

# Extracción de extensión urbana a partir de datos multiespectrales

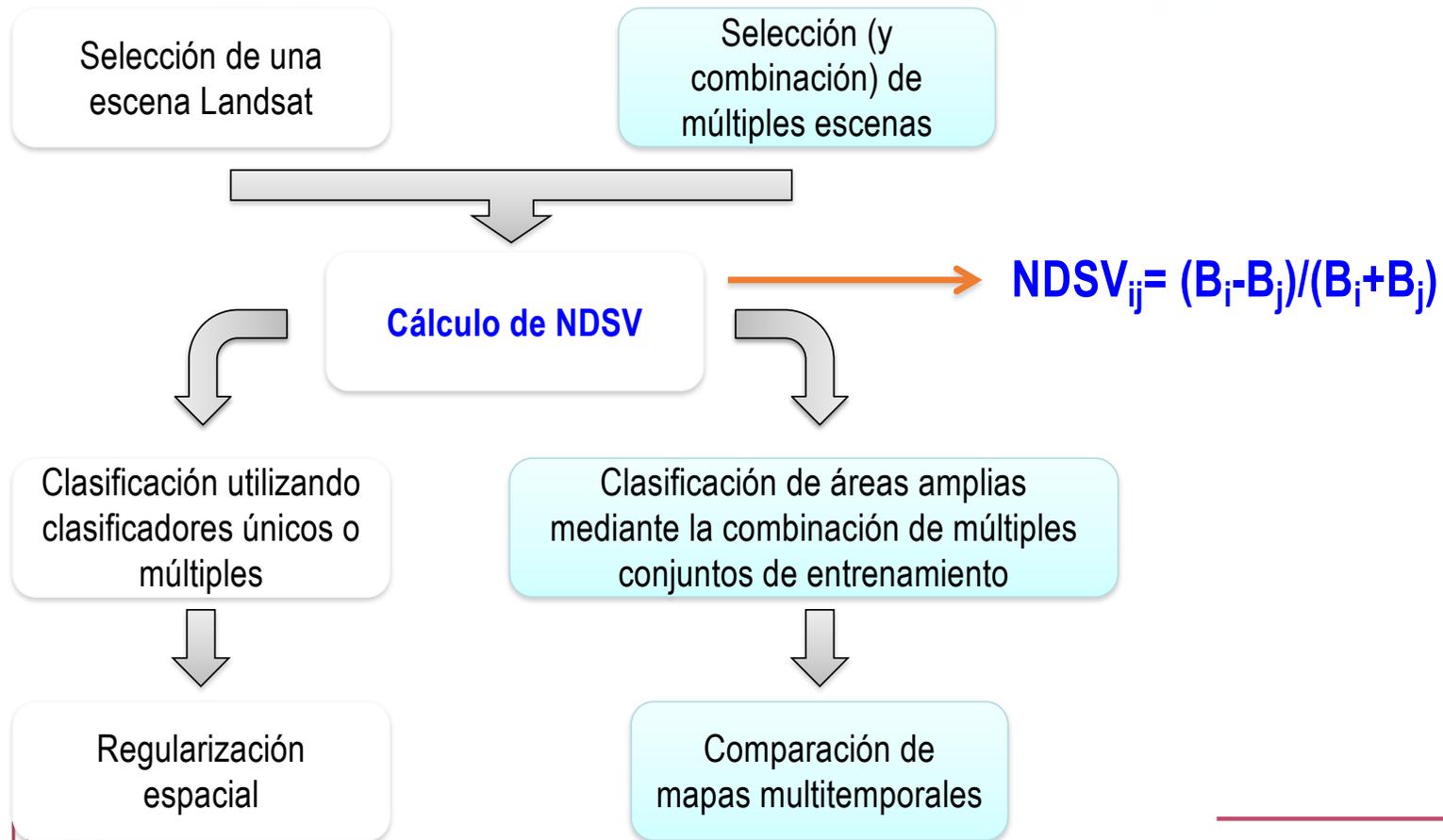


# Archivos Landsat y datos Sentinel

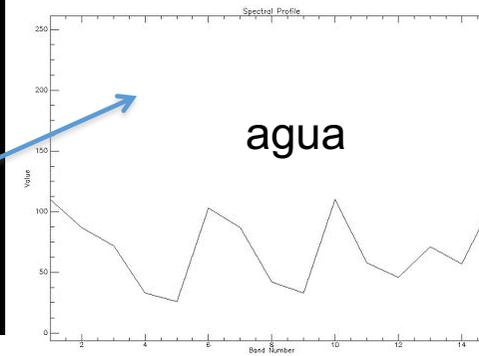
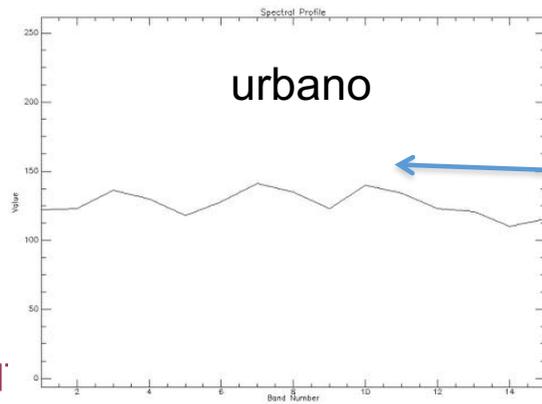
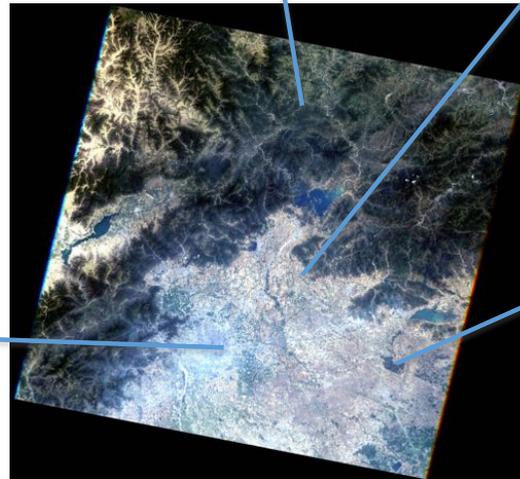
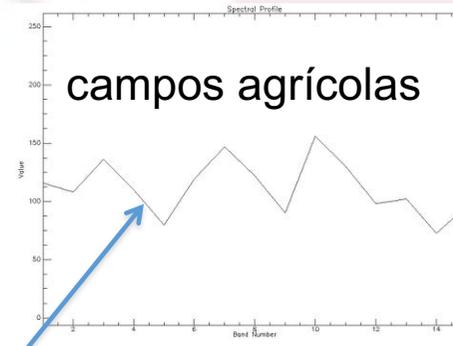
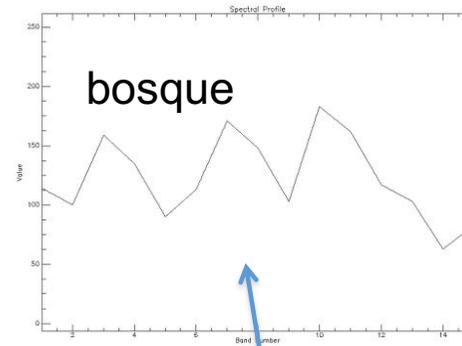
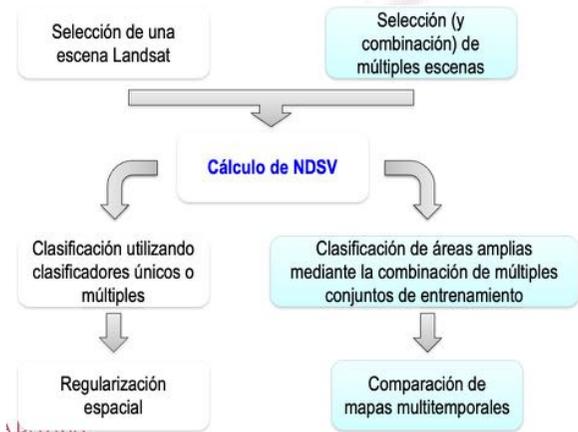
- Los archivos Landsat cubren un amplio período de tiempo y abarcan todo el planeta.
- La constelación Sentinel de la ESA va a complementarla.
- La resolución espacial de Landsat (30 m) puede ser insuficiente para aplicaciones urbanas detalladas, pero su granularidad y continuidad en el tiempo son ideales para la cartografía del desarrollo urbano.
- El enfoque habitual para capturar mapas globales a partir de datos multiespectrales es el uso de índices (p. ej., NDVI, NDSI, ...), pero cada índice captura solo un material específico.
- Por lo tanto, necesitamos algo diferente, capaz de hacer frente a otros desafíos, como:
  - las radiancias recopiladas cambian con las estaciones y las condiciones climáticas;
  - las propiedades espectrales de los materiales urbanos no son consistentes en áreas geográficas amplias;
  - los materiales urbanos son extremadamente diversos incluso dentro de la misma área urbana.



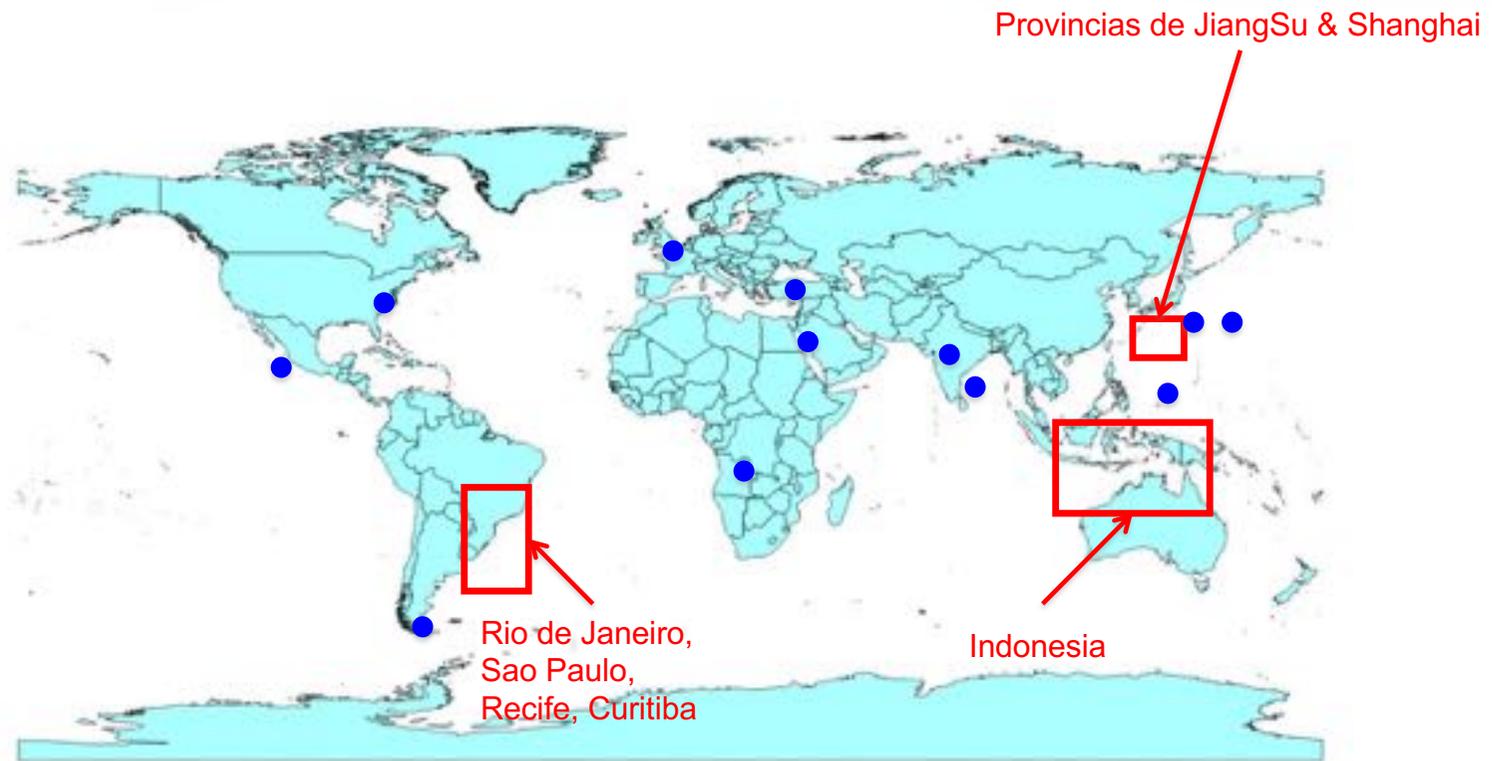
# Todo el procedimiento



# NDSV

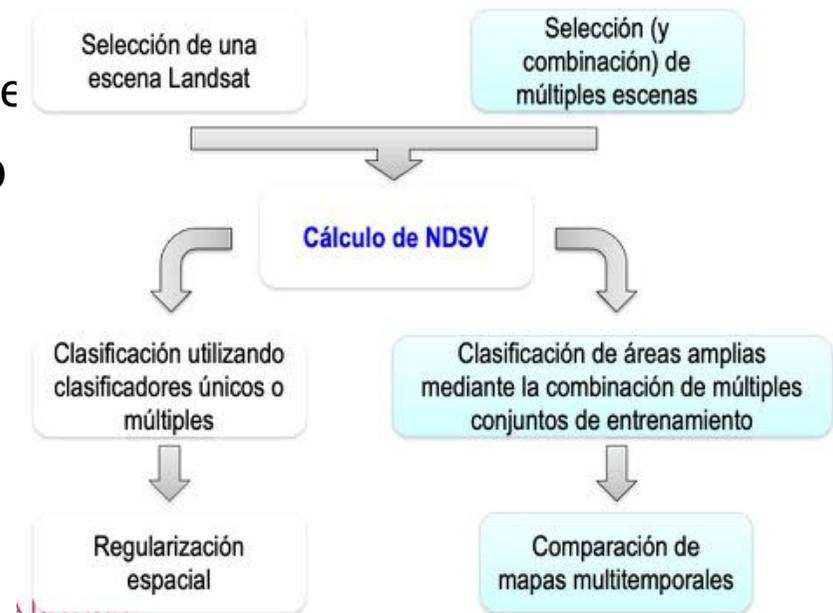


# Sitios de prueba

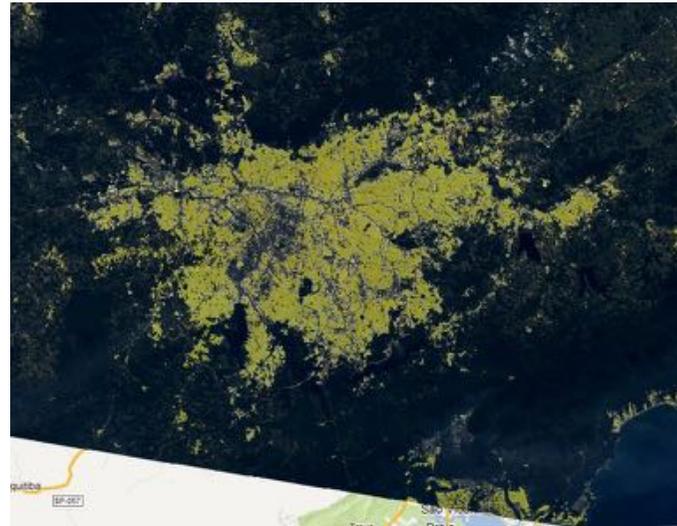
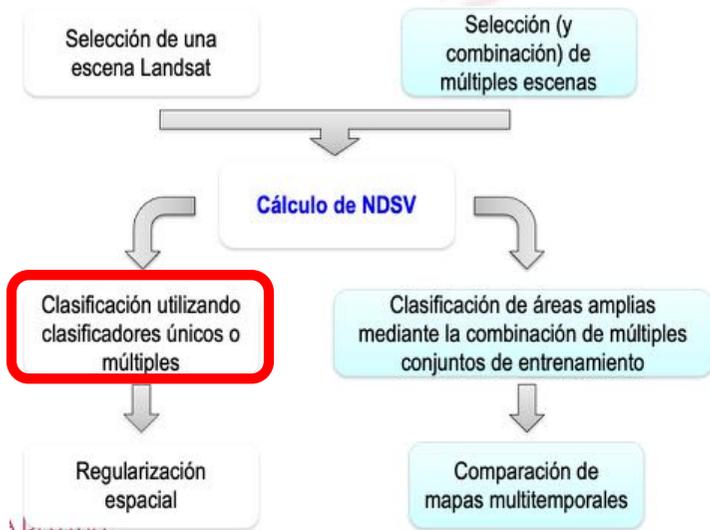


# Teoría<sup>(\*)</sup> vs. GEE

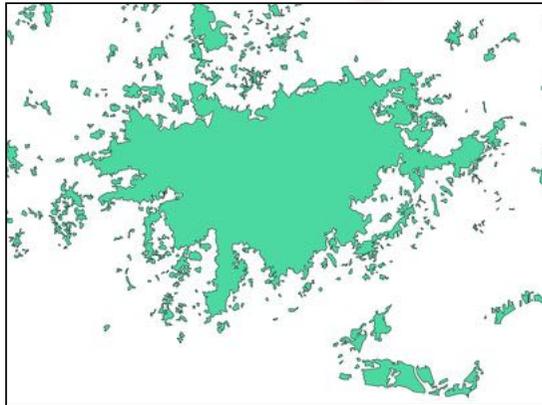
- Imagen de reflectancia calibrada única
  - Colecciones
  - Píxeles nublados o no calibrados por comple
- Clasificador multispectral especializado
  - Conjunto predefinido de clasificadores
- Problema de múltiples clases
  - Problema binario
- Fecha única
  - Conjunto de datos multitemporales
- Regiones de interés
  - Tablas de fusión



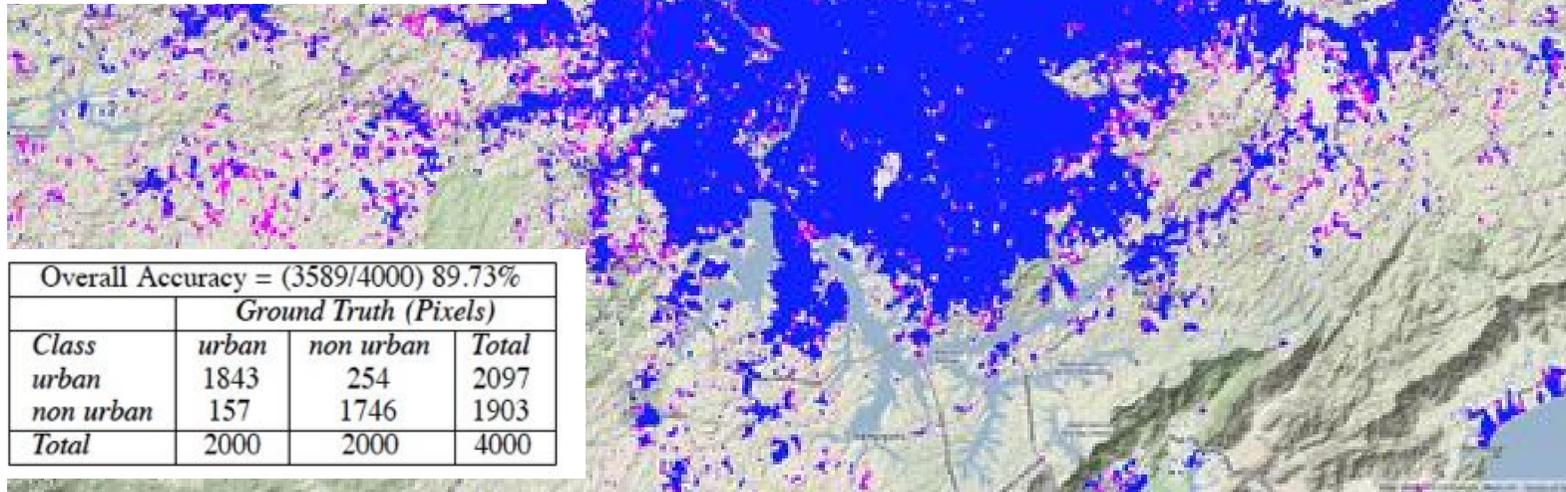
# Multiple classifiers



# Sao Paulo: Clasificadores múltiples



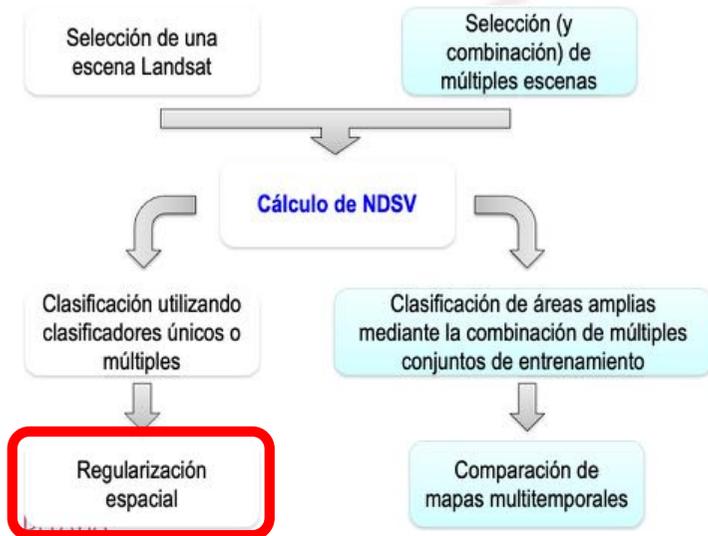
GT manuale © INPE



Overall Accuracy = (3589/4000) 89.73%

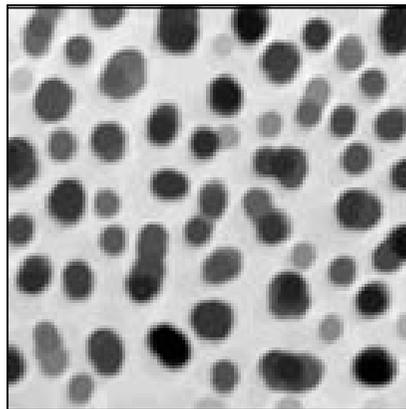
Class	Ground Truth (Pixels)		Total
	urban	non urban	
urban	1843	254	2097
non urban	157	1746	1903
Total	2000	2000	4000

# Regularización espacial

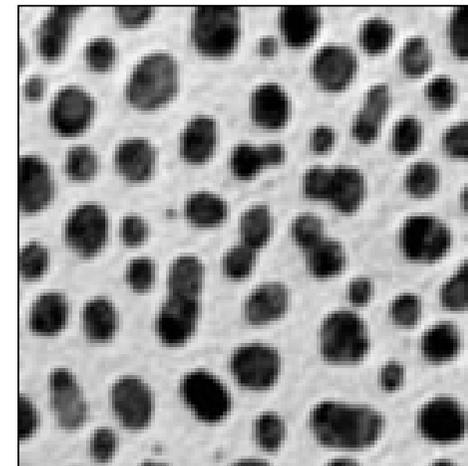


- Los clasificadores por píxel son propensos al ruido de “sal y pimienta”
- El enfoque estándar es el uso de regularización espacial (por ejemplo, MRF)
- GEE: filtrado morfológico adaptado a la escala de mapeo

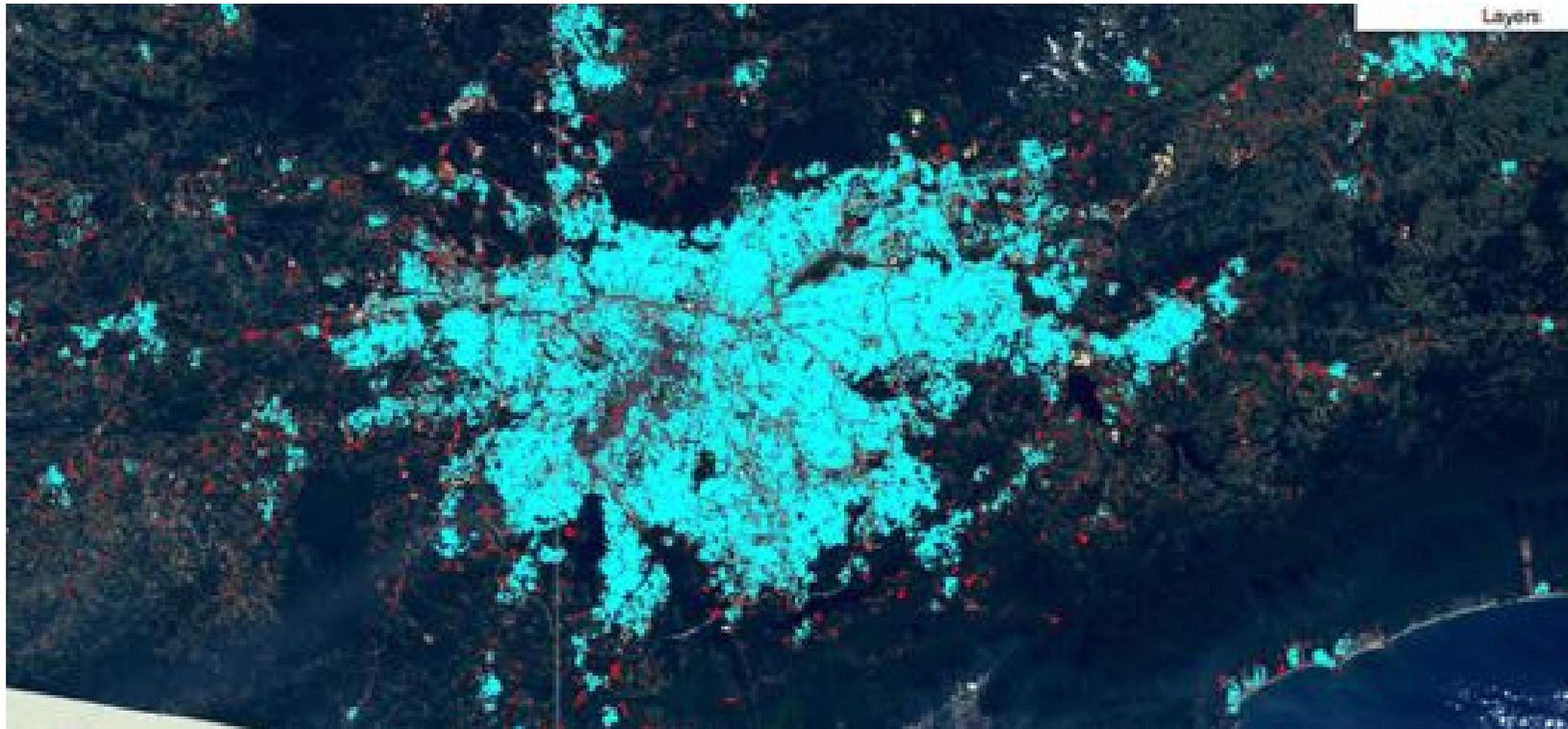
*Apertura morfológica (erosión + dilatación)*



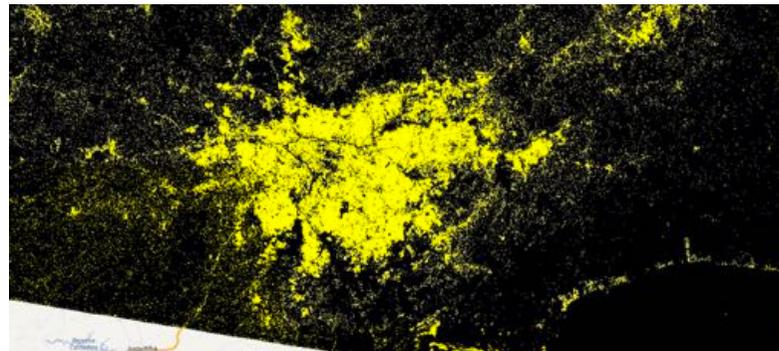
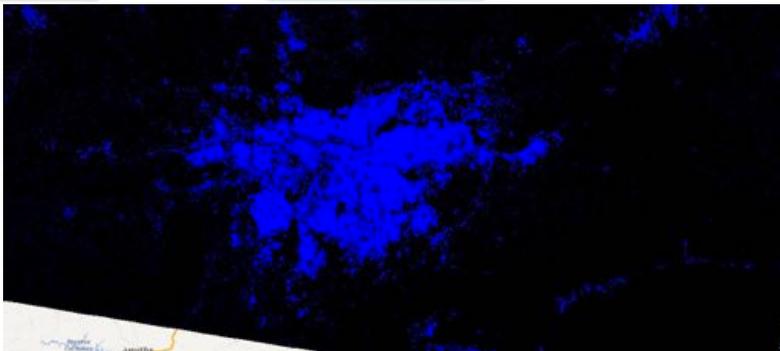
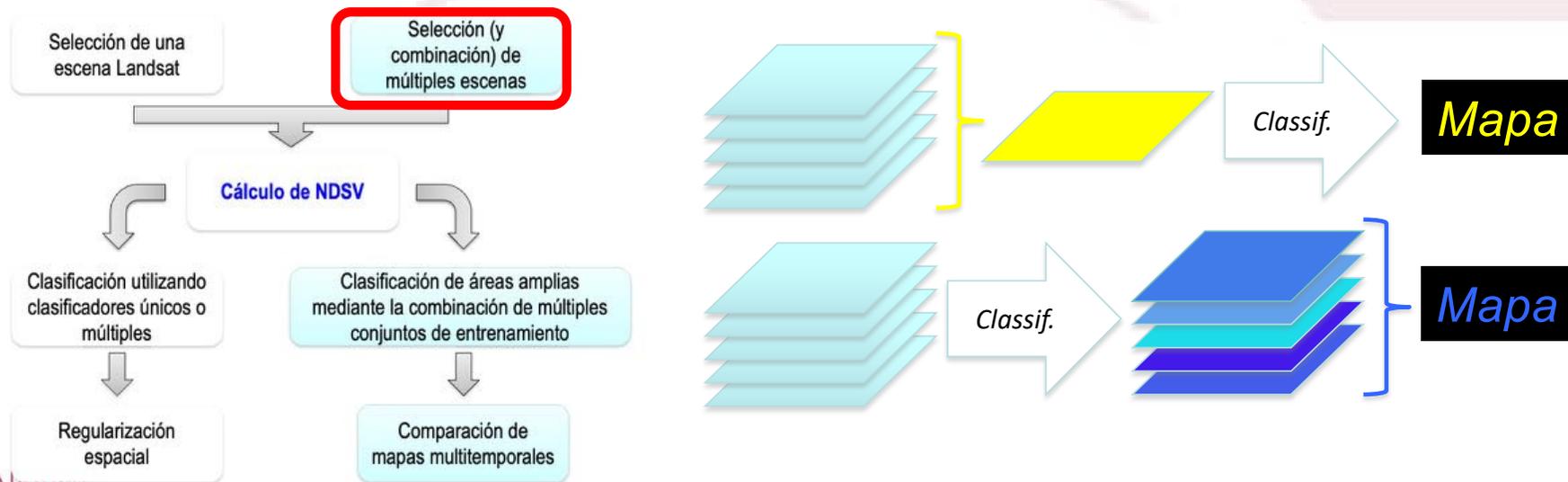
*Elemento estructurante*



# Regularización por morfología

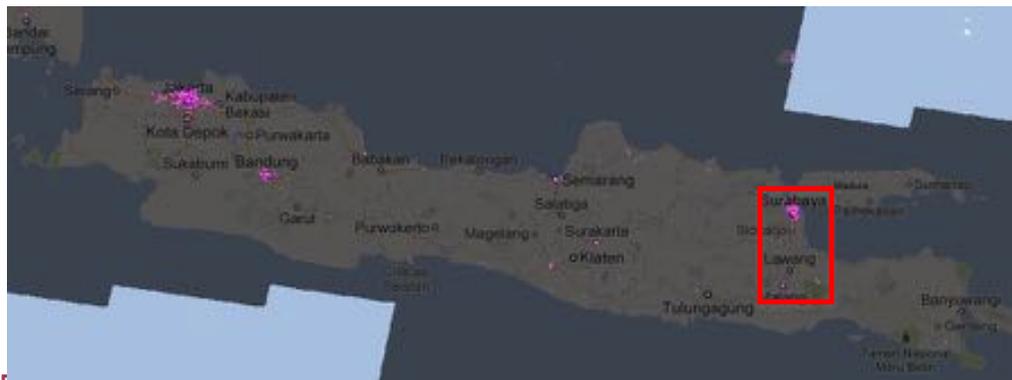
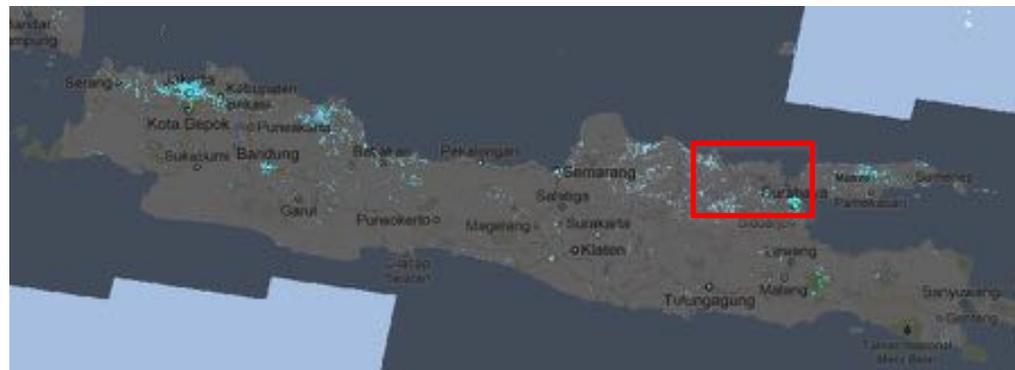


# Escenas múltiples



# Al menos un año si el cielo está nublado

- Recolección de un año versus una combinación de recolecciones trimestrales



# Mediana/Compuesta/Más verde

- Mediana: colecciones obtenidas al considerar todas las escenas en un área dada y asignar a la imagen final el valor mediano (más probable):
  - buena idea para reducir las nubes, pero no siempre funciona. Se requiere una fusión a nivel de decisión.
- Compuesta: colecciones en las que se calcula una "puntuación de nubes" para evaluar la calidad de cada escena y agregar píxeles sin nubes de múltiples imágenes:
  - ligeramente mejor que el filtro de mediana para reducir la cobertura de nubes;
  - ligeramente peor en la radiometría de la escena;
  - más o menos la misma precisión de clasificación
- Más verde: colecciones anuales precalculadas en las que el valor de píxel se selecciona de la escena donde ese píxel tiene el valor NDVI más alto.

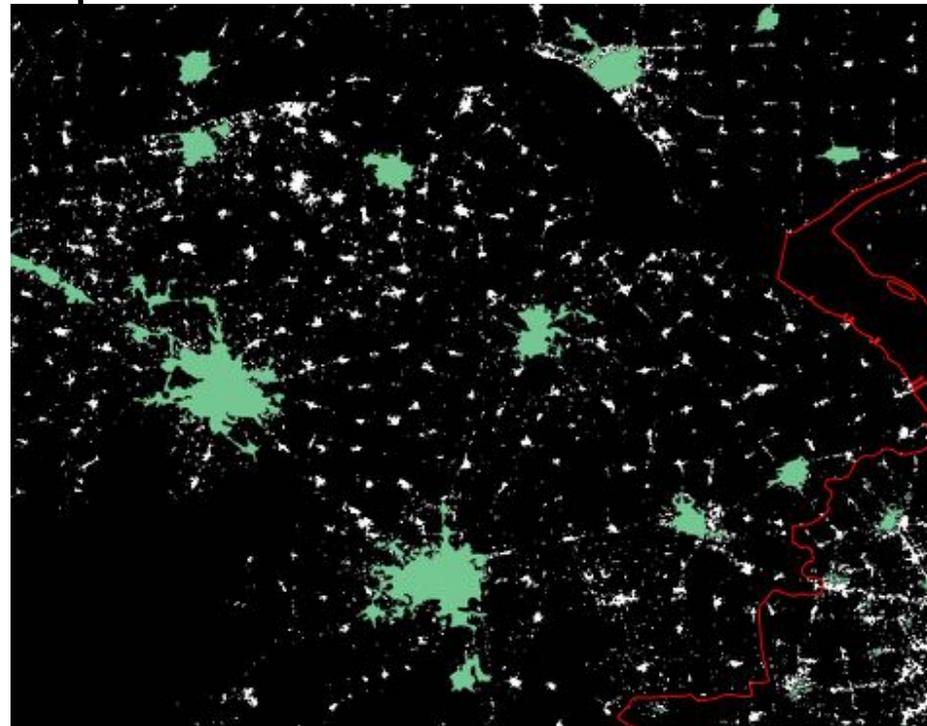


# Provincia JiangSu

- Clasificadores múltiples y sin postclasificación

- Landsat GT

- VHR GT:

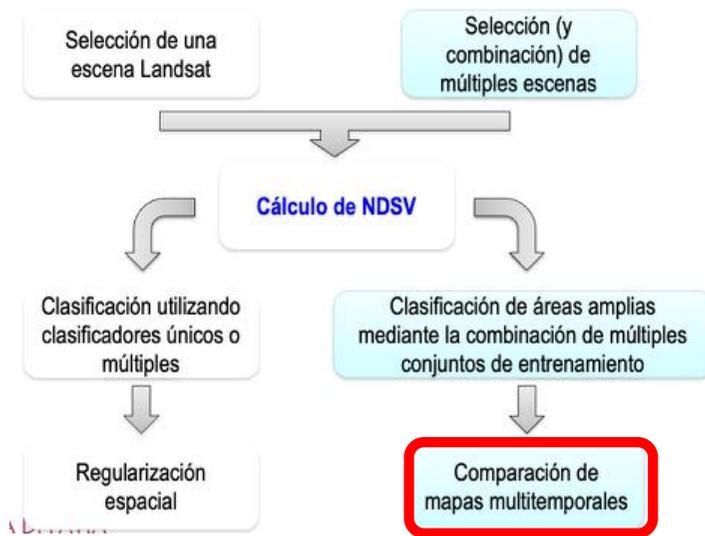


Overall Accuracy = (2623/4000) 65.58%

<i>Ground Truth (Pixels)</i>			
<i>Class</i>	<i>urban</i>	<i>non urban</i>	<i>Total</i>
<i>urban</i>	824	201	1025
<i>non urban</i>	1176	1799	2975
<i>Total</i>	2000	2000	4000



# Análisis multitemporal



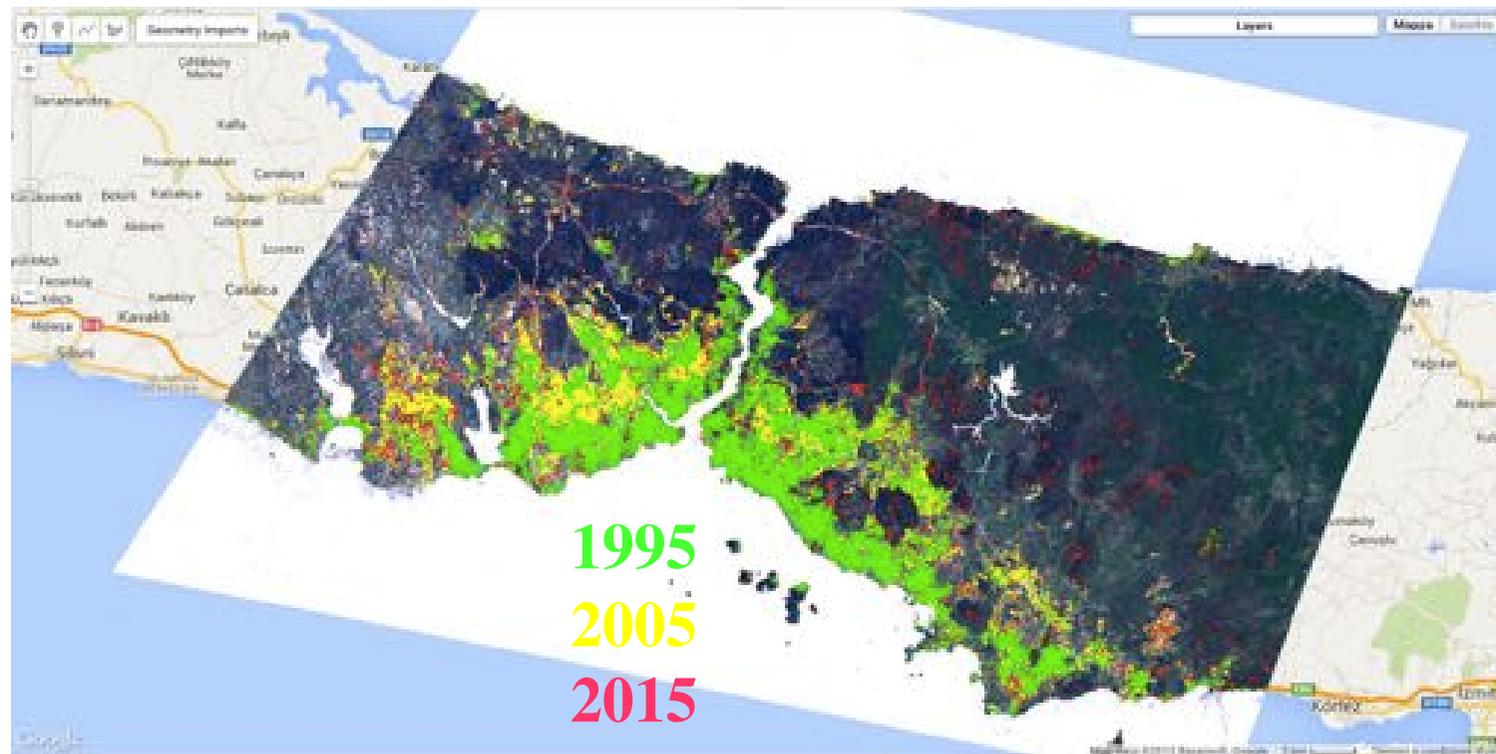
- El desfase temporal mínimo se define según la dinámica del área objetivo y la cobertura de nubes durante el año.
- Para las áreas urbanas, de uno a tres años son suficientes para un análisis regional.
- Los conjuntos de entrenamiento se definen para las fechas más recientes y la extracción temporal se realiza hacia atrás.

N.N. Patel, E. Angiuli, P. Gamba, A. Gaughan, G. Lisini, F.R. Stevens, A.J. Tatem, and G. Trianni “[Multitemporal settlement and population mapping from Landsat using Google Earth Engine](#)”, J. of Applied Earth Observation and Remote Sensing, Vol. 35, Part B, pp. 199-208, March 2015, DOI: 10.1016/j.jag.2014.09.005.

G. Trianni, G. Lisini, E. Angiuli, E.A. Moreno, P. Dondi, A. Gaggia, and P. Gamba, “[Scaling up to national/regional urban extent mapping using Landsat data](#)”, IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2398032



# Istanbul



¿Qué pasa si no tenemos datos multispectrales?

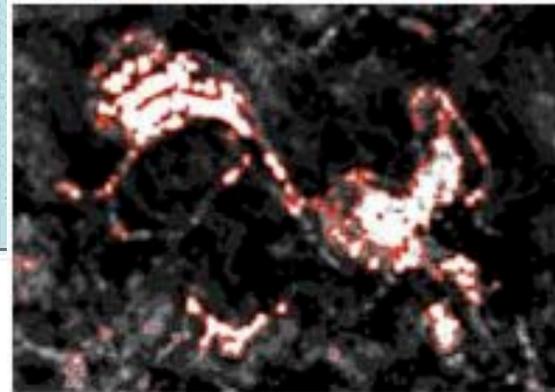
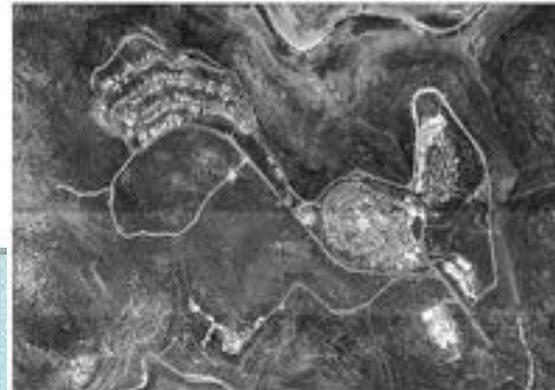
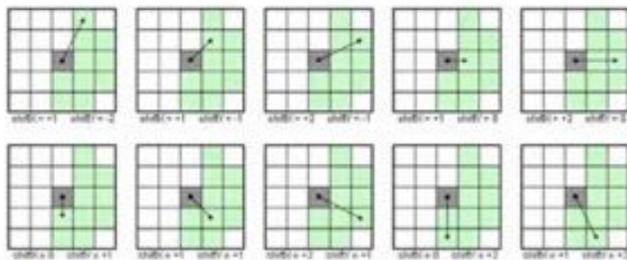


# Urban Focus: datos pancromáticos VHR

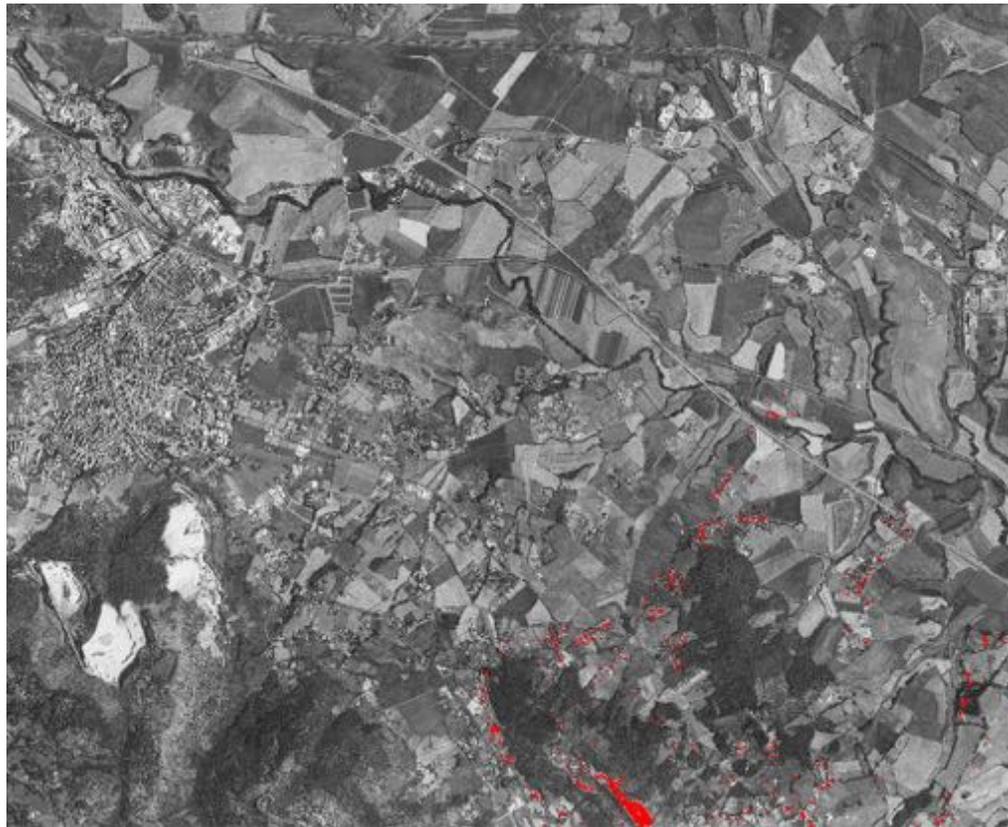
$$tx = f(w, \vec{v}_i, m); i \in [\alpha_1, d_1; \alpha_2, d_2; \dots; \alpha_n, d_n]$$

$$CON = \sum_{i=1}^{Ng} \sum_{j=1}^{Ng} (i-j)^2 \cdot P_{i,j}$$

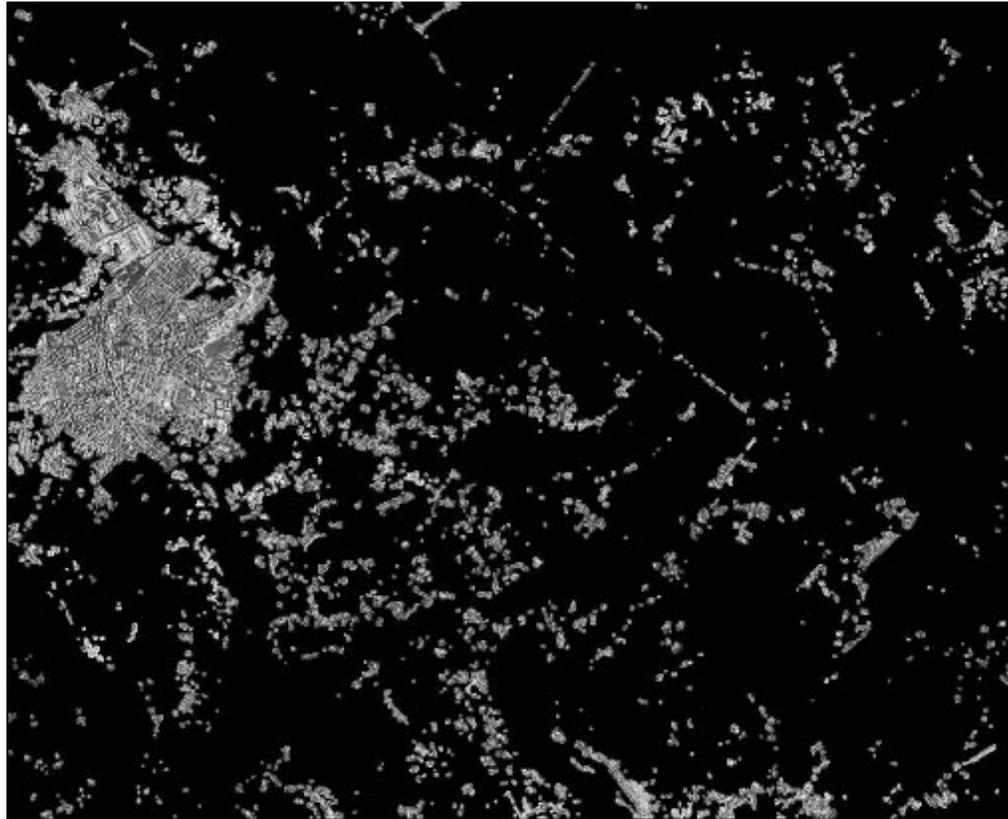
$$tx_i = f(w=9, \vec{v}_i, m=CON)$$



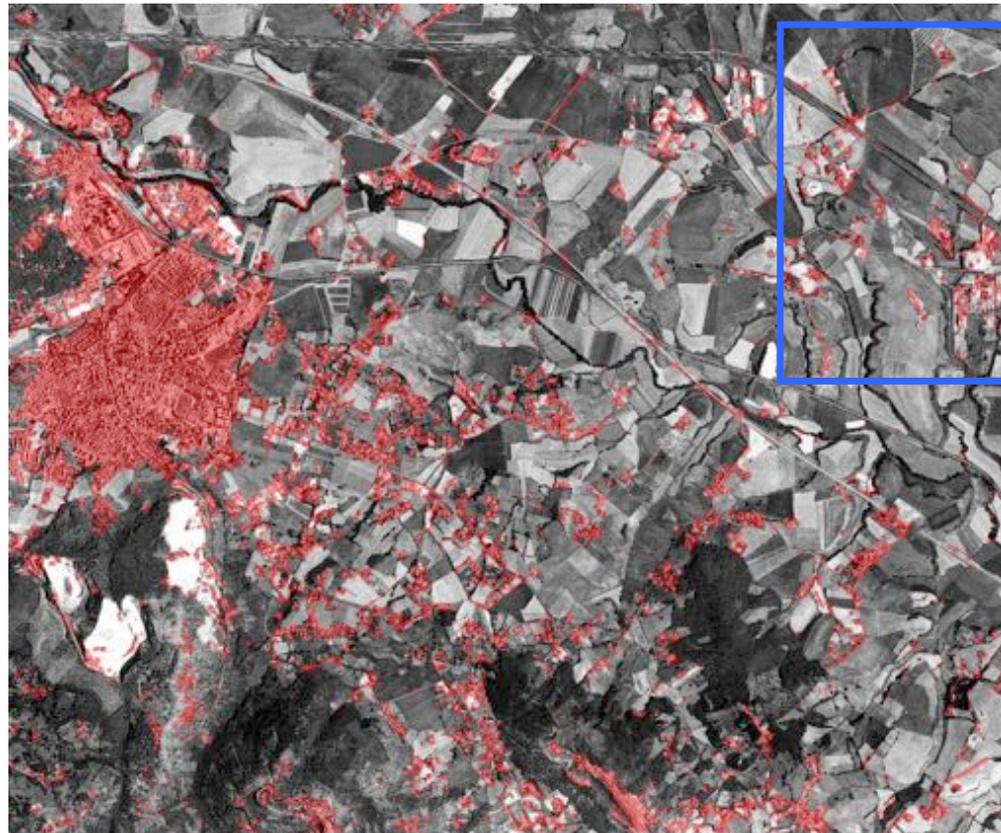
# Conjunto de datos de muestra: norte de Italia



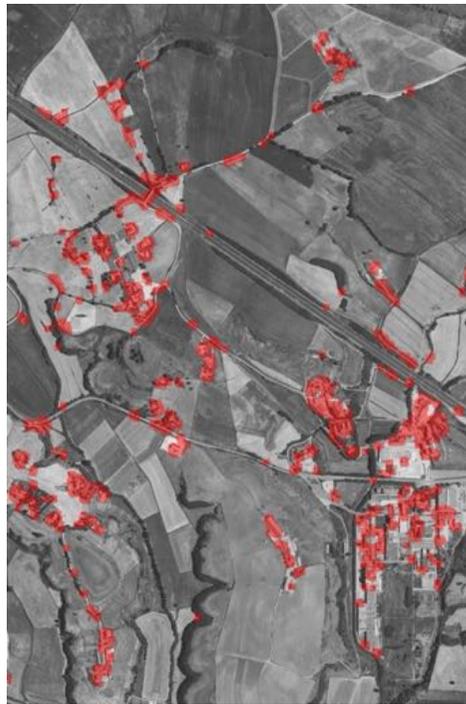
# Índice de superficie construida



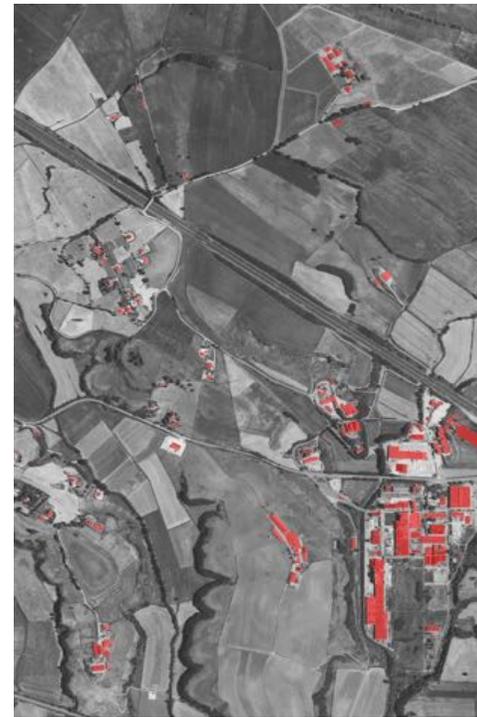
# Después del umbral



# Comparación con la extracción manual



Automatic extraction

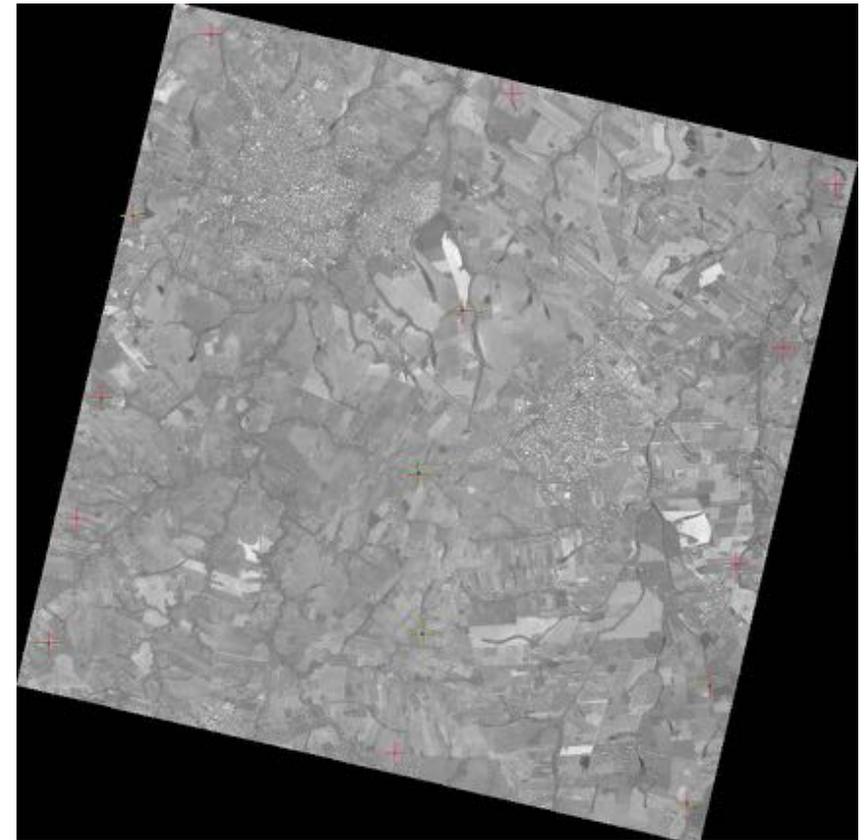


Manual extraction

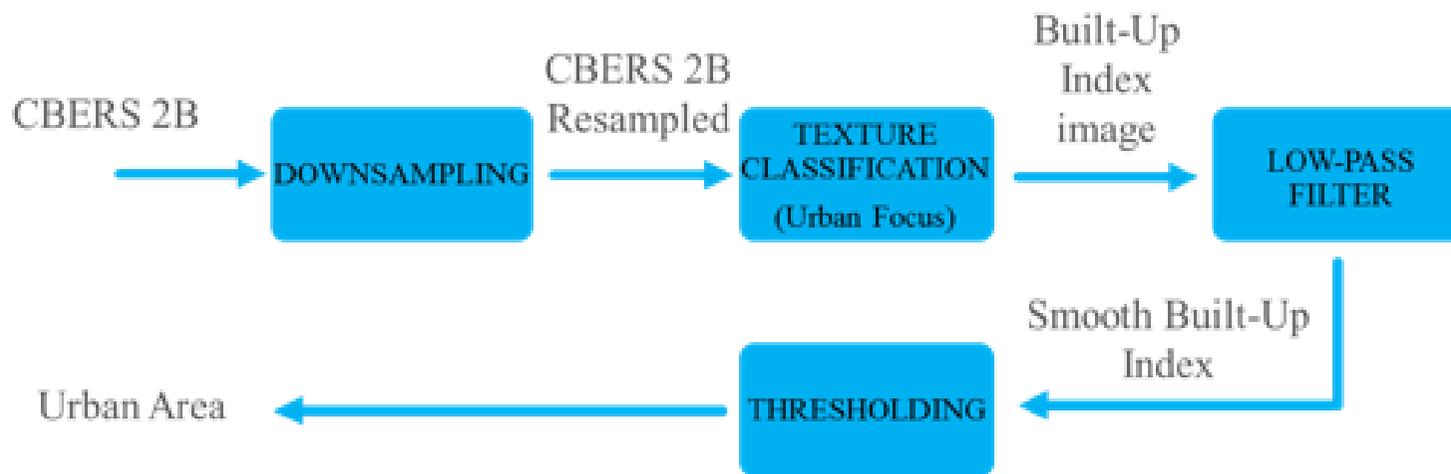


# Datos diferentes: CBERS 2B

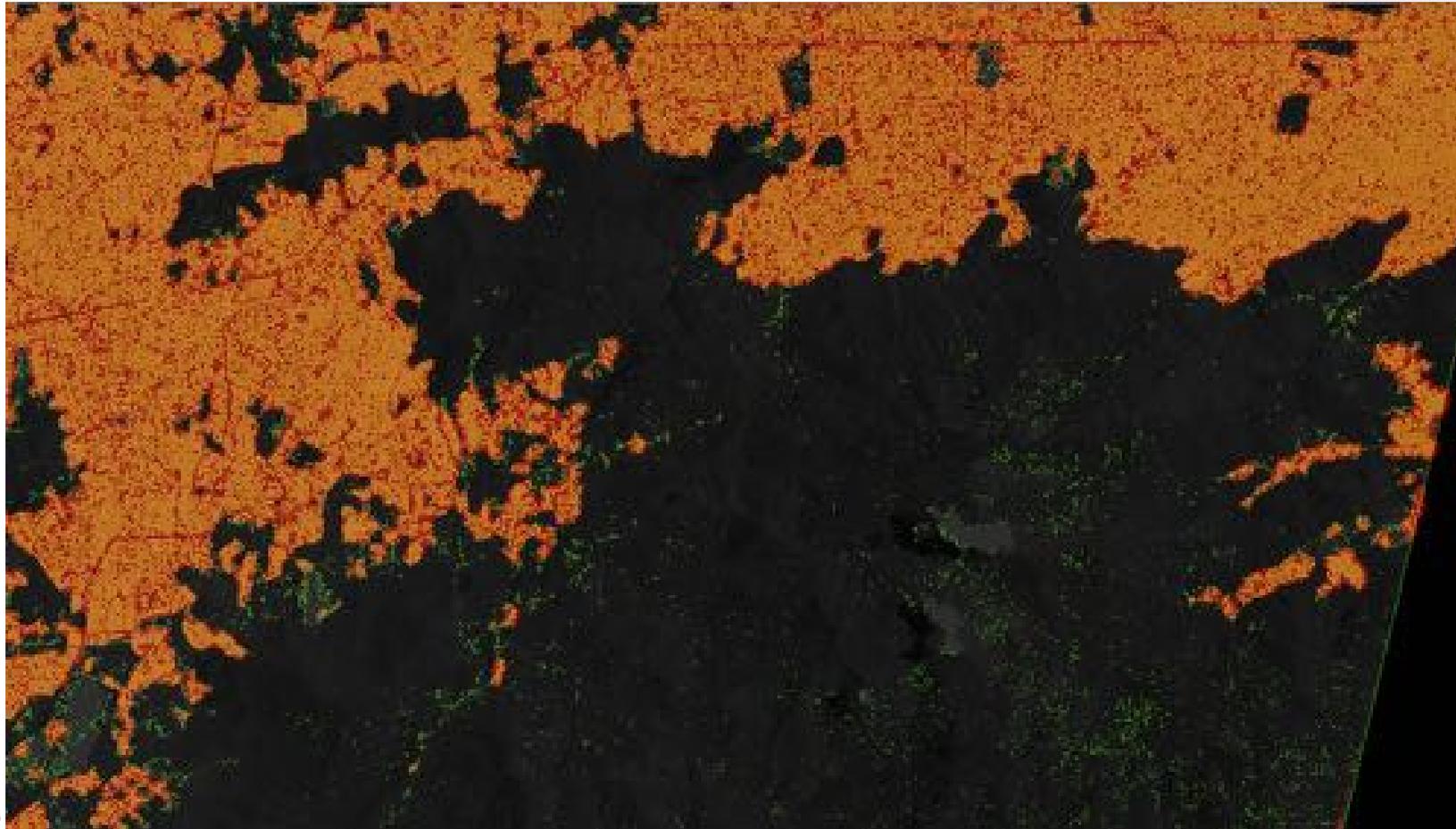
- La imagen fue corregida utilizando un grupo de 15 GCP
- El método de remuestreo para corregir la imagen fue un "vecino más cercano"
- La "verdad del terreno" fue realizada inicialmente por un equipo de fotointérpretes del INPE utilizando imágenes LANDSAT de 2004, en el contexto de un proyecto nacional de investigación sobre la expansión urbana



# Urban Focus

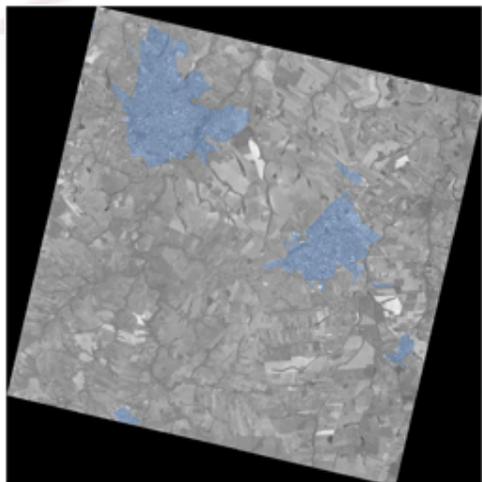


# Urban Focus Filter – Low Pass Filter

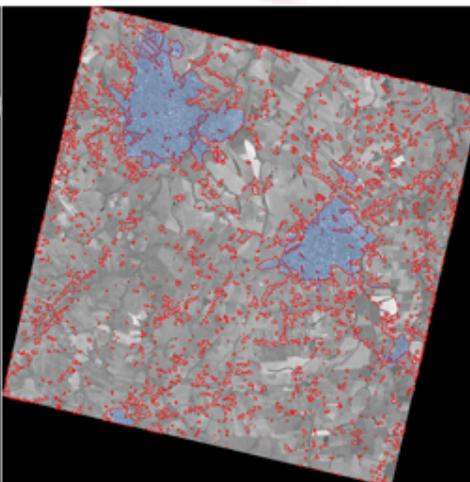


# Urban Focus

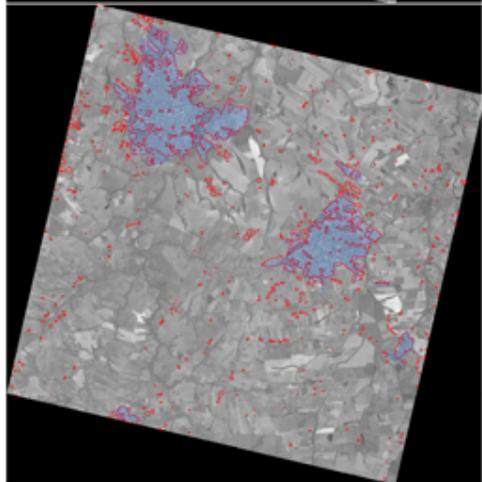
Ground Truth



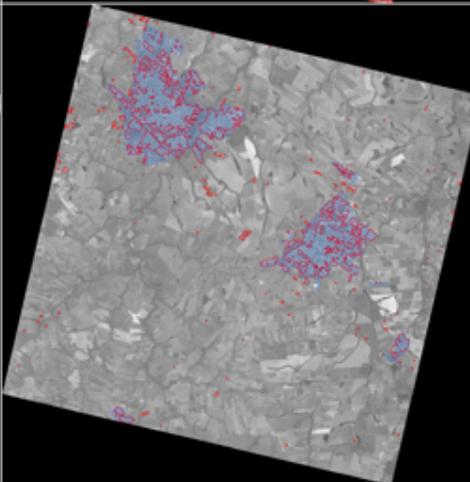
Threshold  
250



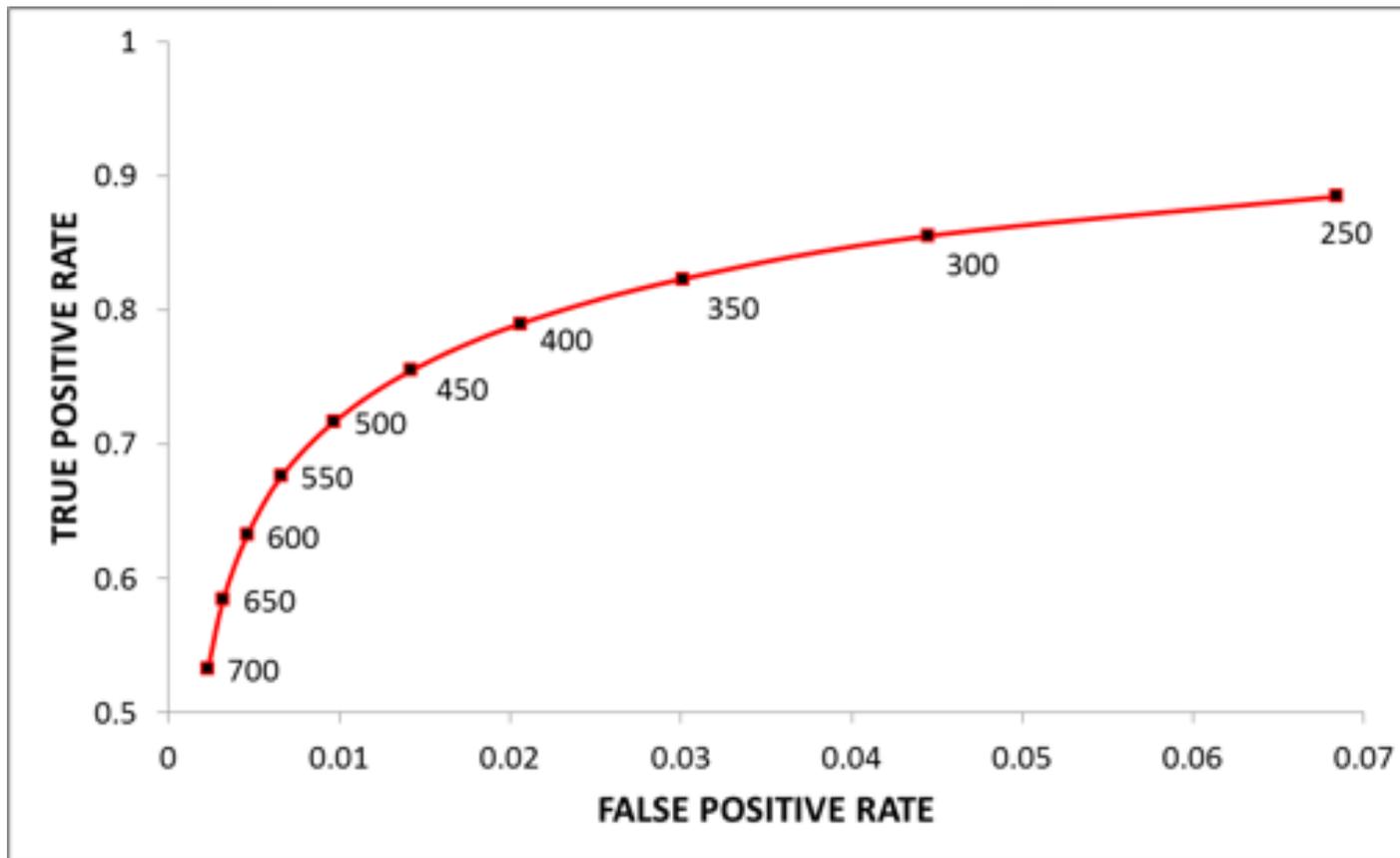
Threshold  
500



Threshold  
750



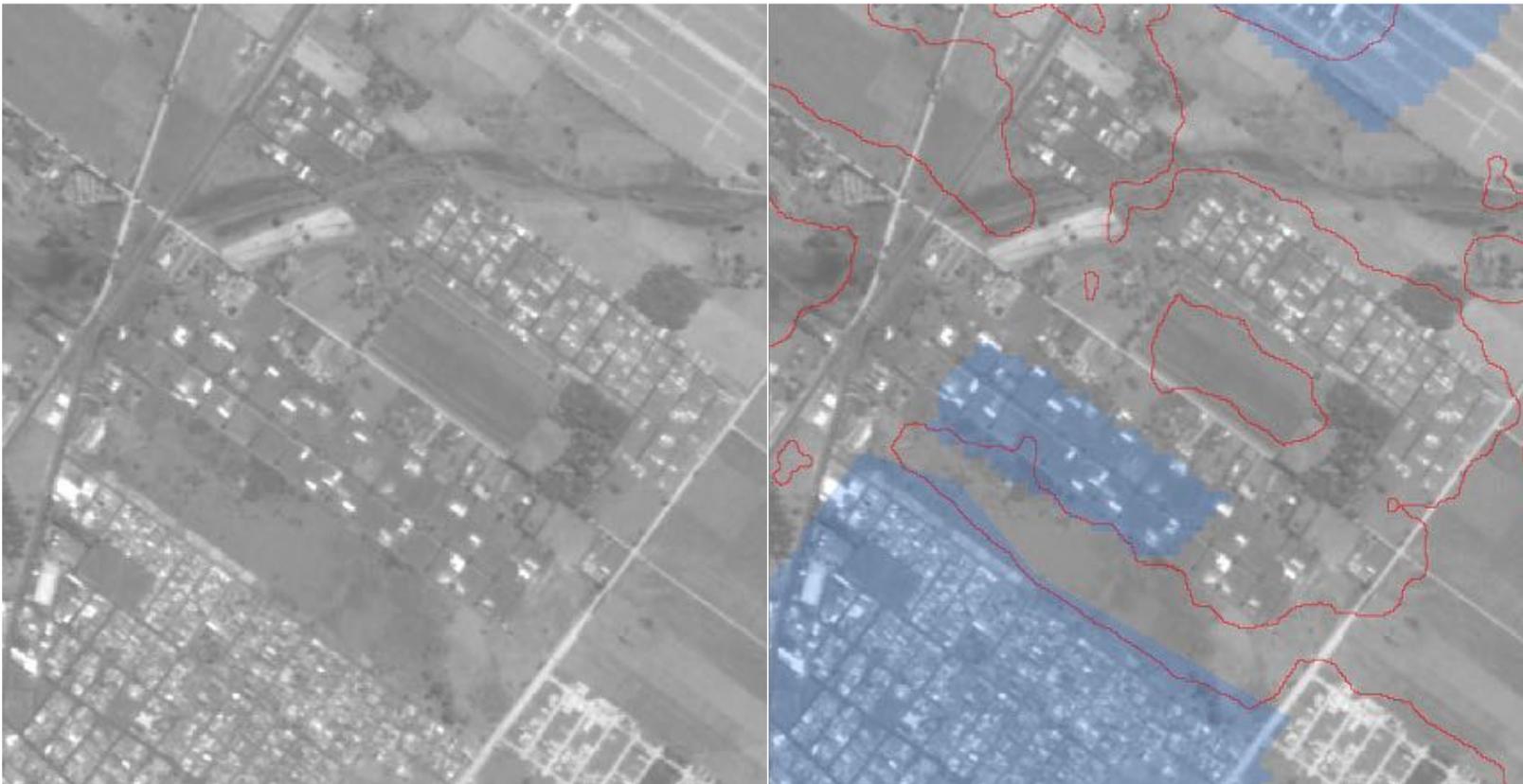
# Urban Focus (Receiver Operating Characteristic)



# Urban Focus



# Urban Focus



# Urban Focus



# Urban Focus

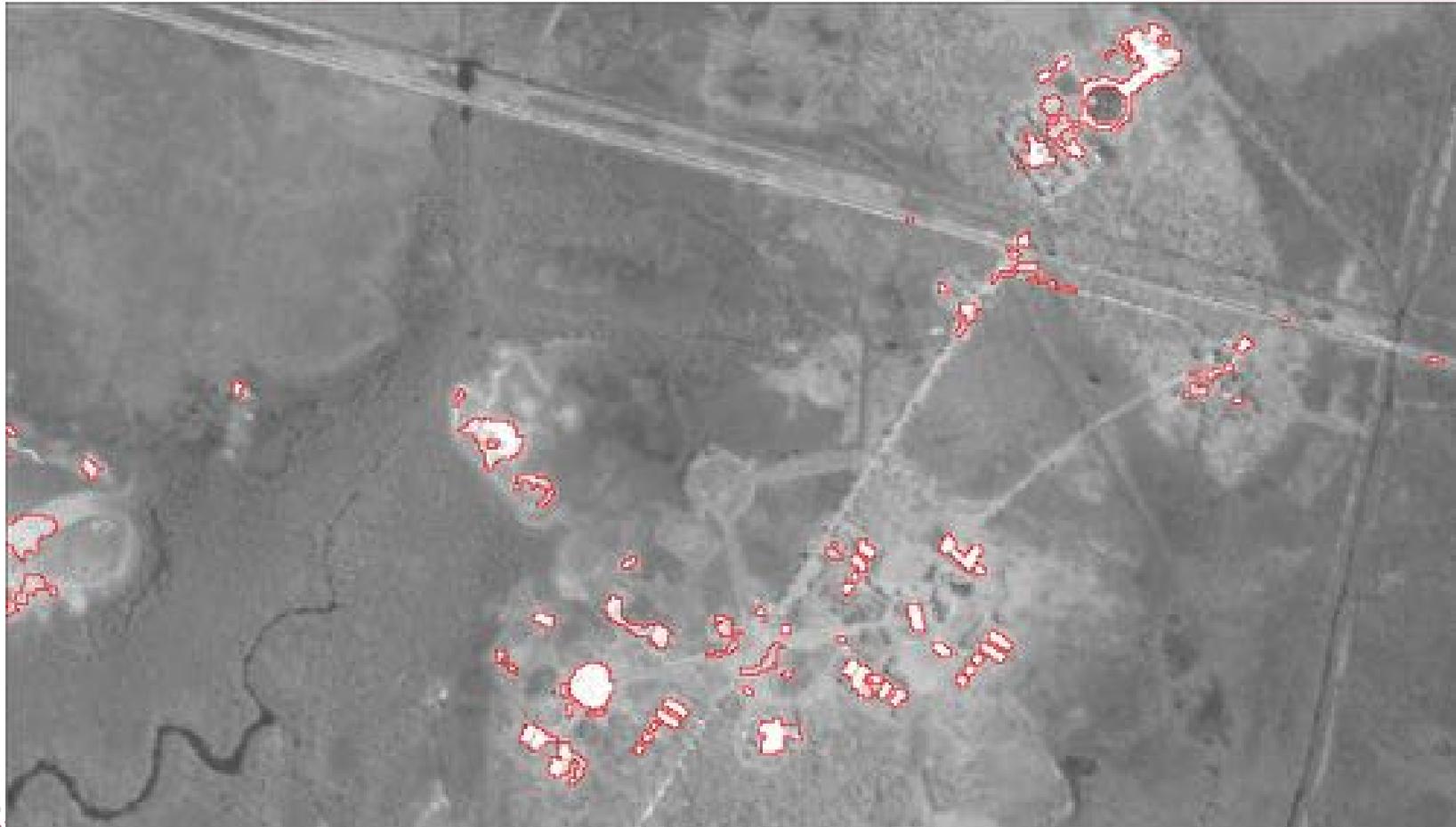


# Agregar información de objeto

- El Proyecto InterIMAGE es un proyecto de cooperación científica internacional liderado por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Rio) y el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil (INPE)
- El sistema InterIMAGE es un marco de trabajo basado en el conocimiento para la interpretación automática de imágenes
- La herramienta principal utilizada en este trabajo es el operador 'Baatz-Segmenter'

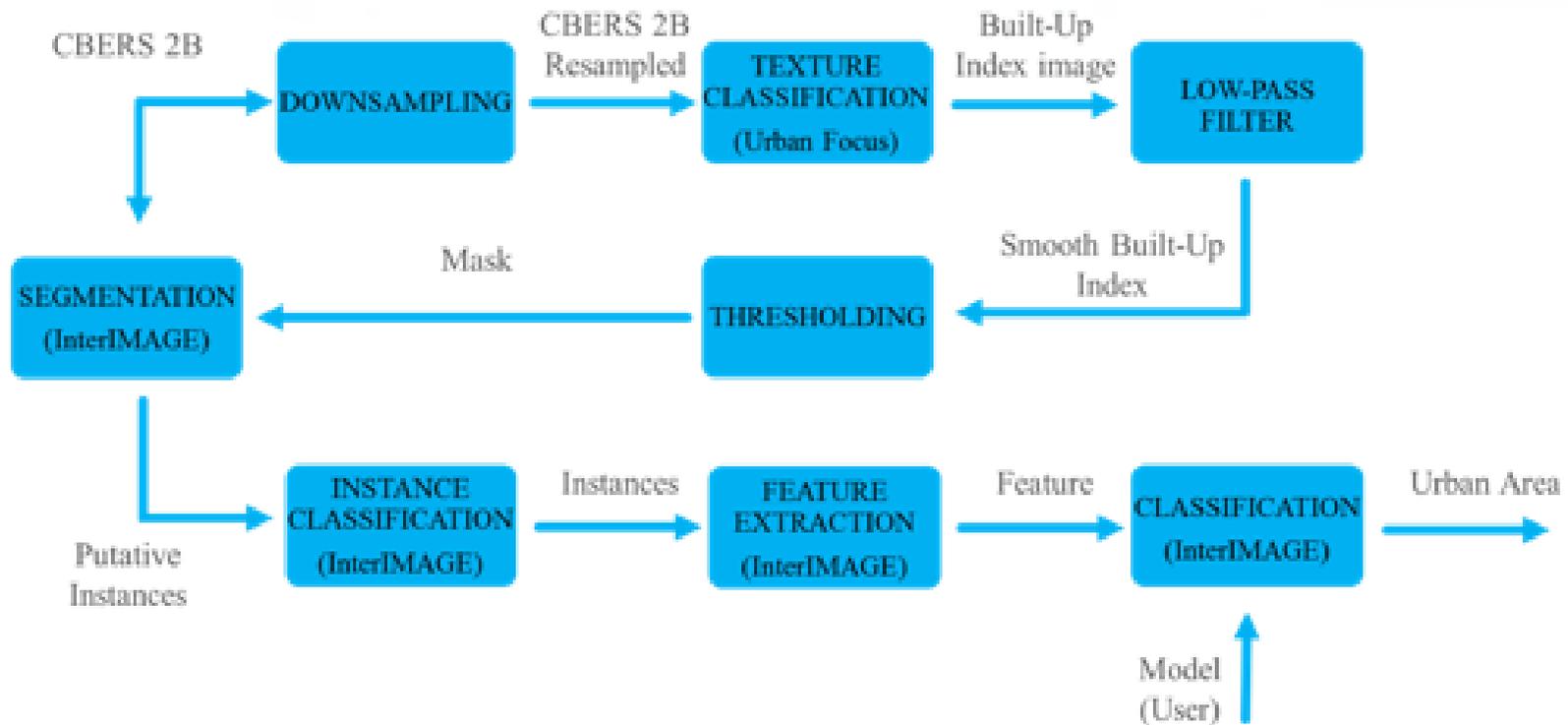


# InterIMAGE

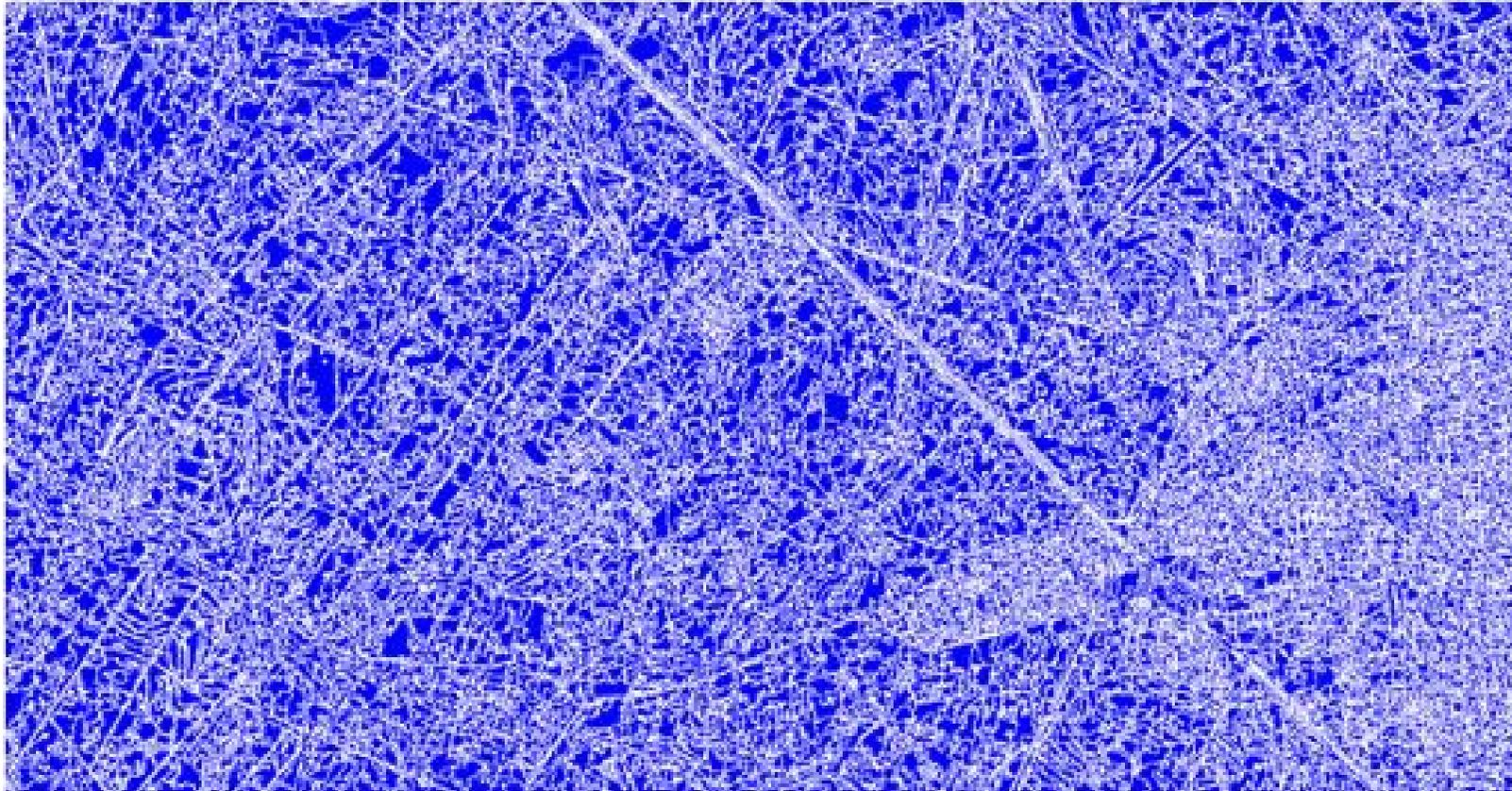


UNIVER

# Urban Focus + INTERIMAGE



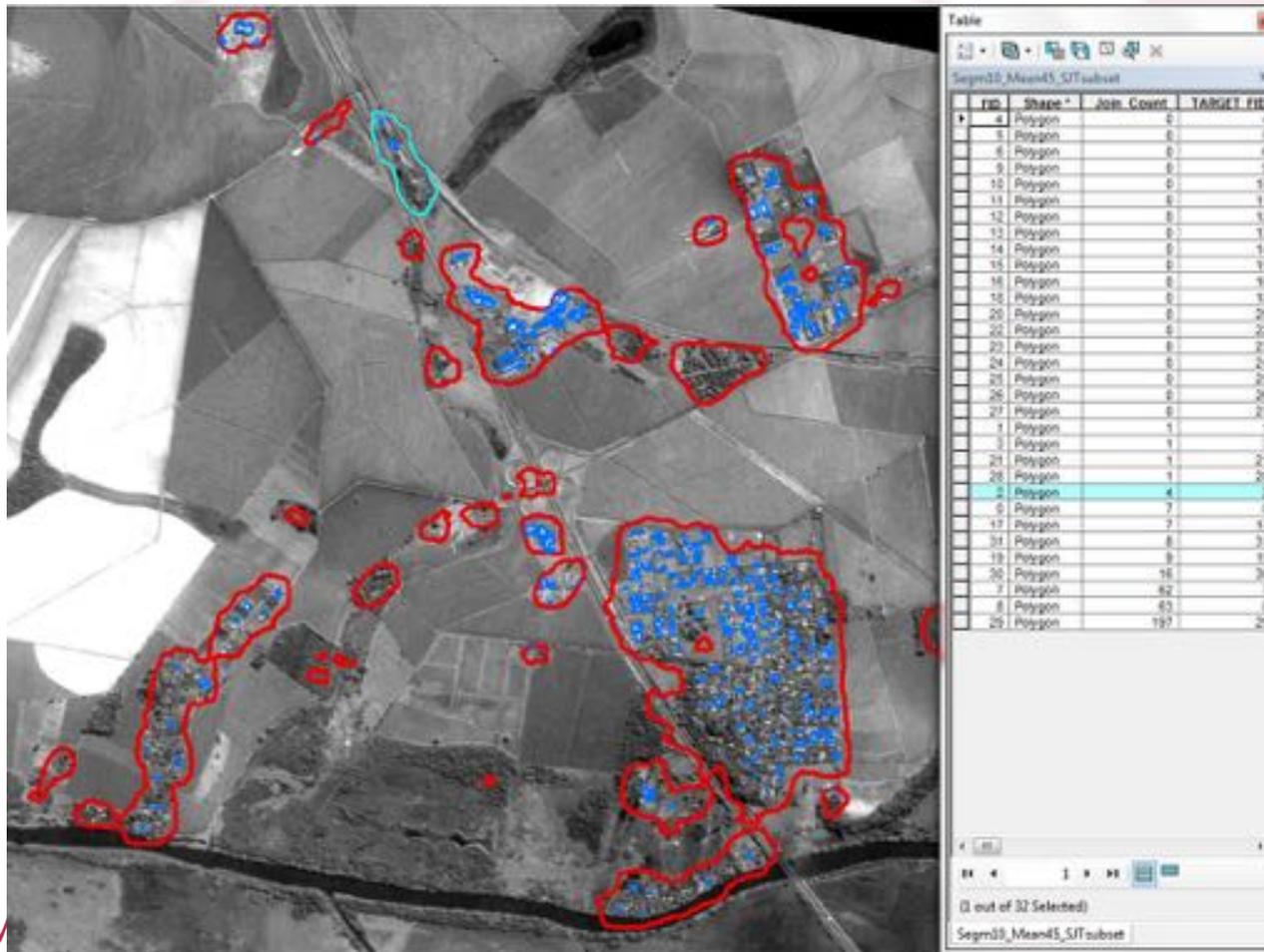
# Urban Focus + InterIMAGE



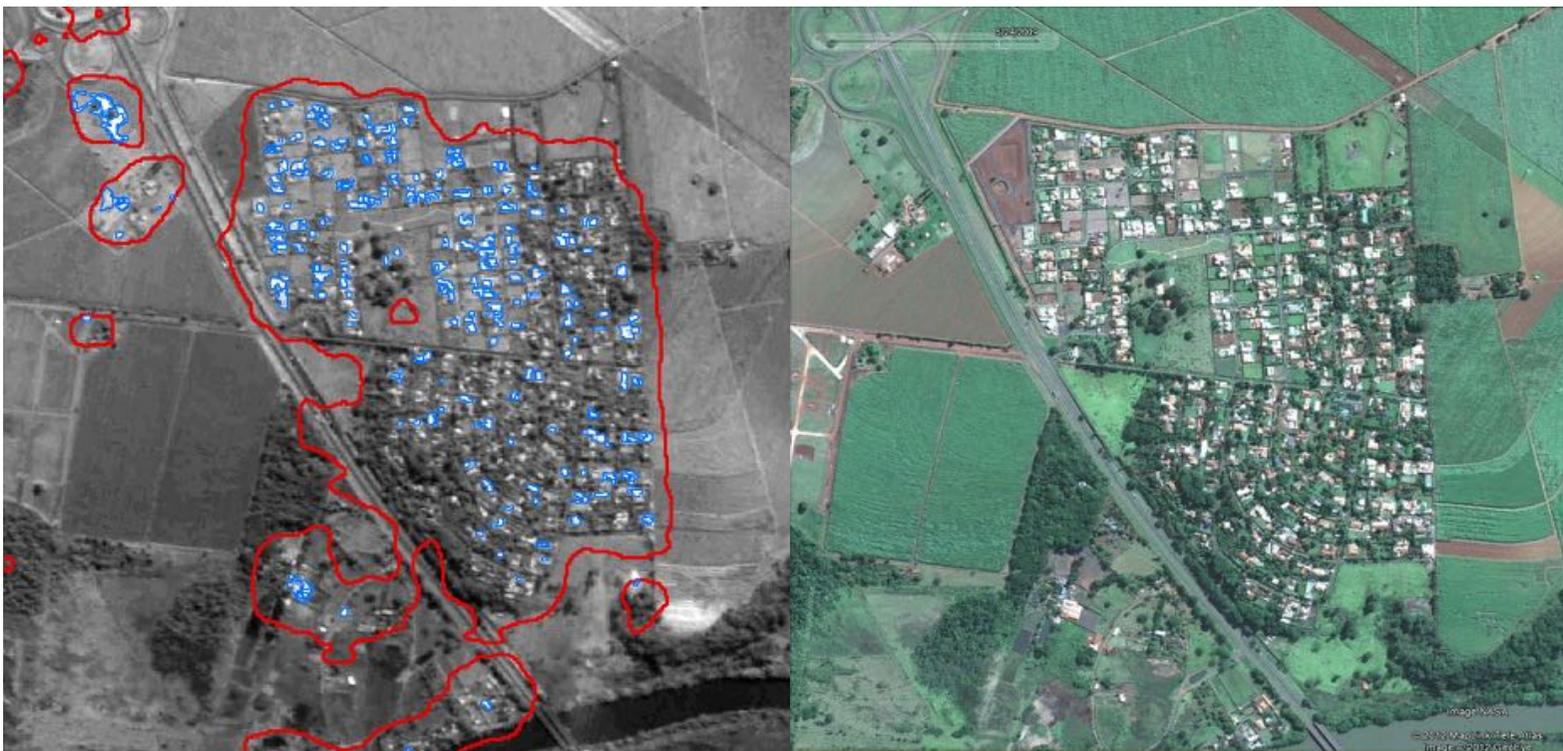
# Urban Focus + InterIMAGE



# Urban Focus + InterIMAGE



# Urban Focus + InterIMAGE



# Dos definiciones de área urbana



Human Settlements  
identified by a 100  
m buffer



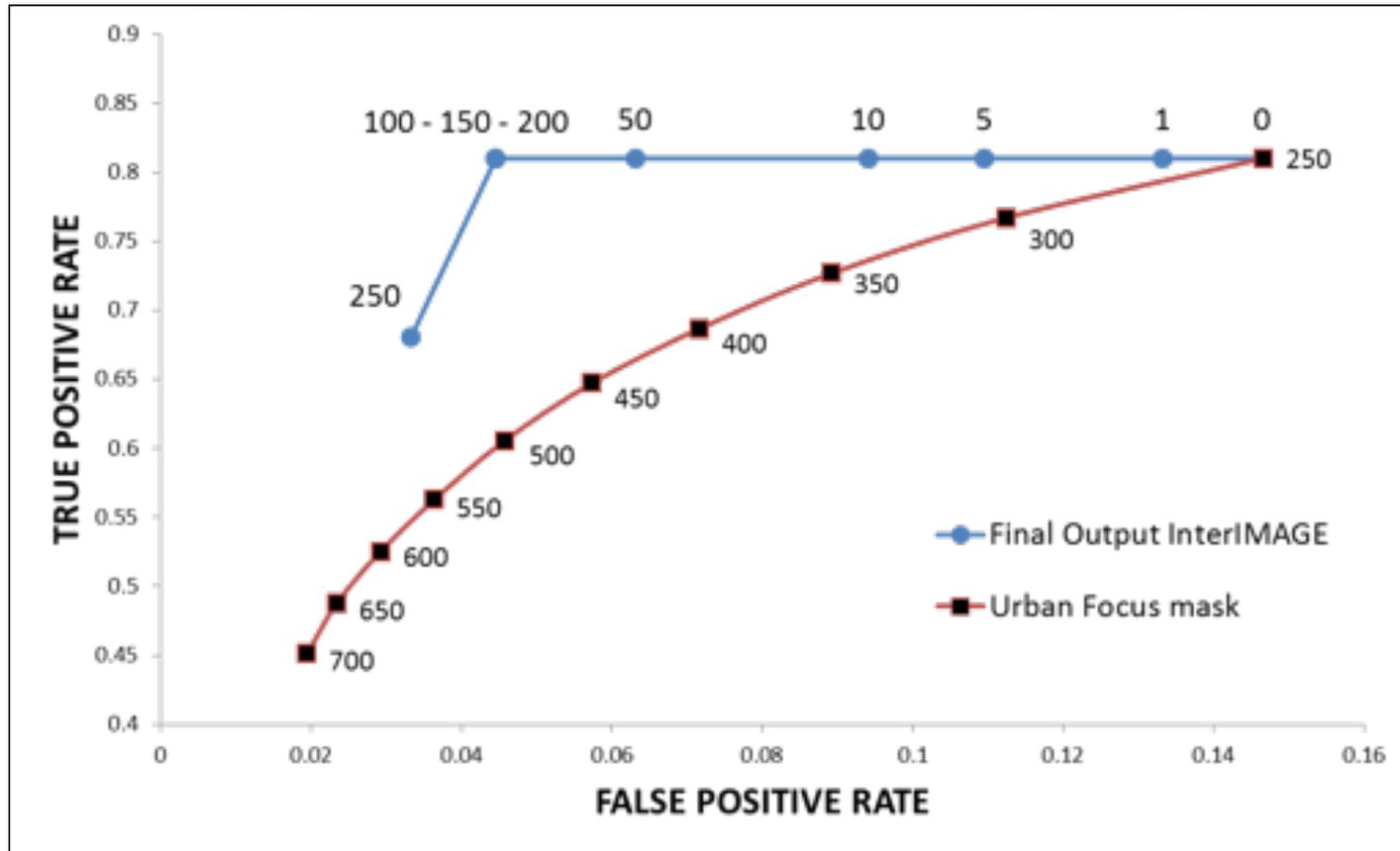
# Dos definiciones de área urbana



Human Settlements  
Human Settlements  
with more than 100  
with more than 100  
buildings compared  
buildings  
to the Ground Truth



# Receiver Operating Characteristic



¡Ahora, hiperespectral!

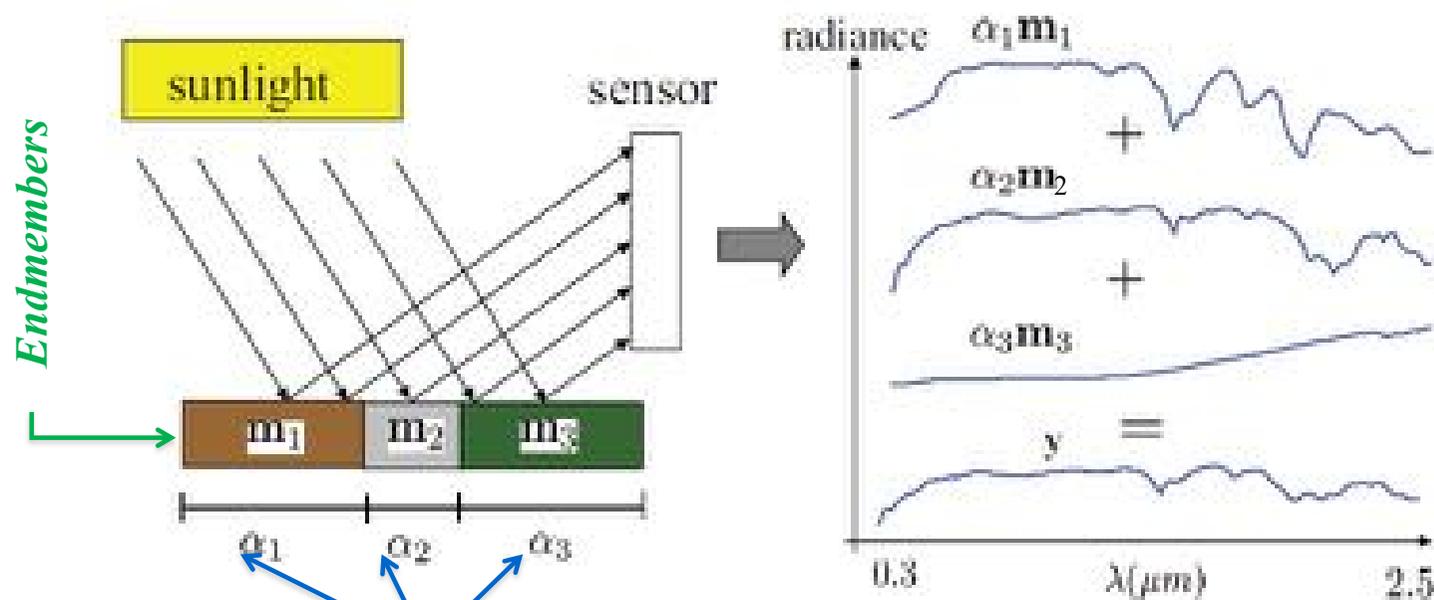


UNIVERSITÀ DI PAVIA

---

# URS utilizando imágenes hiperespectrales

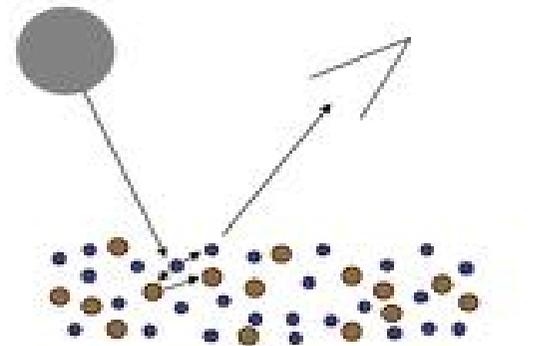
- Para cada píxel de una imagen dada, la señal registrada es una mezcla de luz dispersada por sustancias (miembros finales) ubicadas en el campo de visión.



# El píxel como mezcla

- Para cada píxel de una imagen dada, la señal registrada es una mezcla de luz dispersada por sustancias (miembros finales) ubicadas en el campo de visión.

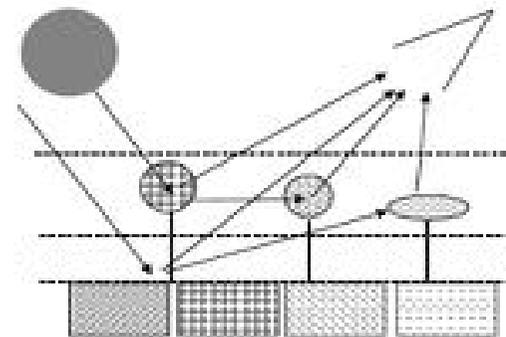
Intimate mixture (particulate media)



$$y = f(\alpha, \theta)$$

Material densities      Media parameters

Two-layers: canopies+ground

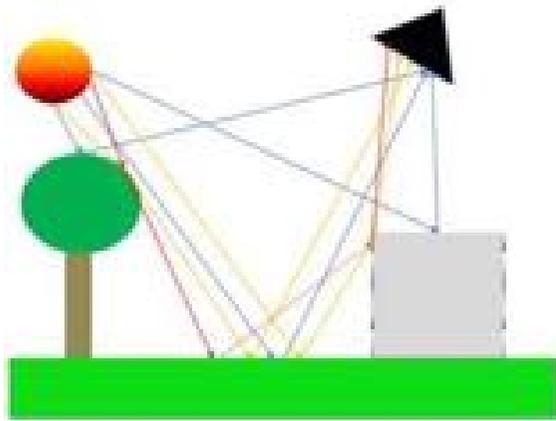


$$y = \underbrace{\sum_{i=1}^P \alpha_i m_i}_{\text{Single scattering}} + \underbrace{\sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^P \alpha_{i,j} m_i \odot m_j}_{\text{Double scattering}}$$

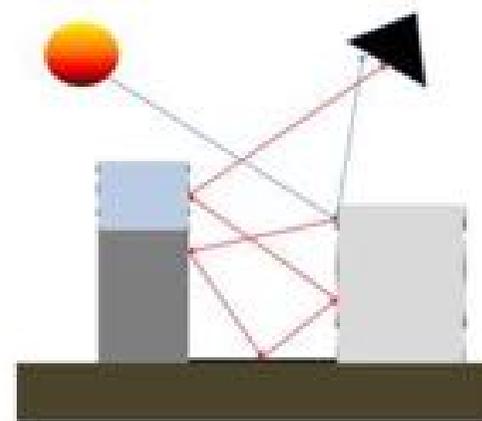
Single scattering      Double scattering



# Lineal/no lineal, ¿y en qué orden?



*Linear mix*  
*Bilinear mix*  
*3-linear mix*



*Linear mix*  
*p-linear mix*



# Modelos no lineales más populares

- ***MODELOS DE MEZCLA ÍNTIMA***

- muy precisos;
- bastante engorroso invertir para lograr abundancias.

- ***MODELOS DE MEZCLA BILINEAL***

- más fácil de implementar;
- puede describir muy bien escenas de 2 elementos.;
- es posible que no realice un seguimiento eficiente de la composición de los miembros finales en caso de dispersión múltiple y/o no linealidades de orden superior.

- Extender adecuadamente el modelo polinomial a un orden de no linealidad superior  $p > 2$  puede superar este problema.



# Extensión a orden superior

**Modelo  
bilineal**

$$\underline{y}_l = \sum_{r=1}^R a_{rl} \underline{m}_r + \sum_{i=1}^R \sum_{j=i}^R \beta_{ijl} \underline{m}_i \odot \underline{m}_j$$

**Doble  
dispersión**

**Lineal**

**Modelo de no linealidad  
de orden  $p$**

$$\underline{y}_l = \sum_{r=1}^R a_{rl} \underline{m}_r + \sum_{k=2}^p \sum_{r=1}^R \beta_{rkl} \underline{m}_r^k$$

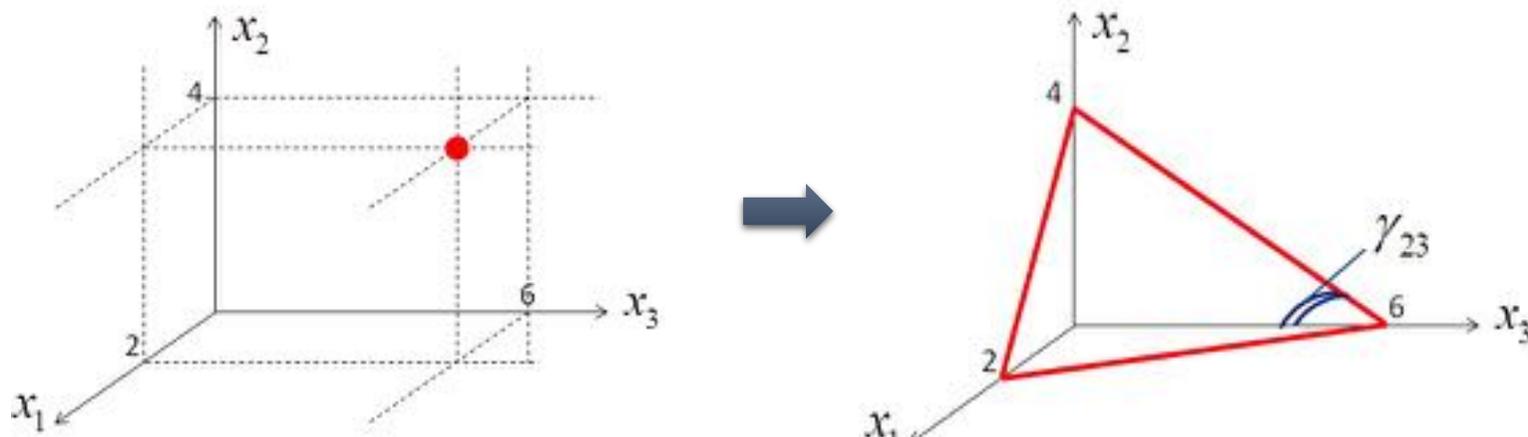
**Orden- $p$**

**Dispersión e interferencias**



# Polytope representation

- Typically, HSU frameworks represent each pixel in the image as a point in a  $N$ -dimensional space, where  $N$  is the number of bands.
- We propose to represent each pixel as a *skeleton of a  $N$ -dimensional polytope*

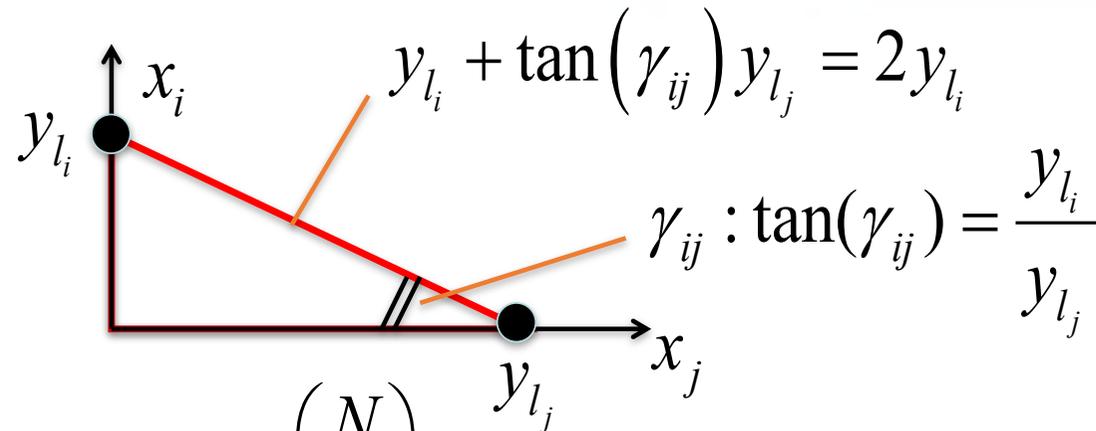


$$\underline{y}_l = [2, 4, 6]$$



# How to?

- Consider the *angles*



- Derive a system of

$M$  lin. eqs. such as:

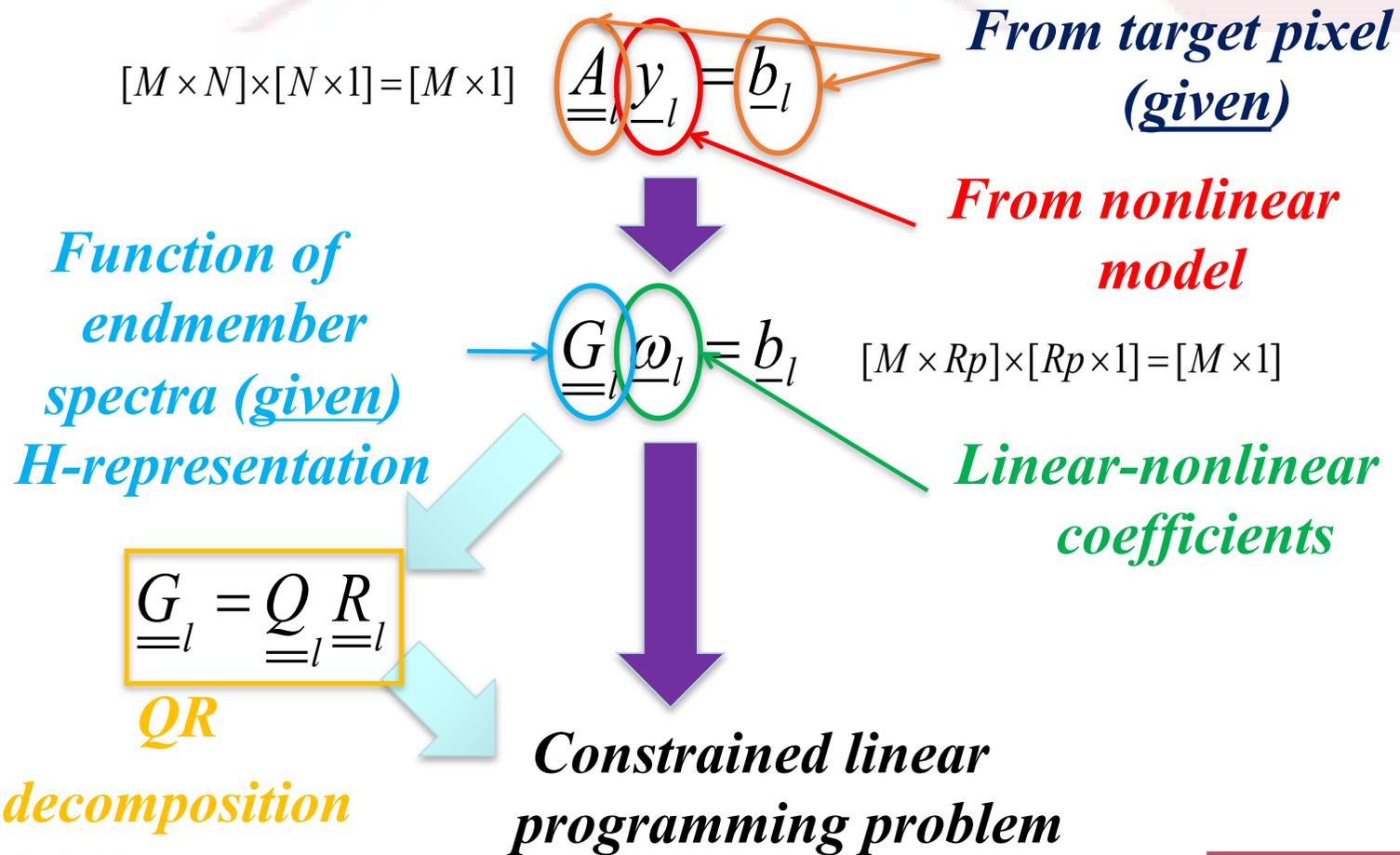
$$\underline{A}_l \underline{y}_l = \underline{b}_l$$

$$\underline{A}_l = [\alpha_{l_{kn}}]_{(\kappa,n) \in \{1, \dots, M\} \times \{1, \dots, N\}}, \underline{b}_l = [b_{l_\kappa}]_{\kappa=1, \dots, M} \leftarrow M = \begin{pmatrix} N \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\alpha_{l_{kn}} = \alpha_{l_{(\rho_l + \eta_t), n}} = \begin{cases} 1 & \leftrightarrow t = n \\ \tan(\gamma_{l_m}) & \leftrightarrow t + \eta_t = n \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



# Non-lin. coeff. from lin. system



# Experimental Results

*Abundance estimate of the  $r$ -th endmember*

$$\hat{a}_{rl} = \frac{V_{\varphi_{rl}}}{\sum_{i=1}^R V_{\varphi_{il}}}$$

*Volume of the polytope induced by the contribution of the  $r$ -th endmember to the reconstruction*

$$\hat{u}_l = 1 - \frac{\sum_{j \in Y} V_{\varphi_{jl}}}{\sum_{i=1}^R V_{\varphi_{il}}}$$

*Set of the endmembers that are not involved in a urban area characterization*

*“Urbanization” estimate for the  $l$ -th pixel*



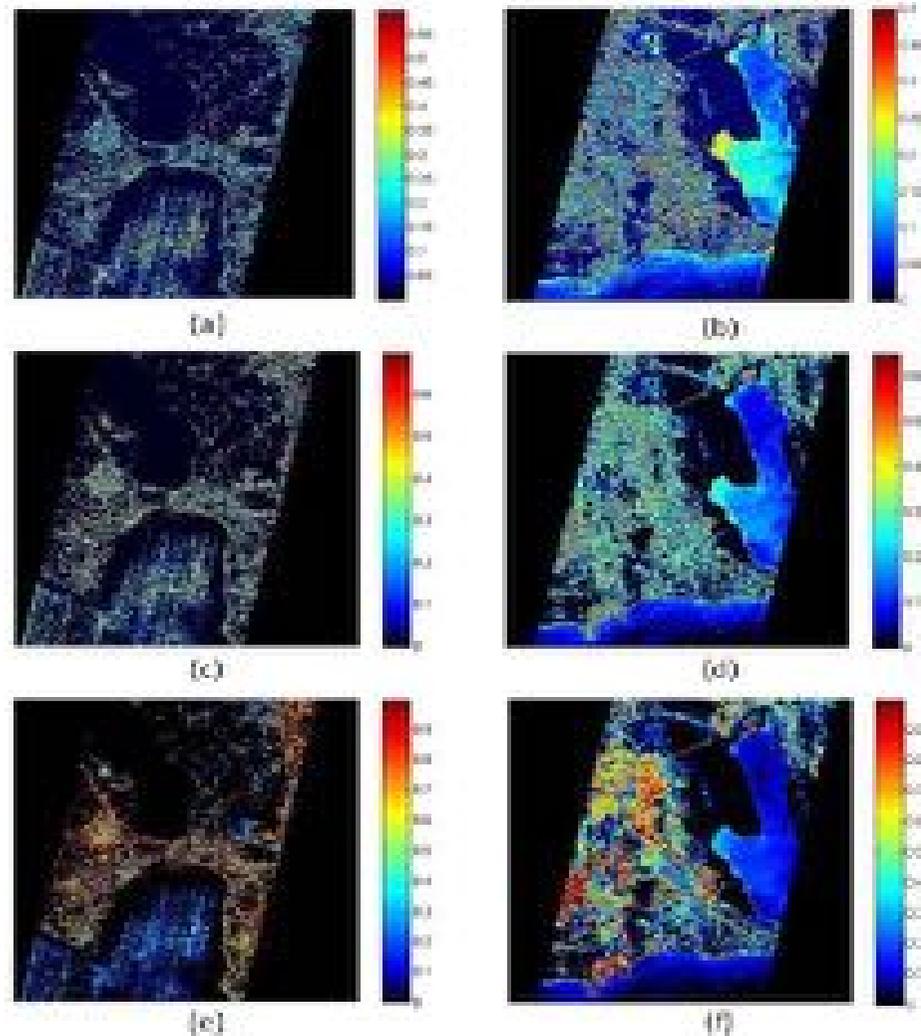
# Exp. Results: Istanbul area

- Hyperion 2007 and 2001 images
- Istanbul region
- 400x400 pixels each
- 198 bands
- 5 endmembers



# Exp. Results: Istanbul area

- Hyperion 2007 and 2001 images
- Istanbul region
- 400x400 pixels each
- 198 bands
- 5 endmembers
- LMM: (a),(b)
- BMM: (c),(d)
- p-linear, p=4: (e),(f)



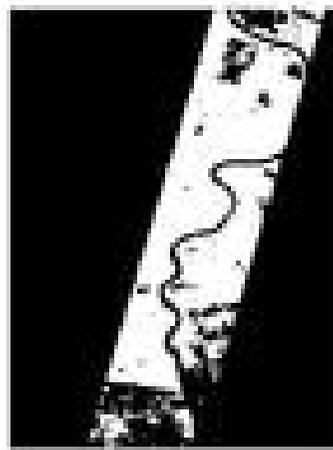
# Exp. Results: Shanghai area

- Hyperion 2009 image
- Shanghai region
- 1281x769 pixels
- 198 bands
- 10 endmembers

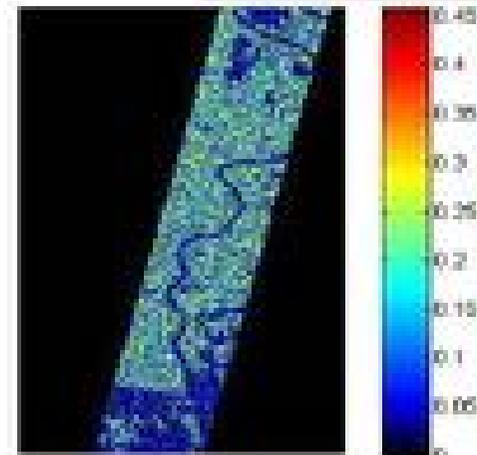


# Exp. Results: Shanghai area

- Hyperion 2009 image
- Shanghai region
- 1281x769 pixels
- 198 bands
- 10 endmembers
- (a): urban shape
- (b): LMM
- (c): BMM
- (d): p-linear,  $p=5$



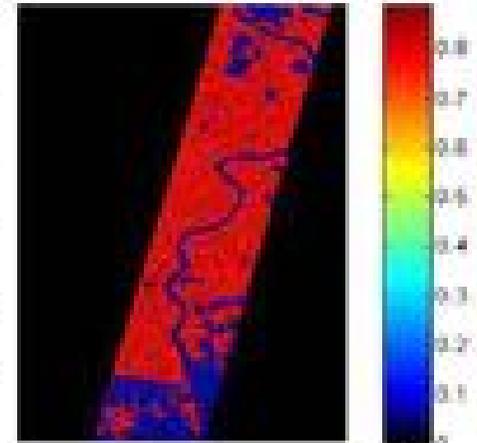
(a)



(b)



(c)



(d)



# Referencias

- G. Trianni, G. Lisini, E. Angiuli, E.A. Moreno, P. Dondi, A. Gaggia, and P. Gamba, “Scaling up to national/regional urban extent mapping using Landsat data”, IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2398032, Vol. 8, no. 7, pp. 3710-3719, 2015.
- G.C. Iannelli, P. Gamba, “Urban extent extraction combining Sentinel data in the optical and microwave range”, IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, doi: 10.1109/JSTARS.2019.2920678, vol. 12, no. 7, pp. 2209-2216, July 2019.
- A. Marinoni, A. Plaza, J. Plaza, P. Gamba, “Nonlinear Hyperspectral Unmixing using Nonlinearity Order Estimation and Polytope Decomposition”, IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2427517, vol. 8, no. 6, pp. 2644-2654, 2015.
- A. Marinoni, and P. Gamba, “Detection of anthropogenic settlements in hyperspectral images by higher order nonlinear Unmixing”, IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2504048, vol. 9, no. 5, pp.1792-1801, 2016.

