

“Utilización de índices espectrales de sensores remotos satelitales en la estimación poblacional de Paraná para el diagnóstico del sistema de transporte urbano de pasajeros.”

Elias, Walter^a; Jaurena, Juan^b

a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos

b Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos

walter.elias@uner.edu.ar

Resumen

En general, el sistema de transporte urbano de una ciudad se planifica, entre otras variables, en función del crecimiento poblacional. La variación de la mancha urbana es un indicador importante que puede determinarse utilizando diversas herramientas. Una de ellas es la geomática, que a partir de imágenes satelitales y el procesamiento de estas facilita la determinación de áreas construidas. Considerando algunos estudios previos es posible realizar la estimación de valores poblacionales dependiendo de la resolución espacial de los sensores remotos, la elección y aplicación de ciertos índices y la comparación con valores obtenidos en censos realizados en correlación con aplicación del método a imágenes con similar marca temporal. El objetivo principal de este trabajo es el estudio, elección y aplicación de un índice específico a aplicar en imágenes satelitales de resolución temporal y espacial de interés para la determinación de la mancha urbana poblacional de la Ciudad de Paraná, Entre Ríos, Argentina para los períodos comprendidos entre 2000 y 2020, con énfasis en este último. Para ello fue necesario elaborar una metodología de trabajo y aplicar la misma a las fracciones de la Ciudad de Paraná y alrededores. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, demostrando además la fiabilidad del método a través de comparaciones con la aplicación del mismo método a imágenes contemporáneas a los censos poblacionales previos.

Abstract

In general, the urban transport system of a city is planned, among other variables, based on population growth. The variation of the urban area is an important indicator that can be determined using various tools. One of them is geomatics, which, based on satellite images and their processing, facilitates the determination of built areas. Considering some previous studies, it is possible to estimate population values depending on the spatial resolution of the remote sensors, the choice and application of certain indices and the comparison with values obtained in censuses carried out in correlation with application of the method to images with a similar time stamp. The main objective of this work is the study, choice and application of a specific index to be applied in satellite images of temporal and spatial resolution of interest for the determination of the urban population area of the City of Paraná, Entre Ríos, Argentina for the periods between 2000 and 2020, with an emphasis on the latter. For this, it was necessary to develop a work methodology and apply it to the fractions of the City of Paraná and its surroundings. The results obtained were satisfactory, also demonstrating the reliability of the method through comparisons with the application of the same method to images contemporary to the previous population censuses.

Palabras clave: Satélite, Sensores remotos, Transporte urbano, geomática, población, índices.

INTRODUCCIÓN

La geomática se ocupa de la gestión de la información geográfica, reuniendo varias disciplinas como la fotogrametría, la teledetección, los sistemas de información geográfica, la agrimensura, entre otras. Estas disciplinas en conjunto pueden ser aplicadas a diversas situaciones de la vida real, ayudando a la resolución de problemas comunes y generando nuevas alternativas técnicas.

Por otra parte, la Ingeniería en Transporte tiene el objetivo de aplicar los principios tecnológicos y científicos para la planificación, diseño, operación y administración de todos los modos de transporte con el fin de proveer un movimiento seguro, conveniente, económico y compatible con el medio ambiente de bienes y personas.

En el marco de estas dos disciplinas y de un estudio diagnóstico solicitado por la Municipalidad de Paraná, Entre Ríos, transcurre este trabajo que consiste en la determinación de la mancha urbana (actual e histórica) de la ciudad de Paraná y zona metropolitana con el fin de evaluar el transporte público de pasajeros.

Utilizando herramientas geomáticas se logró el objetivo propuesto a partir de la aplicación de un índice específico y utilizando imágenes satelitales de dominio público.

DESARROLLO

Objetivo

Obtener datos actualizados de población a partir de la construcción de la mancha urbana de Paraná y zona metropolitana utilizando el cálculo de índices y la clasificación supervisada de imágenes satelitales.

Procedimiento

Geomática: Integración sistemática de técnicas y metodologías de adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información geográficamente referenciada.

Espectro electromagnético: Radiación electromagnética que emite, refleja o absorbe una sustancia, distribuida gráficamente según su longitud de onda o frecuencia. Al rango de longitudes de onda correspondiente a cada "color" se denomina banda y es específico para cada sensor montado en una plataforma (por ejemplo, satelital).

Tabla 1: bandas espectrales de los sensores OLI y TIRS – Landsat 8 (USGS 2013)

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) February 11, 2013	Bandas	longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

(USGS, 2013)

Firma espectral: Representación gráfica de la longitud de onda reflejada por una cobertura (tipo de terreno) en función de su reflectancia. Cada cobertura (agua, forestación, construcciones, suelo desnudo, etc.) tiene su propia firma espectral.

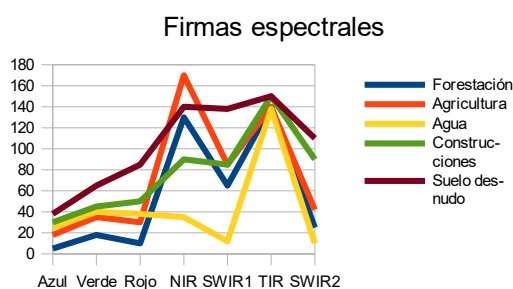


Figura 1: Firmas espectrales [1]

Es fundamental expresar en este punto que dependiendo de la banda (longitud de onda) considerada, podrá analizarse la cobertura en relación con su firma espectral. Por ejemplo, tomando la longitud de onda correspondiente a NIR (infrarrojo cercano), vemos que las

diferentes coberturas se visualizan de forma bien diferenciada mientras que en TIR (infrarrojo lejano) las mismas se encuentran casi en el mismo valor.



Figura 2: Paraná y área metropolitana en falso color (urbano) combinando las bandas 7, 6 y 4 de Landsat 8.

Índice espectral: es una medida cuantitativa, basada en los valores digitales que permite identificar áreas de cobertura en función del valor de los mismos. Se calcula a partir de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para producir un simple valor que indique la cantidad de píxeles que corresponden a una cobertura específica.

Para el estudio del tipo de cobertura planteada en el objetivo de este trabajo, se analizaron varios tipos de índices propuestos por la bibliografía consultada. Algunos índices analizados son:

$$IBI = \frac{2SWIR1/(SWIR1+NIR) - [NIR/(NIR+R) + G/(G+SWIR1)]}{2SWIR1/(SWIR1+NIR) + [NIR/(NIR+R) + G/(G+SWIR1)]}$$

$$NDBI = \frac{(SWIR1 - NIR)}{(SWIR1 + NIR)}$$

$$EBBI = \frac{(SWIR1 - NIR)}{10 \cdot \sqrt{SWIR1 + TIR}}$$

Para tomar la decisión acerca de cuál de estos índices permitía la obtención de mejores resultados, se siguió un procedimiento que consistió en la creación de un mosaico

multibanda, un preprocesado utilizando diferentes métodos (acoplamiento geométrico, calidad, homogeneidad radiométrica) y por último el cálculo de los índices específicos.

El índice finalmente elegido para realizar la estimación poblacional fue el NDBI que combina valores de banda correspondientes al infrarrojo (SWIR1 y NIR). Se aplicó dicho índice tanto a imágenes correspondientes a períodos previos al de interés, de los cuales se conocía la población a través de datos censales, como al periodo temporal objeto de este estudio.

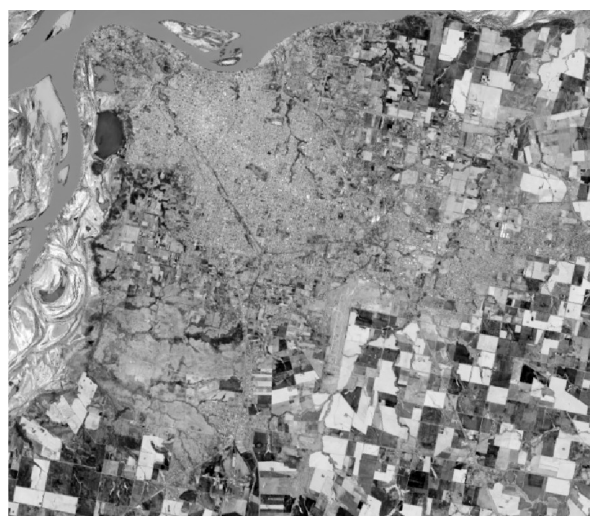


Figura 3: Paraná y área metropolitana con el índice NDBI aplicado.

Debido a que la zona a procesar estaba inicialmente dividida en más de 250 áreas correspondientes a las vecinales de Paraná y localidades aledañas, se realizó el procesado manual de cada una de ellas procediendo a la vectorización y recorte individual de cada una y obteniendo los valores de índices que fueron procesados en forma vectorial.

En la siguiente imagen, se muestra en forma superpuesta el área vectorizada correspondiente a la localidad de Oro Verde, al sur de la ciudad de Paraná y la imagen raster con el índice NDBI aplicado.



Figura 4: El área de la localidad de Oro Verde vectorizada sobre la imagen NDBI.

Se cuantificaron en término de áreas los cambios de cobertura a fin de apreciar el incremento de la mancha urbana. Para ello se aplicó el criterio de Jensen [2] en el que para un pixel de 30x30 metros de resolución, las áreas urbanas contienen 5 personas por pixel y las áreas rurales, 0.2 personas por pixel.

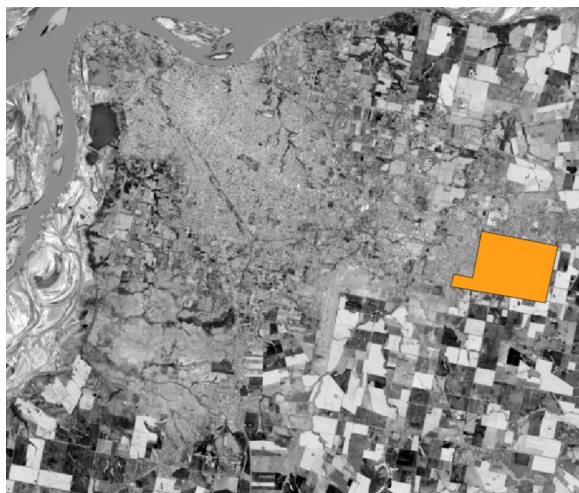


Figura 5: Se aplicó la misma técnica a cada una de las vecinales de la zona de estudio.

Resultados obtenidos

A partir de los cálculos realizados se pudo estimar la población en el año 2020 de la ciudad de Paraná y localidades satélite así como el crecimiento década a década, contrastando los resultados con los obtenidos a través de censos.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de dichos valores.

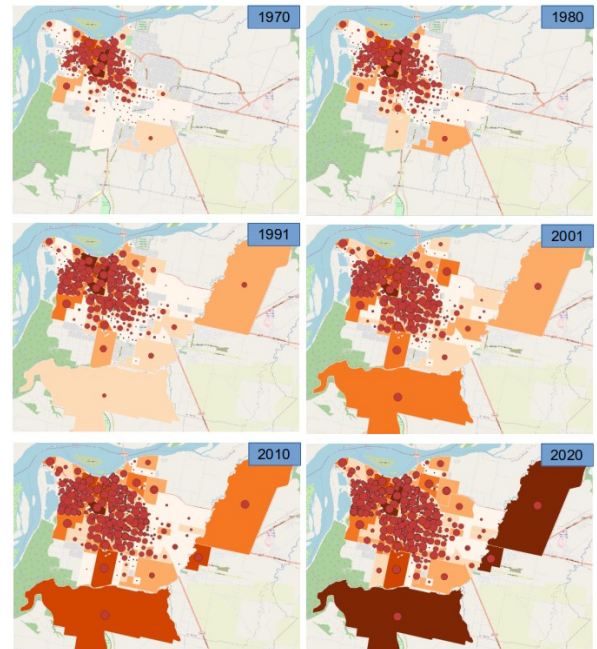


Figura 6: Evolución poblacional entre 1970 y 2020.

CONCLUSIONES

El método utilizado para el cálculo poblacional es efectivo, comparando los resultados con los de los censos y permitiendo extrapolar los mismos para obtener un estimativo de la población actual. En función de estos resultados, se vislumbra una expansión de las áreas pobladas hacia la formación de un conurbano (zona metropolitana) con crecimiento poblacional no lineal. Las herramientas aplicadas pueden resultar de utilidad para estimar crecimientos poblacionales que permitan evaluar expansión del transporte de las diferentes opciones de transporte público. Esto facilita el análisis de las rutas existentes y el diseño de nuevas considerando además los diferentes atractores de viajes e índices asociados. Con el aprovechamiento de datos como los provistos por el sistema SUBE en combinación con los resultados obtenidos, es posible elaborar diagnósticos precisos relacionados con el transporte público de pasajeros.

AGRADECIMIENTOS

A Juan Jaurena, Ingeniero y docente de la Facultad de Ingeniería y a esta casa de estudios por la confianza dispensada en las labores relacionadas a este trabajo.

REFERENCIAS

Artículos en publicaciones periódicas:

- 1 Hui Li y otros (2017). Mapping Urban Bare Land Automatically from Landsat Imagery with a Simple Index.

Libros:

- 2 Jensen J. Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspectiva. (2014) Second edition. Pearson. USA