

RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y BOSQUES URBANOS: ESTUDIO DE CASO EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

RESUMEN

La ciudad de Mar del Plata posee en su interior una reserva forestal urbanizada bien definida (Bosque Peralta Ramos) de manera que se presenta como zona apropiada para conocer su impacto sobre la población residente a partir de los servicios ecosistémicos que puede aportar. En este trabajo nos enfocaremos principalmente en su contribución como regulador de temperatura a partir de la utilización de imágenes satelitales Landsat 5TM. La información obtenida fue agregada a escala de radio censal para poder comparar la temperatura agregada con el contexto socioeconómico de los hogares que poseen superficie boscosa. Los resultados muestran que la temperatura

Celemín, Juan Pablo

IGEHCS-UNCPBA.

jpcelemin@conci.et.gov.ar

en estos radios censales es significativamente menor que en otras partes de la ciudad, principalmente en aquellas con nula o muy escasa presencia de cualquier tipo de vegetación. A partir del indicador de *Necesidades Básicas Insatisfechas* podemos inferir que los radios contenidos en las áreas boscosas poseen un buen contexto socioeconómico. En otras palabras, acceder a una mejor calidad ambiental urbana a través de sus beneficios ecosistémicos que aportan los bosques en el interior de la ciudad de Mar del Plata tiene un costo económico.

Palabras clave: Temperatura; bosques urbanos; calidad ambiental; teledetección.

INTRODUCCIÓN

La integración de los datos del censo y los datos de teledetección proporciona un marco interesante para los estudios urbanos, ya que ambos tipos de información son complementarios. Generalmente la información obtenida a través de imágenes satelitales se queda en el análisis de su escala espacial (el píxel) y rara vez es trasladada a una escala compatible con datos socioeconómicos, como puede ser el radio censal.

En este trabajo se muestra la relevancia de la vegetación como regulador de temperatura en áreas urbanas en un estudio de combina teledetección y sistemas de información geográfica. El análisis se centra particularmente en una reserva forestal urbana de la ciudad de Mar del Plata denominada Bosque de Peralta Ramos. La vegetación urbana, particularmente árboles, ofrece numerosos beneficios que pueden mejorar la calidad del medio ambiente y la salud humana en y alrededor de las áreas urbanas. Estos beneficios incluyen mejoras en la calidad del aire y del agua, la construcción de conservación de la energía, las temperaturas del aire más frías, las reducciones de la radiación ultravioleta, y muchos otros beneficios ambientales y sociales.

En la ciudad de Mar del Plata los barrios o espacios que poseen especies arbóreas cuya calidad y cantidad justifican su conservación, han sido declarados Reservas Forestales. Doce barrios reúnen estas características, siendo los más conocidos: Bosque de Peralta Ramos y Sierra de Los Padres. Los restantes son los siguientes: Parque Camet, El Tejado, Las Margaritas, La Florida, Parque Montemar, El Grosellar,

El Sosiego, Las Dalias, Santa Rosa del Mar, Alfár y Bosque Alegre. El presente estudio se centra en la primera que se destaca por su superficie, cuidado y densidad arbórea que se encuentra localizada en el extremo sur de la ciudad. La delimitación de la reserva se observa con mucha nitidez en el siguiente Falso Color Compuesto obtenido a partir de las imágenes Landsat 5TM seleccionadas para el presente estudio (Figura 1).

Además en el trabajo se muestran las condiciones socioeconómicas de los hogares de la reserva a través de un índice de necesidades insatisfechas obtenido del último censo nacional realizado en el 2010.



Figura 1. Localización del Bosque de Peralta Ramos en la ciudad de Mar del Plata.

Fuente: elaboración propia.

La sostenibilidad urbana se ha convertido en una gran preocupación para los planificadores de la ciudad, los tomadores de decisiones, y los residentes. Además, el enfoque en la calidad del medio ambiente urbano se ha convertido en un área clave para la investigación desde una perspectiva aplicada (Pacione, 2003). El uso de la teledetección, junto con los sistemas de información geográfica (SIG) ha sido reconocida como una herramienta potente y eficaz para comprender las dinámicas cambiantes de las ciudades (Weng, 2001). El interés en la combinación de datos de teledetección con otros de origen censal ha crecido en las últimas dos décadas a partir del creciente interés por el estudio de la calidad de vida urbana. Ambos son esenciales para un enfoque que examina las ciudades de una manera integral teniendo en cuenta sus propiedades sociales, económicas, ambientales y físicas. También existe una disponibilidad en constante aumento de imágenes satelitales y datos censales sin costo que fomenta este tipo de investigaciones, que se suman a distintos *softwares* para procesarlos que también son gratuitos.

Los estudios han integrado el uso de imágenes con datos censales con distintos propósitos. Algunos se relacionan con la calidad de vida urbana aplicada en ciudades como Atenas (Stathopoulou, 2009), Indianápolis (Li &Weng, 2007), el condado de Athens-Clarke, Georgia (Lo, Faber, 1997); el uso de los datos del censo como información auxiliar para la clasificación de imágenes (Mesev V, 1998); iii) la relación socio-económico y la vegetación urbana (Walz & Hwang, 2009), (Mennis, 2006), (Jensen, Gatrell, Boulton

&Harper, 2004); la temperatura superficial del suelo urbano conectado a la isla de calor urbana (Buyantuyev & Wu, 2010), (Streutker, 2003), (Co&Quattrochi, 2003), (Nichol&Wong, 2005), (Yue, Xu, Tan &Xu, 2007).

METODOLOGÍA

La imagen obtenida es una Landsat 5TM correspondiente al 18 de Enero de 2011 (Path/Row: 224 / 086) de la cual se extrajeron las bandas 3,4 y 6 para obtener el índice de vegetación y la temperatura

Banda	Longitud de onda (µm)	Localización Espectral	Resolución espacial
3	0,63-0,69	Red	30 meters
4	0,76-0,90	Near InfraRed	
6	10,4-12,5	Thermal Infra Red	60 meters

La vegetación es considerado como un indicador positivo del entorno físico de una ciudad, ya que puede proporcionar muchos beneficios estéticos y ambientales a los ciudadanos (Stathopoulou M, 2009). Además es un insumo fundamental si desea obtener la temperatura de superficie.

La imagen del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado o NDVI por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index), fue utilizada para obtener la emisividad de la superficie:

$$NDVI = \frac{Band4 - Band3}{Band4 + Band3}$$

Dicha imagen fue reclasificada de manera que se le asignó a las zonas sin vegetación el valor de 0,92 mientras que a la presencia de vegetación (entre 0,157 y 0,727) se le



asignó el valor de 0,96, el agua recibió un valor de 0,99 (Nichol, 1994).

Para continuar con la obtención de la temperatura es necesario compatibilizar las resolución espacial de la banda 6 (60m) para que pueda ser procesada juntamente con la imagen de NDVI (30m).

Para obtener la temperatura de superficie la radiancia espectral a nivel de sensor, la banda térmica (6 del Landsat TM), fue transformada a temperatura de brillo del satélite, usando la ecuación de acuerdo al Landsat Project Science Office (2008):

$$T_B = \frac{K_2}{\ln((K_1 / L_\lambda) + 1)}$$

Donde: T_B : temperatura de brillo en grados Kelvin, para una radiancia L_λ ; K_1 : constante de calibración 1 en $W/(m^2 * sr * \mu m)$; K_2 : constante de calibración 2 en grados Kelvin (adimensional); radiancia espectral del sensor.

Esta temperatura de brillo está referida como la de un cuerpo negro; por tanto fue necesario introducir la emisividad de la superficie de la tierra. Aunque sus valores suelen ser bastante cercanos a la temperatura de superficie, suele corregirse tomando en cuenta la emisividad (ϵ) de la superficie de la tierra:

$$S_t = \frac{T_B}{1 + (\lambda * T_B / \rho) \ln \epsilon}$$

Donde: S_t : temperatura de superficie corregida con la emisividad; T_B : temperatura de brillo del satélite; λ : longitud de onda media de la banda termal considerada; $\rho = h * (c)$ (1.438×10^{-2} m K), donde: h: constante de Planck ($6,626 * 10^{-34}$ Js); c: es la velocidad de la luz;

σ : constante de Boltzman ($1,38 * 10^{-23}$ J/K); ϵ : emisividad de la superficie.

Con posterioridad toda la información obtenida (NDVI y temperatura) fue trasladada a escala de radio censal, es decir que implica un cambio de formato al pasar de raster a vectorial. Los datos de las Necesidades Básicas Insatisfechas fueron conseguidos a partir del último censo nacional de población, vivienda y hogares del 2010.

Es un indicador válido para captar la pobreza estructural en determinada área. Comprenden el primer grupo de indicadores introducido por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) a comienzos de los años ochenta para identificar carencias críticas de la población y caracterizar la pobreza (Feres y Mancero, 2001: 8).

Se considera pobre a un hogar o a las personas que habitan en dicho hogar, cuando reúnen una o más de las siguientes condiciones: 1) Hacinamiento: hogares con más de tres personas por cuarto; 2) Vivienda: hogares que habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, pieza de hotel o pensión, casilla, local no construido para habitación o vivienda móvil, excluyendo casa, departamento y rancho); 3) Condiciones sanitarias: hogares que no tienen ningún tipo de retrete; 4) Asistencia escolar: hogares que tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela; y 5) Capacidad de subsistencia: hogares que tienen cuatro o más personas dependientes por cada miembro de la familia ocupado, cuyo jefe no haya completado el tercer grado.

RESULTADOS

La temperatura registrada para la fecha de estudio se concentra mayoritariamente entre los 20-30 grados centígrados (Figura 2). Visualmente el NDVI permite detectar con mayor claridad las zonas con baja presencia de vegetación (tonalidades verdes) de aquellas donde está presente (tonalidades amarillas, naranjas y rojas). Las zonas con bajo NDVI corresponden a las áreas más densamente construidas de la ciudad (Figura 3).



Figura 2. Temperatura en la ciudad de Mar del Plata. *Fuente:* elaboración propia.



Figura 3. NDVI en la ciudad de Mar del Plata. *Fuente:* elaboración propia.

La Figura 4 muestra cómo se vería la temperatura por radio censal. De esta manera se obtiene un indicador compatible con otros de índole socioeconómico presente en este nivel de escala. La principal limitación de realizar este procedimiento es el Problema de la Unidad Espacial Modificable que en este caso ocurre cuando se promedian todos los píxeles de la imagen correspondiente al radio censal en el que se encuentran. Así se produce un efecto "*suavizante*" que elimina los valores más extremos.

Los radios censales que abarcan el Bosque de Peralta Ramos (6 en total, correspondientes a aproximadamente 1800 viviendas) presentan una temperatura claramente inferior al resto de los otros radios de la ciudad. No obstante hay una excepción en los radios céntricos que presentan valores bajos. Esto se debe a las sombras que proyectan los edificios más altos de la ciudad a la hora en que pasa el satélite (10.30 am). Los edificios altos generan un microclima con altas variaciones de temperatura según el ángulo de exposición al sol que posean (Nichol & Wong; 2005). Por otra parte los valores más altos de temperatura se encuentran, como es de esperar, en las playas de la ciudad.

Por último la Figura 5 muestra las NBI de la localidad. Así podemos observar con claridad la estructura que le corresponde al Bosque Peralta Ramos para este indicador. Con claridad se destaca por su bajo valor de NBI, así se puede inferir el buen contexto socioeconómico de sus habitantes. Se puede inferir que el acceso a los beneficios ecosistémicos de las reservas forestales urbanas tiene un costo económico, al menos en la ciudad de Mar del Plata.



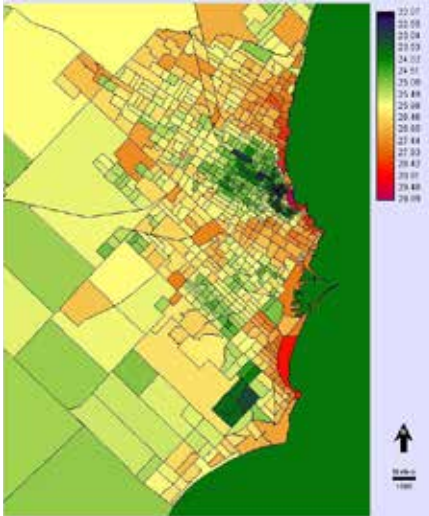


Figura 4. Temperatura agregada a escala de radio censal en la ciudad de Mar del Plata.
Fuente: elaboración propia.

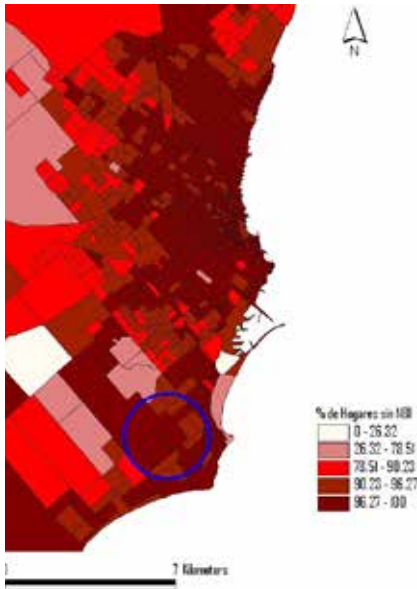


Figura 5. Porcentaje de Hogares sin NBI en la ciudad de Mar del Plata.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN

La integración de los datos del censo de áreas y de imágenes de sensores remotos es cada vez más relevante para los estudios sociales y urbanos que combinan los enfoques de diferentes disciplinas que ayudan a reconocer la diferenciación espacial dentro de las ciudades. En este trabajo se examinó el aporte que realiza la reserva forestal Bosque de Peralta Ramos en regular la temperatura. Para ello es necesario obtener la temperatura de superficie y un índice de vegetación (NDVI) a partir de imágenes de satélite.

En la fecha del estudio (verano) se observa que la temperatura en la reserva es considerablemente menor que en el resto de la ciudad (con excepción del centro donde las sombras que proyectan los edificios altos también generan temperaturas inferiores a la media). Cabe destacar que la temperatura registrada es la de las copas de los árboles y no la del interior de la reserva forestal. Se destaca así, la importancia de los bosques urbanos por su capacidad de filtrado de aire que conduce a una mejora de la calidad del aire, regulación microclimática, reducción del ruido, regulación de drenaje de lluvias, valor recreativo. En otras palabras aporta numerosos beneficios ecosistémicos a los habitantes de la zona.

La complementación de los datos satelitales con información censal, (NBI en este caso) permite conocer el muy buen contexto socioeconómico de los hogares de la reserva. Se puede inferir preliminarmente que el acceso a los beneficios ecosistémicos en esta parte de la ciudad tiene un costo económico.

BIBLIOGRAFÍA

- BUYANTUYEV, A. & WU, J.** (2010): *Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns*. *Landscape Ecol.*, 25:17–33.
- FERES, J.C. & MANCERO, X.** (2001): *El método de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*. Santiago de Chile, CEPAL.
- JENSEN, R.J.; GATRELL, J.; BOULTON, J. & HARPER, B.** (2004): *Using remote sensing and geographic information systems to study urban quality of life and urban forest amenities*. *Ecology and Society*, 9(5): 5.
- LI, G. & WENG, Q.** (2007): *Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data*. *International Journal of Remote Sensing*, 28(2): 249–267.
- LO, C. & FABER, B.J.** (1997): *Integration of Landsat Thematic Mapper (TM) data and U.S. census data for quality of life assessment*. *Remote Sensing of Environment*, 62(2):143-157.
- LO, C. & QUATTROCHI, D.A.** (2003): *Land-Use and Land Cover Change, Urban Heat Island Phenomenon, and Health Implications: A Remote Sensing Approach*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(9):1053–1063.
- MENNIS, J.** (2006): *Socioeconomic-Vegetation Relationships in Urban, Residential Land: The Case of Denver, Colorado*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72 8): 911–921.
- NICHOL, J. & WONG, M.** (2005): *Modeling urban environmental quality in a tropical city*. *Landscape and Urban Planning*, 73: 49–58.
- MESEV, V.** (1998): *The Use of Census Data in Urban Image Classification*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 64(5): 431-438.
- NICHOL, J.E.** (1994): *A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 60(10), 1225-1232.
- PACIONE, M.** (2003): *Urban environmental quality and human wellbeing—a social geographical perspective*. *Landscape and Urban Planning*, 65:19–30.
- STREUTKER, D.** (2003): *Satellite-measured growth of the urban heat island of Houston, Texas*. *Remote Sensing of Environment*, 85: 282–289.
- WALZ, A. & HWANG, W.** (2009): "Relating urban thermal patterns to vegetation distribution at various scales", in: *Eighth Symposium on the Urban Environment*, (Annual Meeting of the American Meteorological Society, Phoenix, USA), 5.
- WENG, Q.** (200): A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, 22(10): 1999-2014.
- YUE, W.; XU, J.; TAN, W. & XU, L.** (2007): *The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data*. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15): 3205-3226.