

TEXTURA Y URBANISMO EN LA CIUDAD DE ROSARIO (ARGENTINA)

N. PINEDA y J. JORGE

npineda@fa.upc.es

Dept. Física Aplicada, Universitat Politècnica de Catalunya.
EUP Manresa, Av. Bases Manresa, 61-73. 08240 Manresa.

RESUMEN: Se han aplicado métodos de análisis textural en el estudio de la estructura urbana de la ciudad de Rosario. La inclusión de parámetros de textura derivados de la banda pancromática de LANDSAT-7 ha permitido usar hasta seis categorías, con buena separabilidad, en la clasificación del área metropolitana de Rosario. Además, los parámetros de textura son un buen reflejo de la complejidad urbanística de la ciudad, habiendo una buena correspondencia entre esos parámetros y los mapas temáticos (usos del suelo, ocupación parcelaria, etc.).

ABSTRACT: Textural analysis was used in the study of the urban structure of the city of Rosario. The inclusion of texture measurements derived from the panchromatic band of LANDSAT-7 in the classification has reached better results.

Up to 6 classes, with good separability, were used to classify the metropolitan area of Rosario. Besides, textural measurements show the complexity of the urban structure. There is a good correspondence between texture and the thematic maps of the city (soil uses, occupation, etc.).

Palabras clave: análisis textural, textura urbana, pancromática LANDSAT-7, varianza, homogeneidad, entropía.

JUSTIFICACIÓN

Este estudio se enmarca en el proyecto multi-disciplinar que trata de desarrollar un Mosaico Interconectado de Naturaleza (MIN), en la ciudad de Rosario, Argentina. El MIN propone estrategias para la recuperación del soporte natural en el área metropolitana. En la primera fase se elaboró un diagnóstico ambiental donde se integra este estudio.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento detallado de la estructura urbana y de la distribución de sus diversos componentes interesa a mucha gente, como los planificadores o gestores urbanos, compañías privadas de servicios (agua, gas, electricidad, etc.), servicios de emergencia, empresas inmobiliarias, etc. Datos cuantitativos sobre densidad urbana nos pueden servir para el estudio de cambios en el medio urbano, en el control de asentamientos ilegales, etc.

La aplicación de métodos de clasificación de imágenes satelitales para el análisis y la cartografía del medio urbano presenta obstáculos mayores debidos a: (i) La compleja composición del medio, donde se mezclan materiales que presentan propiedades espectrales veci-

nas. (ii) La falta de resolución espacial y espectral de las imágenes satelitales, que dificulta la identificación de las estructuras urbanas. (iii) Los métodos clásicos de clasificación se basan en el píxel, no teniendo en cuenta la relación de éste píxel con sus vecinos, muy importante en el medio urbano (Anys *et alii*, 1998).

Para aumentar la precisión en la clasificación, muchos estudios han introducido técnicas de clasificación que integran información de textura con las bandas originales, para tratar de aumentar la discriminación entre clases que se confunden espectralmente (p.e. clasificación urbana según su densidad (Karathanassi *et alii*, 2000) y detección de edificios (Zhang, 1999).

OBJETIVOS

En este estudio se incorporó información textural para mejorar la clasificación de la ciudad, ya que con las técnicas tradicionales de clasificación se obtuvieron pobres resultados (sólo tres clases) en un estudio anterior realizado en este proyecto (Biasatti *et alii*, 2000). Por otro lado se estudiaron las relaciones entre las imágenes LANDSAT-7 y sus bandas texturales derivadas, con mapas temáticos de la ciudad.

LOCALIZACIÓN

Rosario (32.57°S, 60.40°W) ubicada a orillas del río Paraná, se encuentra a unos 300 km al noroeste de Buenos Aires y con una población de 1 millón de habitantes, es la tercera ciudad de Argentina.

MATERIALES

Se ha trabajado con una imagen LANDSAT-7 ETM de enero del año 2000. La subescena (figura 1) que cubre la ciudad (45 km de lado) fue corregida geométricamente con un polígono de 2º grado y unos 30 puntos de control (RMS= 0.58 píxeles). La proyección de trabajo es Transverse Mercator - Argentina5 con Datum: WGS-84.



Figura 1. Pancromática de LANDSAT 7 con vectores calles principales (azul) y límites del área metropolitana de Rosario en 1999 (rojo).

Los mapas cartográficos usados son: (i) Cartografía de los hogares según necesidades básicas insatisfechas (NBI). (ii) Usos del suelo. (iii) Grados y modalidad de ocupación en la planta urbana. Dichos mapas fueron realizados por la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas, por la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, ambas de la Universidad Nacional de Rosario, y por el equipo de la Municipalidad de Rosario.

Por otro lado se creó un mapa de crecimiento urbano a partir de cartografía de la ciudad de distintos años.

METODOLOGÍA

Parámetros de textura

El término textura se utiliza para caracterizar la distribución espacial de los elementos de una imagen y se define por la señal o intensidad de los píxeles que forman la imagen, así como por sus interacciones o dependencias espaciales.

Haralick *et alii.* (1973) propone el cálculo de parámetros texturales a partir de matrices de co-ocurrencia. Esos parámetros de textura (varianza, homogenei-

dad, contraste, entropía, etc.) se han usado en muchos estudios, resultando su aplicación uno de los mejores acercamientos al análisis textural (Smits y Annoni, 1999).

Para el cálculo de esos parámetros (figura 2) hay que tener en cuenta: (i) Distancia entre píxeles: La elección de una distancia apropiada está ligada a la finura de la textura. En estudios urbanos, se suele usar la distancia mínima (1 píxel), pues la textura es muy fina (Karathanassi *et alii.* 2000). (ii) Dimensión de la ventana: El éxito de la clasificación textural depende en gran medida del tamaño de ventana que se escoja. Ventanas pequeñas pueden no contener todas las relaciones de vecindad, mientras que ventanas demasiado grandes pueden juntar diferentes clases de textura. Se eligió una ventana de 9 usando el método propuesto por Anys *et alii.* (1998). (iii) Dirección de cálculo: En este estudio se ha usado la diagonal, pues parece que en esta se integra la horizontal y la vertical (Franklin y Peddle, 1989).

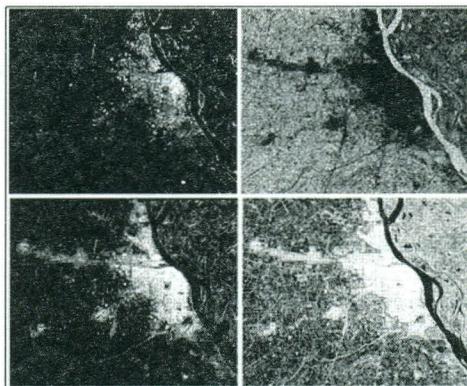


Figura 2. Parámetros texturales. Varianza, Homogeneidad, Contraste y Entropía.

Segmentación y textura

Los métodos de análisis textural se basan en discriminar segmentos, en vez de píxeles (Haralick y Shapiro, 1985); los cuales integran la información textural basada en las características de vecindad.

Se ha partido de la estructura en manzanas o parcelas de la ciudad base para realizar una segmentación manual de la imagen pancromática. El área de estudio se limita a los límites del área metropolitana de Rosario (figura 1). Los polígonos creados se mueven en el rango de 5 ha en la zona urbana y de 10 ha en la zona rural.

Selección de bandas

Del conjunto de parámetros texturales y de las bandas LANDSAT o transformaciones típicas como el NDVI

se eligieron las menos correlacionadas entre sí (b3,b4,b5, NDVI, varianza, homogeneidad y entropía) para el estudio de los mapas y para la clasificación.

Separabilidad entre clases

Para determinar la separabilidad entre las categorías, se usó la distancia de Jeffries-Matusita (Richards 1993). Esta distancia, usada en otros estudios similares como el de Anys *et alii.* (1998), nos expresa la separabilidad entre diferentes clases, teniendo la ventaja que no depende del algoritmo de clasificación usado, pues se basa en la matriz de covarianzas. La función que relaciona esta distancia con la distancia entre clases es una función asintótica que tiende a un valor de 2, valor que nos indica que una clasificación entre dos clases consideradas tendría una precisión del 100%.

RESULTADOS

Relación entre Textura y Categorías Urbanas

Se ha hecho un análisis visual y de separabilidad para las categorías de los diferentes mapas.

Usos del Suelo

En la figura 3, se observa que hay una buena ordenación de las clases rural (1), residencial (2) y terciario (3), y se separan bastante bien (Separabilidad: 1-2: 1,87; 1-3: 2,00 y 2-3: 1,72). Vemos como el NDVI disminuye al pasar de una a otra. La homogeneidad también disminuye, fruto del aumento de la complejidad estructural de las zonas más densamente construidas.

Las clases parques (4), servicios(5) y productivo (6) no se pueden separar entre ellas, pero representan un porcentaje muy bajo de la superficie urbana.

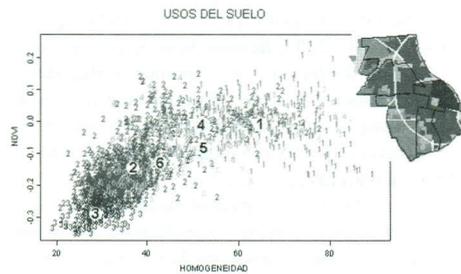


Figura 3. Usos del Suelo. Vectores negros del mapa: distritos. Números: centros de clase (grandes), segmentos (pequeños).

Ocupación Urbana

Esta clasificación agrupa las manzanas por categorías según los porcentajes de las parcelas ocupadas sobre el total de la manzana. El grado de ocupación (construcción) de las manzanas se puede explicar bastante bien con las variables NDVI y Homogeneidad, con excepción de la clase 5, que de hecho es un cajón de sastre donde van a parar las parcelas atípicas como el aeropuerto o la zona ferroviaria. A medida que se van ocupando las parcelas disminuye su fracción de vegetación y consecuentemente su homogeneidad. Aunque la separabilidad entre clases no sea muy buena, las medias de las clases se ordenan bien siguiendo el grado de ocupación.

Crecimiento Urbano

A medida que se construye hay un aumento de entropía, teniendo valores máximos en las zonas más antiguas de la ciudad. Lo mismo pasa con la varianza, pues con el tiempo también aumenta la complejidad urbanística (figura 4).

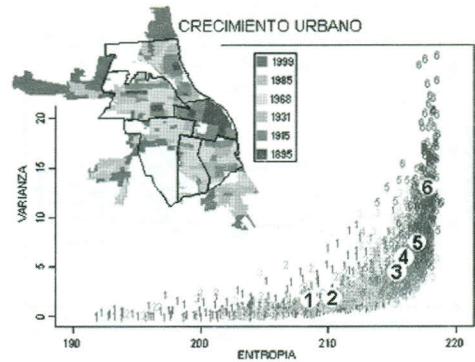


Figura 4. Crecimiento urbano. 1.Límites 1999, 2.1985, 3.1968, 4.1931, 5.1915, 6.1895.

Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

En la figura 5, vemos que hay una buena ordenación de las medias de clase, exceptuando los asentamientos irregulares que no tienen una estructura que los defina. Aunque la separabilidad sólo es buena entre las clases 1 y 3 (1,84), se deriva una buena correspondencia entre la complejidad del entramado urbano (varianza) y sus condiciones sociales (NBI).

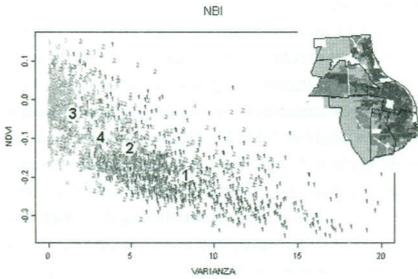


Figura 5. NBI.: 1.Hasta el 7% de hogares con NBI
2. 7-20%, 3.20-50%, 4. Asentamientos irregulares.

Clasificación

Esas relaciones entre las imágenes y los mapas, a parte de ser interesantes de por sí, sirvieron para definir una serie de clases (figura 6) con buena separabilidad, clasificándose la imagen satelital con un algoritmo de máxima probabilidad (figura 7).

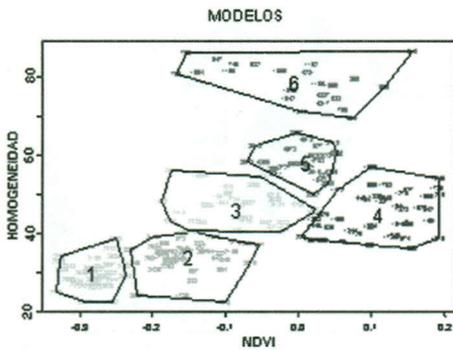


Figura 6. Segmentos modelo de las 6 clases según su NDVI y su Homogeneidad.

CONCLUSIONES

Los parámetros texturales como la varianza, la homogeneidad o la entropía reflejan la complejidad de la estructura urbana. Los mapas de usos del suelo, o de ocupación, son una clasificación de dicha estructura, y por eso hay una buena correspondencia entre los parámetros texturales y las categorías de los mapas.

La evolución de la ciudad también va ligada a la complejidad estructural, siendo ésta mayor en las zonas más antiguas y reflejándose en los parámetros de textura derivados de la pancromática de LANDSAT.

Finalmente, la inclusión de parámetros texturales en la clasificación ha permitido pasar de 3 a 6 clases con buena separabilidad.

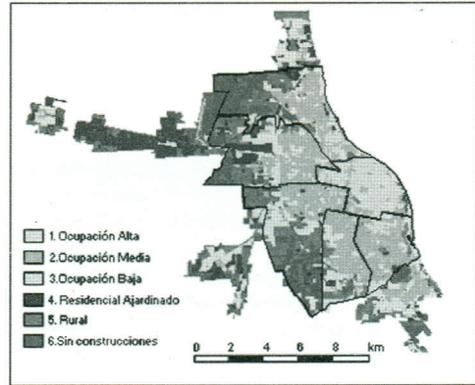


Figura 7. Clasificación textural de Rosario.

BIBLIOGRAFÍA

- ANYS, H. *et alii.*, 1998, Cartographie des zones urbaines avec MEIS-II, *IJRS*, **19** (5): 883-894.
- BIASATTI, R. *et alii.* 2000, Potencial Energético del Recurso Suelo a través de la Interpretación de Imágenes Satelitales, *IX Congreso Ibérico de Energía Solar, Córdoba, España.*
- FRANKLIN, S. E. y PEDDLE, R. D., 1989, Spectral texture for improved class discrimination in complex terrain, *IJRS*, **10**, 1437-1443.
- HARALICK, R. M. y SHAPIRO, L. G., 1985, Image segmentation techniques, *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, **12**, 100-132.
- HARALICK, R. M., SHANMUGAN, K., and DINSTEN, I., 1973, Textural Features for Image Classification, *IEEE TSM&C*, **3** (6): 610-621.
- KARATHANASSI, V. *et alii.*, 2000, A texture-based classification method for classifying built areas according to their density, *IJRS*, **21** (9), 1807-1823
- RICHARDS, J. A., 1993, *Remote Sensing Digital image Analysis, An Introduction.* Springer-Verlag, Berlin.
- SMITS, P. y ANNONI, A., 1999, Updating land-cover maps by using texture information from very high-resolution space-borne imagery, *IEEE TG&RS*, **37** (3): 1244-1254.
- ZHANG, Y., 1999, Optimization of building detection by combining multispectral classification and texture filtering, *ISPRS Journal Photogrammetry*, **54**: 50-60.

AGRADECIMIENTOS

El material utilizado en esta comunicación se ha obtenido gracias al proyecto PIP 0254/98 de CONICET (Argentina) y a la colaboración del grupo del Centro de Estudios del Ambiente Humano (CEAH) de la FAPyD de la Universidad Nacional de Rosario.