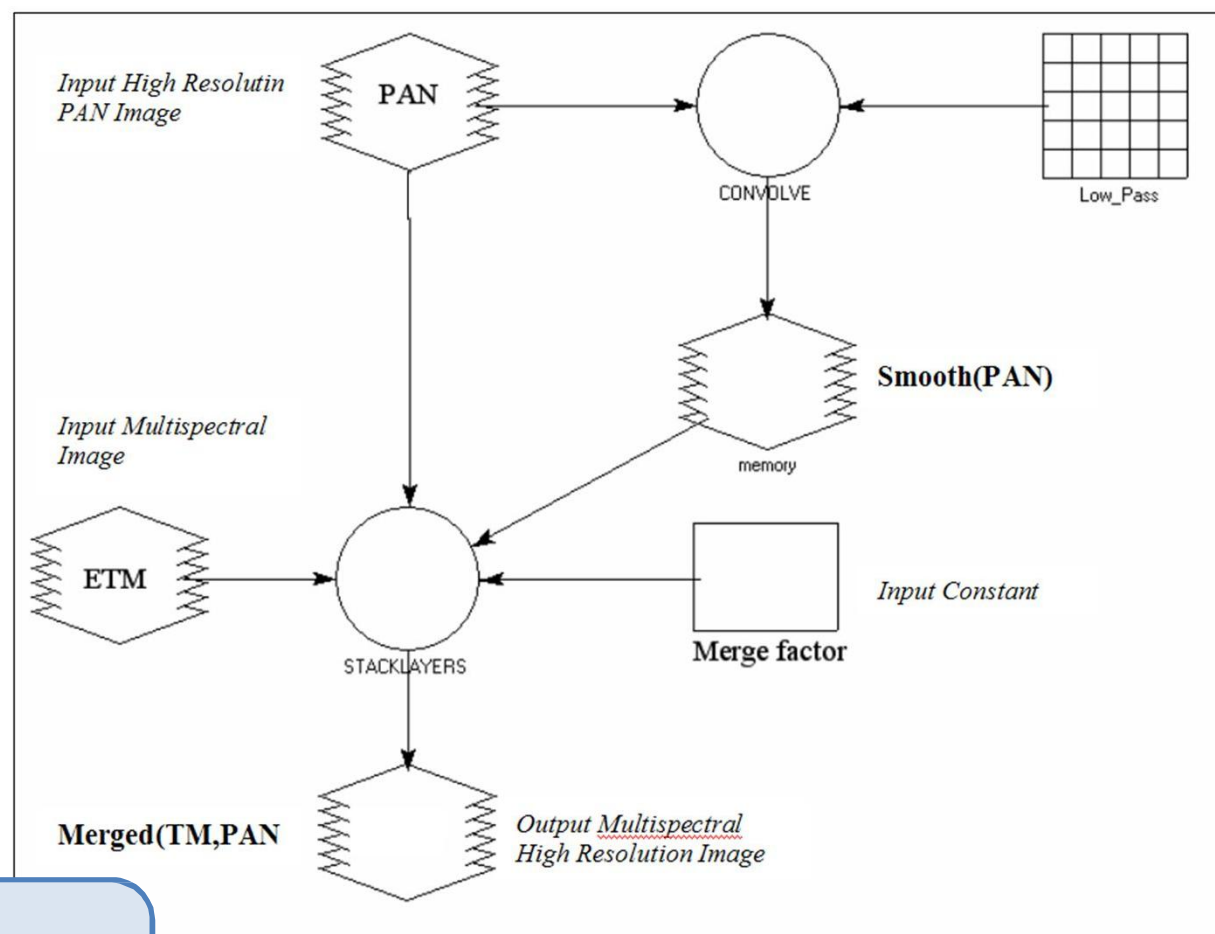


diagrama de flujo de la operación de fusión

Figura – ERDAS, aplicación funciones CONVOLVE y STACKLAYERS

CÁLCULO DE HPF

$$\text{IMG FUSION} = \text{XS} + C \cdot \text{PAN (filtrada paso alto)}$$

-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	24	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1

KERNEL utilizado

LA CONSTANTE C es «empírica» y puede ajustarse valorando visualmente la calidad de los resultados

PROYECTO
Corine Land Cover 2000

Sobre Landsat 7
C = 2.5

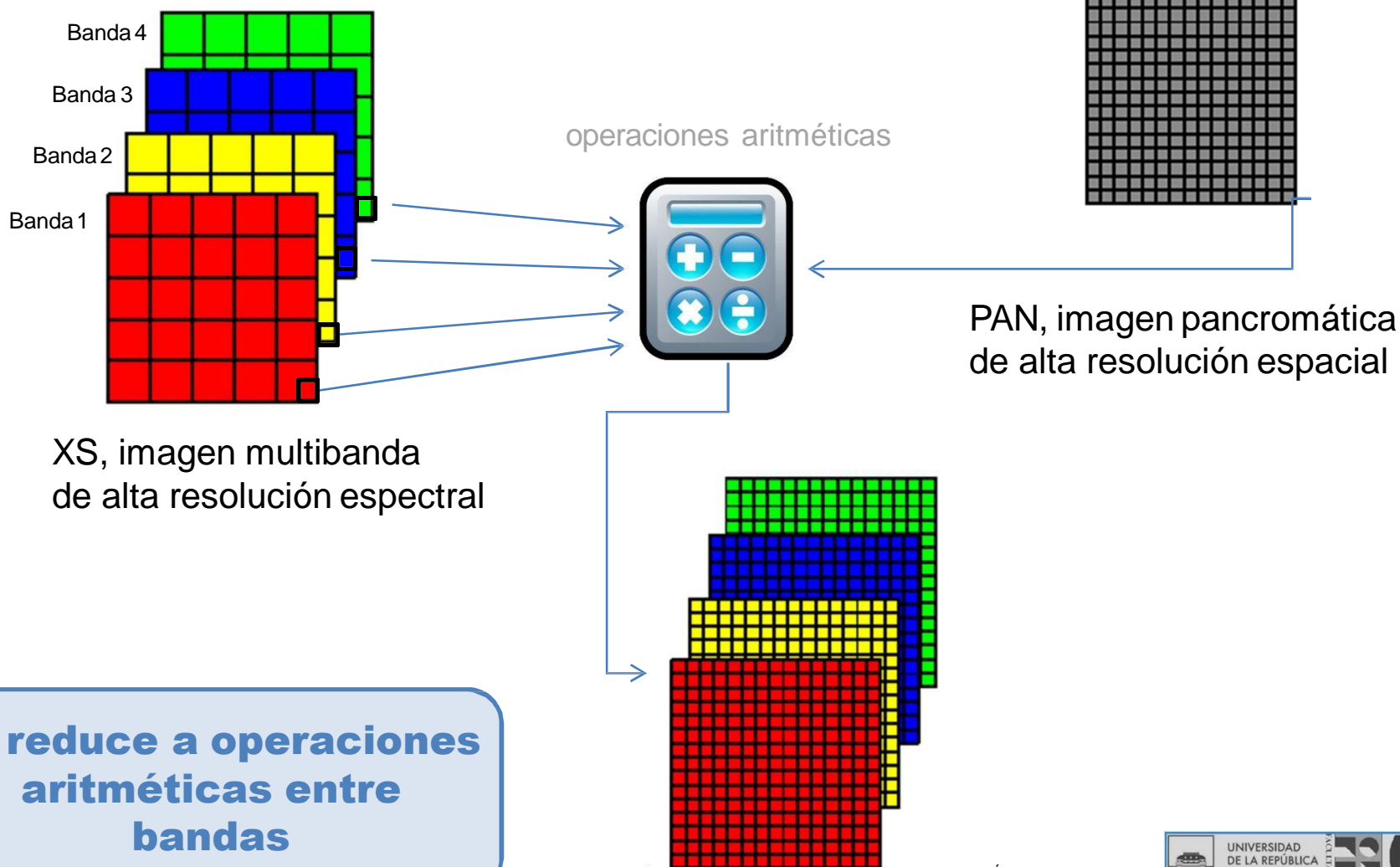
álgebra matricial, con los valores de ND, de los las bandas XS



UDELAR – FING – IA - CAPTURA DE DATOS POR PERCEPCIÓN REMOTA / TC19

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

MÉTODOS BASADOS EN OPERACIONES ALGEBRAICAS



MÉTODO DE BROVEY

Ajuste que consiste en asignar un nuevo ND a cada uno de los pixeles, en función de los valores obtenidos en los pixeles de la PAN y el relacionado con cada una de las bandas de la XS.

$$Nd_{i,FUS} = \frac{(N \cdot ND_{bi})}{(ND_{b1} + ND_{b2} + ND_{b3} + \dots + ND_{bN})} ND_{PAN}$$

N es el número de bandas espectrales de la imagen XS

Ventajas: Fácilmente aplicable. Bajo costo computacional. Imágenes de alta calidad espacial.

Desventajas: Imágenes de baja calidad espectral, si las comparamos con los algoritmos de sustitución de componentes.

**operaciones algebraicas
pixel a pixel, entre las
bandas de la XS y la PAN**

AJUSTE RADIOMÉTRICO

Ajuste basado en medias y desviación típica. Consiste en tratar de igualar estadísticas como la media y la desviación típica.

ND_{PAN} , son los niveles digitales de la imagen PAN original

ND_{PANX} , son los niveles digitales de la imagen PAN transformada
X, imagen de referencia (imagen multispectral con x bandas)

$$ND_{PANX} = a \cdot ND_{PAN} + b$$

donde

$$a = \sigma_X / \sigma_{PAN}$$

$$b = \overline{X} - \overline{PAN} \cdot \sigma_X / \sigma_{PAN}$$

σ_X , es la desviación estándar de la imagen multispectral en la banda X

σ_{PAN} , es la desviación estándar de la imagen PAN

\overline{X} , \overline{PAN} , son los valores de la media de los ND

**igualación de
histogramas de la PAN y
cada una de las bandas
de la XS**

BANDA PANCROMÁTICA PAN



Figura – B8 Landsat LC82220832015255LGN00

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

RELACIONES Y CORRELACIONES

MÓDULO IV – INTERPRETACIÓN IMÁGENES

IMAGEN MULTIESPECTRAL XS

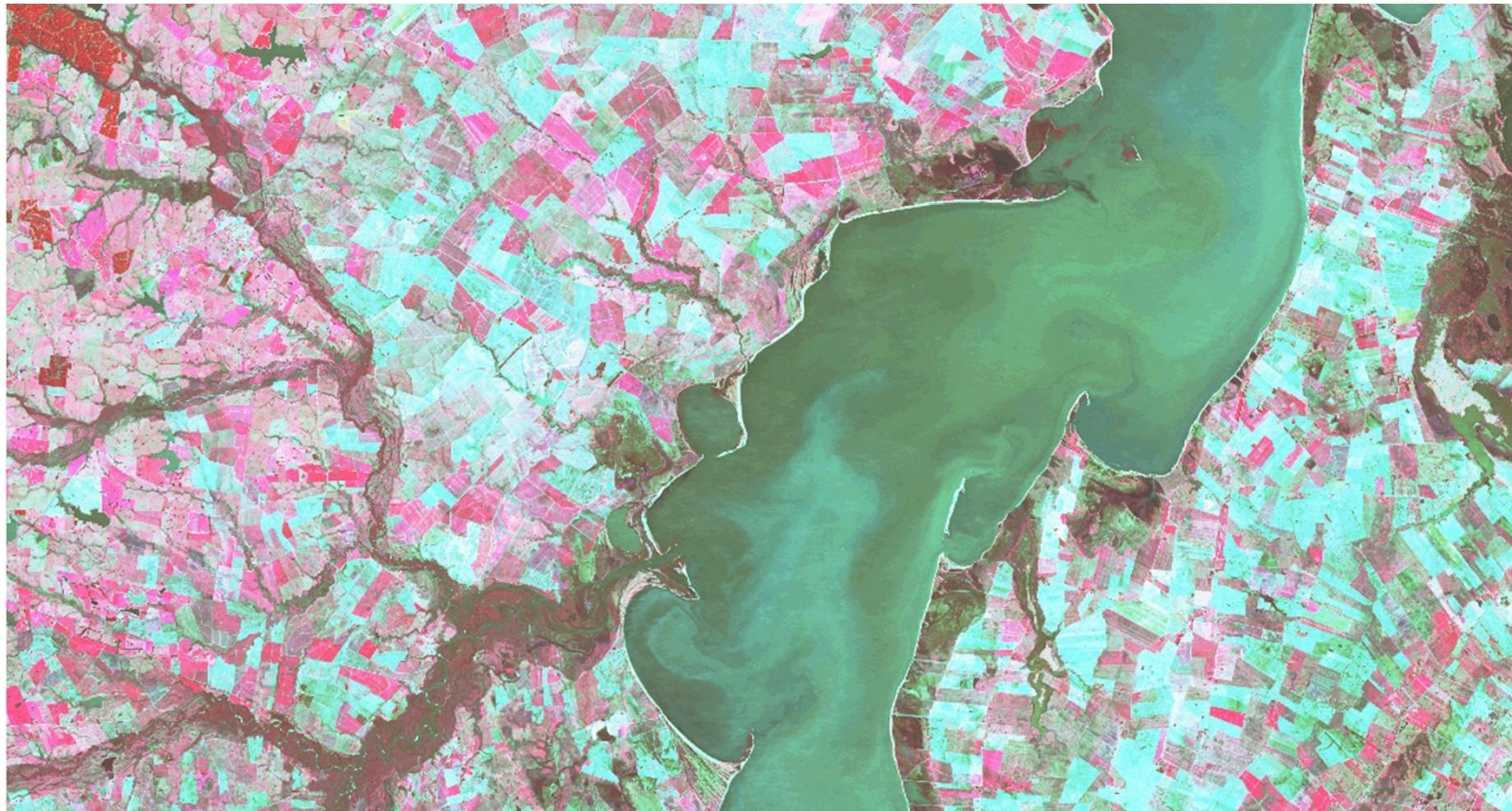


Figura – B5B4B3 Landsat LC82220832015255LGN00

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

RELACIONES Y CORRELACIONES

MÓDULO IV – INTERPRETACIÓN IMÁGENES

COMPOSICIÓN 5-4-3, MEJORADA



Figura – B5B4B3 15x15 Landsat LC82220832015255LGN00

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

RELACIONES Y CORRELACIONES

COMPARACIÓN XS vs. FUS

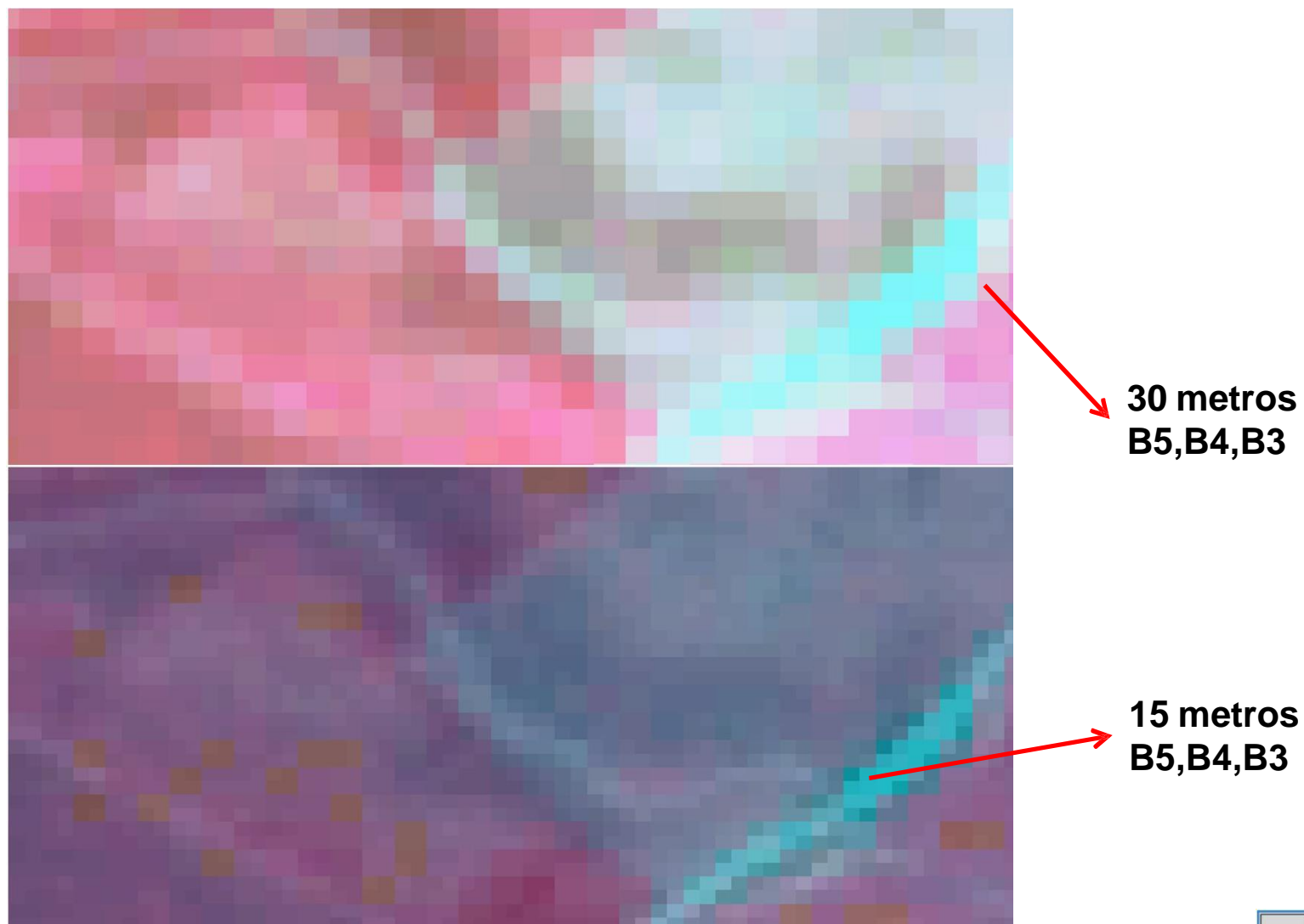
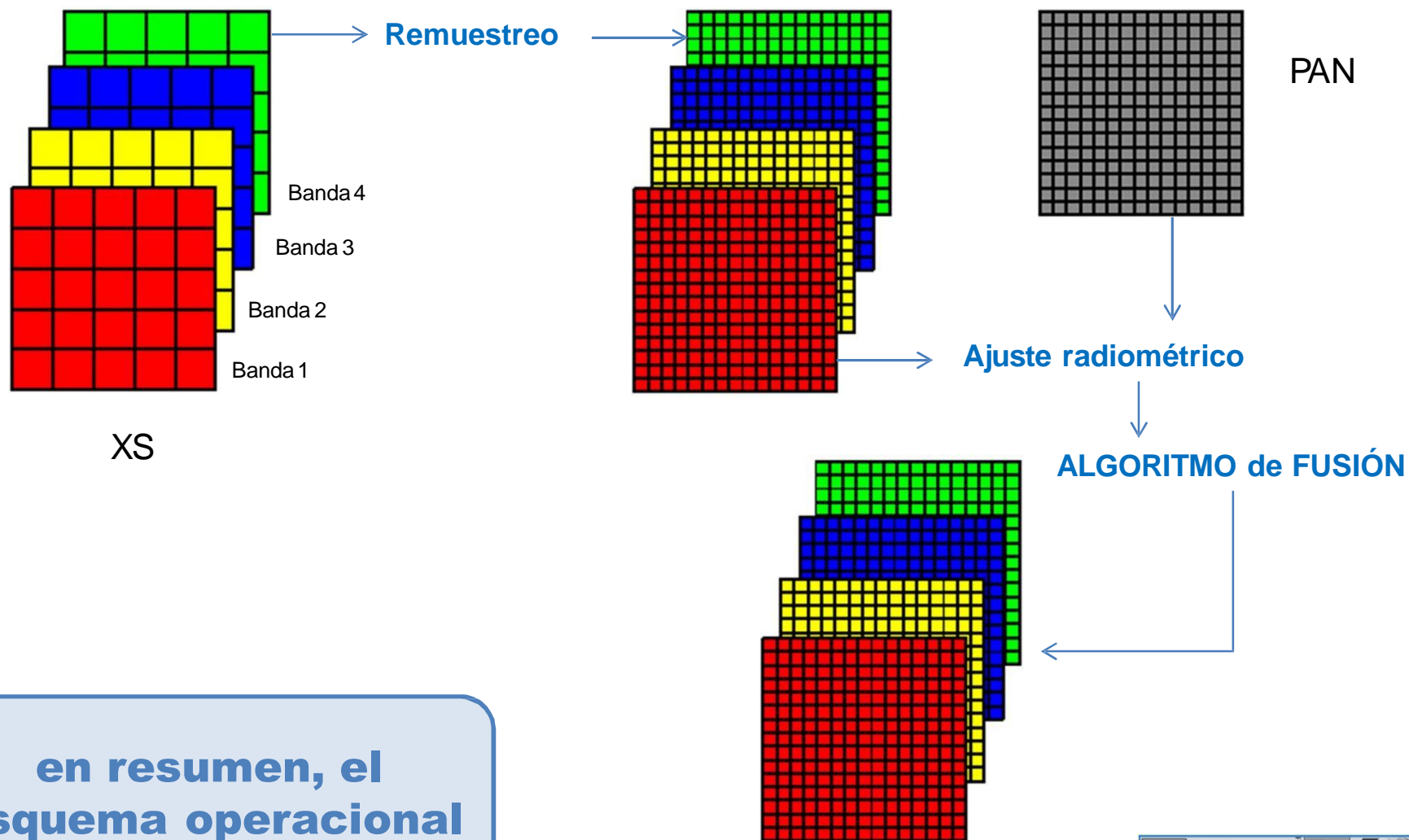


Figura – B5B4B3 Landsat LC82220832015255LGN00

RELACIONES Y CORRELACIONES

PROCESO GENERALIZADO DE LA FUSIÓN



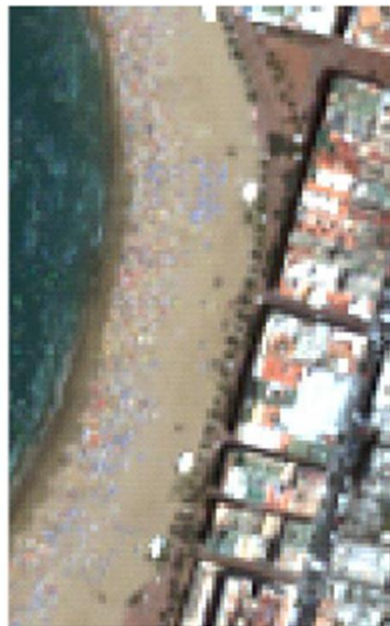
**en resumen, el
esquema operacional**

OBJETIVO DE LA FUSIÓN

- mejorar la identificación visual
- mejorar procesos de segmentación
- mejorar la clasificación de texturas en imágenes



PAN 0.7m



MS 2.8 m



FUSIONADA 0.7m

fusión entre una imagen XS y una PAN

MEDIDA DE LA CALIDAD EN IMÁGENES FUSIONADAS

La calidad de las imágenes, se puede medir de forma **subjetiva y objetiva**.

Los métodos cualitativos, suelen partir de medidas subjetivas y por lo tanto, no son muy útiles.

Se dispone de métricas que permiten medir la calidad, ya sea espacial como espectral. Y también, la calidad global.

MÉTODOS CUANTITATIVOS

ÍNDICES ESTADÍSTICOS

ÍNDICES ERGAS

Eurreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthése

ÍNDICES GLOBALES



Correlación Espectral
Correlación Espacial (Zhou)

ERGAS Espectral
ERGAS Espacial

Universal image quality index

los métodos pueden ser, cualitativos o cuantitativos

RELACIONES Y CORRELACIONES

MÓDULO IV – INTERPRETACIÓN IMÁGENES

MEDIDA DE LA CALIDAD EN IMÁGENES FUSIONADAS

MÉTODOS CUANTITATIVOS

ÍNDICES ESTADÍSTICOS

Correlación Espectral
Correlación Espacial (Zhou)

ÍNDICES ERGAS

Eurreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse

ERGAS Espectral
ERGAS Espacial

ÍNDICES GLOBALES

Universal image quality index

métodos cuantitativos

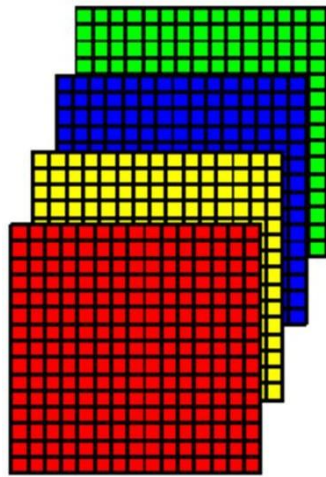
RELACIONES Y CORRELACIONES

MÉTODOS CUANTITATIVOS

Calidad espectral

FUS

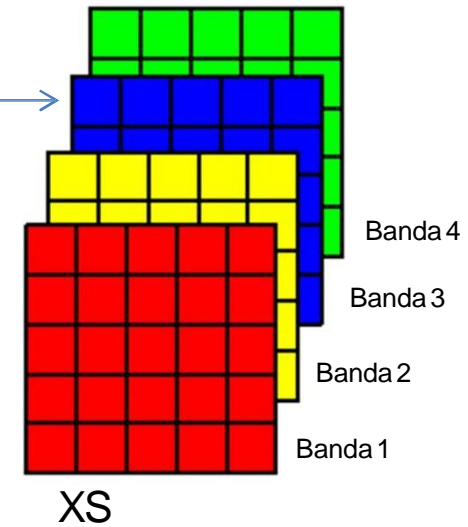
AÑO 2002, requerimientos de los índices de calidad / imágenes fusionadas



Independiente de unidades, y también de coeficientes de calibración de instrumentos.

Independiente del número de bandas espectrales que consideremos.

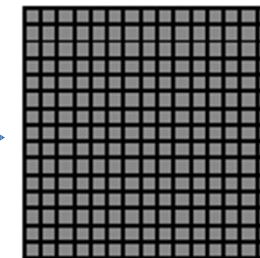
Independiente de la relación entre resoluciones espaciales de las imágenes fuente.



XS

Calidad espacial

de forma práctica, veremos sus definiciones



PAN

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ESPECTRAL

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

De forma práctica:

$$r = \frac{\sum_i (FUS_i - FUS_m) \cdot (MS_i - MS_m)}{\sqrt{\sum_i (FUS_i - FUS_m)^2} \cdot \sqrt{\sum_i (MS_i - MS_m)^2}}$$

FUS_i : valor de intensidad de la banda i de la imagen FUS

MS_i : valor de intensidad de la banda i de la imagen MS

FUS_m e MS_m : valores de intensidad medios de las imágenes FUS y MS

**índice estadístico de
calidad espectral**

CORRELACIÓN ESPACIAL, ÍNDICE DE ZHOU

Filtro laplaciano para extraer la componente paso alto de la PAN y la FUS

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Mide la calidad espacial

$$r = \frac{\sum_i (FUS_i - FUS_m) \cdot (PAN_i - PAN_m)}{\sqrt{\sum_i (FUS_i - FUS_m)^2} \cdot \sqrt{\sum_i (PAN_i - PAN_m)^2}}$$

donde FUS_i es el valor de intensidad de la banda i de la imagen fusionada filtrada, PAN_i es el valor de intensidad de la banda i de la imagen PAN filtrada y FUS_m y PAN_m son los valores de intensidad medios de las imágenes FUS y PAN filtradas respectivamente

**índice estadístico de
calidad espacial**

ERGAS ESPECTRAL

Mide la calidad espectral de la imagen FUS

$$ERGAS_{Espectral} = 100 \cdot \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{RMSE(B_i)^2}{(M_{MS_i})^2}}$$

Donde M_i representa el valor medio de la banda B_i , h la resolución espacial del sensor PAN, y l la resolución espacial del sensor MS, N representa el número de bandas y RMSE es:

$$RMSE_{Espectral}(B_i) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n (MS_i(k) - FUS_i(k))^2}$$

**índice ERGAS
calidad espectral**

ERGAS ESPACIAL

Mide la calidad espacial de la imagen FUS

$$ERGAS_{Espacial} = 100 \cdot \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{RMSE(B_i)^2}{(M_{PAN_i})^2}}$$

Donde M_{PAN_i} representa el valor medio de la imagen PAN, h la resolución espacial del sensor PAN, y l la resolución espacial del sensor MS, N respresenta el número de bandas y $RMSE$ es:

$$RMSE_{Espacial}(B_i) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{k=1}^n (PAN_i(k) - FUS_i(k))^2}$$

índice ERGAS
calidad espacial

UNIVERSAL IMAGE QUALITY INDEX

$$Q = \frac{4 \sigma_{xy} \bar{x} \bar{y}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) + [(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2]}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2 \cdot \bar{x} \bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2 \cdot \sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

x: valores de intensidad de la banda i de la imagen FUS

y: valores de intensidad de la banda i de la imagen MS

índice global

- **pérdida de correlación**
- **distorsión lumínica**
- **distorsión del contraste**

CONCLUSIONES



NO EXISTE **EL MEJOR** MÉTODO DE FUSIÓN DE IMÁGENES, SINO **LA MEJOR** IMAGEN FUSIONADA.



se requiere de metodologías que controlen la calidad de las imágenes fusionadas, adaptándola a la aplicación final

RELACIONES Y CORRELACIONES

EJEMPLOS



Imagen multispectral original (izda) comparada con la imagen fusionada mediante FIHS.

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

RELACIONES Y CORRELACIONES

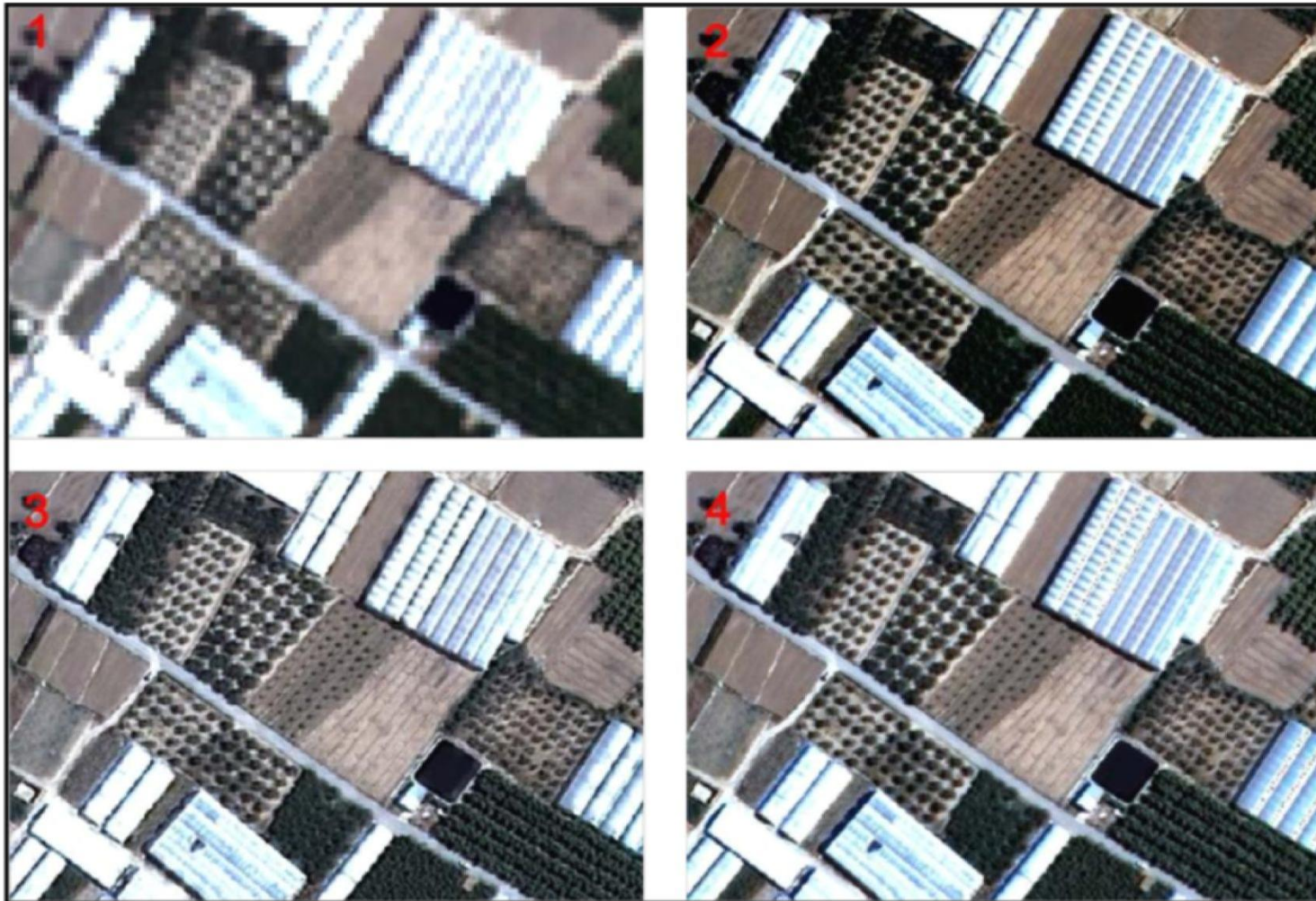


Imagen anterior y posterior a la fusión mediante FIHS

Arriba – COLOR VERDADERO
Abajo – FALSO COLOR INFRAROJO

RELACIONES Y CORRELACIONES

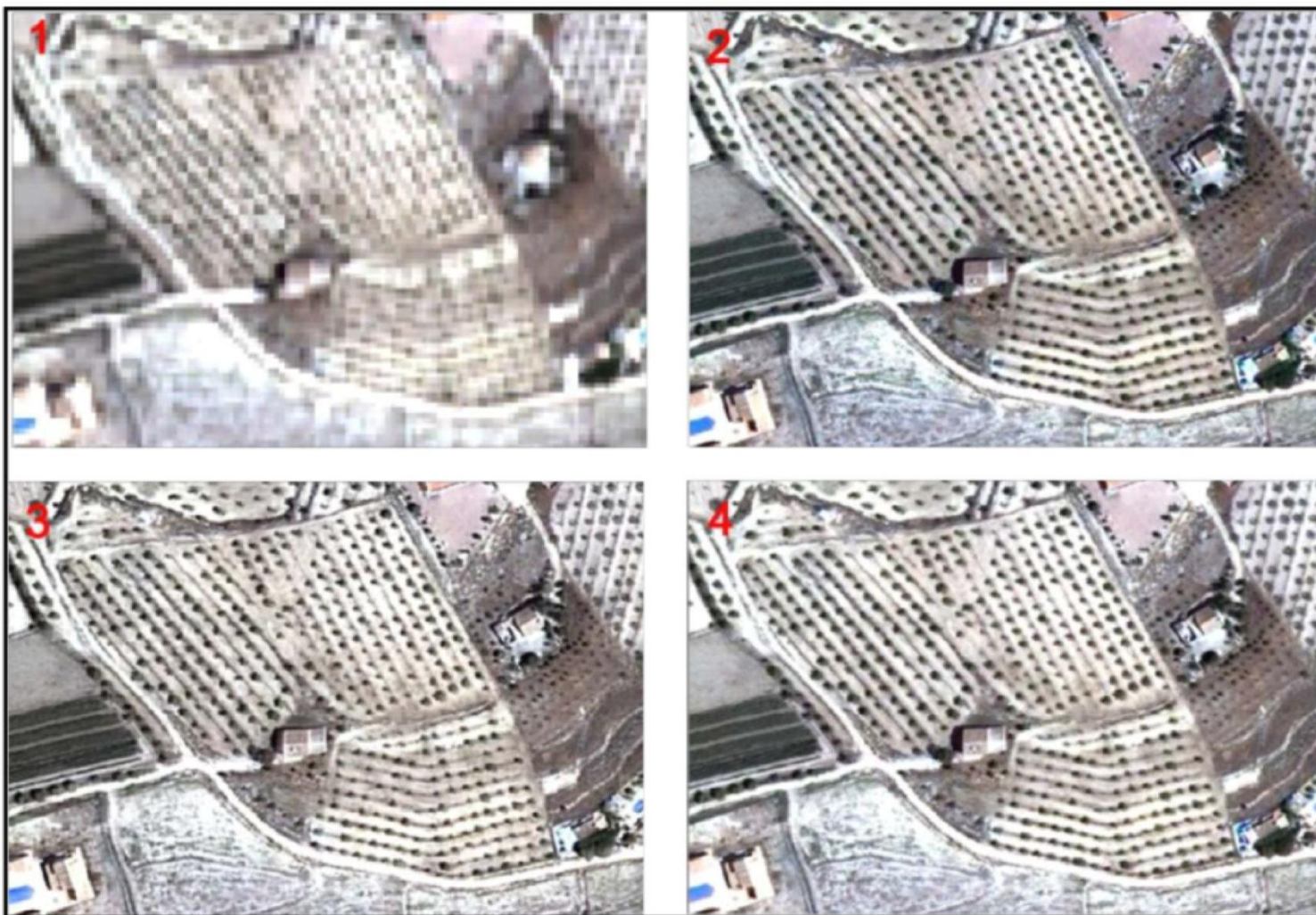
EJEMPLOS



Productos
obtenidos a partir
de diversas técnicas
de fusión
(IHS, corresponde
con la figura N° 3)

RELACIONES Y CORRELACIONES

EJEMPLOS



Productos
obtenidos a partir
de diversas técnicas
de fusión
(IHS, corresponde
con la figura N° 3)

Una aplicación
Generación de
información para el
conteo de árboles

RELACIONES Y CORRELACIONES

EJEMPLOS

Caso similar al anterior

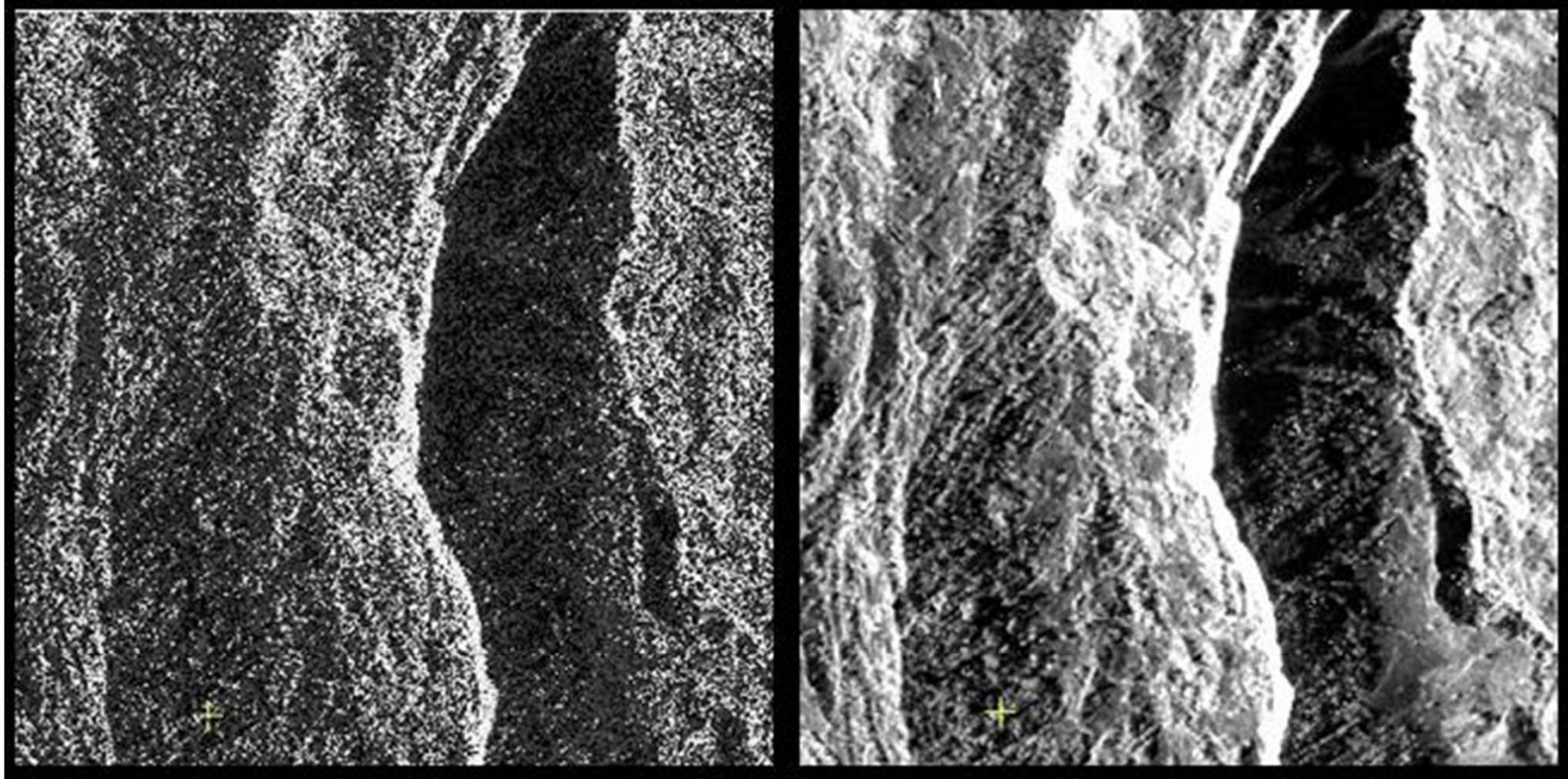


Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.

RELACIONES Y CORRELACIONES

MÓDULO IV – INTERPRETACIÓN IMÁGENES

EJEMPLOS



Caso de FUSIÓN con una imagen radar

Prof. Asistente Gdo. 2. Eduardo Vásquez.