

## INFERENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE URBANO A PARTIR DEL NDVI UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES

Mario Cúnsulo<sup>1</sup>, Alejandra Kurbán<sup>2</sup>, Alberto Papparelli<sup>3</sup>

Área Arquitectura Ambiental – INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)  
Santa Fe 198 Oeste 1º Piso, J5400ZAA San Juan. Email: [arqamb@unsj.edu.ar](mailto:arqamb@unsj.edu.ar). Tel (0264) 4202664

Recibido: 29/07/12; Aceptado: 01/10/12

**RESUMEN:** Se presentan resultados de un estudio realizado en la ciudad de San Juan para la estimación de la temperatura del aire en el área urbana a partir del cálculo del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI), utilizando imágenes satelitales correspondientes a invierno y verano. Las imágenes originales procesadas corresponden al satélite Landsat 5 TM sin georeferenciar con un pixel de 25m x 25m. Los resultados obtenidos demuestran la aplicabilidad del método.

**Palabras Clave:** Temperatura del aire urbano, Imágenes Satelitales, NDVI, Clima Urbano.

### INTRODUCCIÓN

Los estudios del clima en las áreas urbanas requieren información que resulta, en muchos casos, de muy difícil obtención o implica un importante esfuerzo en personas y tiempo invertido. La unidad ejecutora se encuentra abocada a estudios de Clima Urbano desde el año 1986 (Cúnsulo, M. *et al*, 2006; Papparelli, A. *et al*, 2007; Cúnsulo, M. *et al*, 2009), procesando datos obtenidos con metodología de mediciones itinerantes tri-diurnas de temperatura y humedad relativa. Las tomas se realizaron en distintos puntos del área urbana y no urbana de San Juan, localizados aleatoriamente sobre ejes cardinales, con centro en la Plaza principal de la ciudad. Esta metodología requiere realizar correcciones horarias para referir los registros a una misma hora. La utilización de imágenes satelitales representa una enorme ventaja en ambos sentidos, ya que se obtiene información muy detallada y simultánea de toda la región.

El procesamiento de imágenes satelitales para su aplicación en estudios urbanos se realiza generalmente para analizar la isla de calor de las ciudades sin particularizar su estudio en la forestación, ya que ésta es integrada como un elemento del sistema urbano y considerada dentro de las condiciones térmicas generales del asentamiento (Valor, *et al.*, 2000; Pérez González M<sup>a</sup> E. *et al.*, 2001, 2002, 2003; Sarricolea, P. *et al.*, 2005; Stathopoulou, *et al.*, 2009). El uso de sensores remotos para estudios de forestación se aplica en casos de análisis de recursos naturales en áreas no urbanas y en zonas con procesos de deforestación. En general no se utiliza este método para analizar las características bioclimáticas de la forestación urbana.

El procedimiento utilizado en este trabajo determina el Índice de Vegetación Arbórea (NDVI), del cual se deriva el cálculo de la Temperatura de Superficie. Debido a que este valor no representa la condición ambiental requerida para el estudio del confort higrotérmico, se infiere la temperatura del aire urbano utilizando el método TvX (Goetz, S. J. *et al*, 2000) que asume que la temperatura radiométrica de una canopia completamente arbolada está en equilibrio con la temperatura ambiente. Si bien esta forma de obtener la temperatura del aire es indirecta y algo engorrosa, no es menos relevante a los fines que se persigue y a la vez representa un enorme ahorro de esfuerzo y tiempo. En este caso se trabajó sobre imágenes Landsat 5 TM (sensor Thematic Mapper) proporcionadas por CONAE correspondientes a la zona de estudio (Path 82, Row 232) que abarca el área urbana del valle de Tulum y su entorno no urbano, para las estaciones climáticas de interés: Invierno y Verano. El clima de San Juan se caracteriza por ser árido, con altos porcentajes de heliofanía relativa, fuerte radiación solar, vientos frescos predominantes del cuadrante Sur, baja humedad relativa y altos valores de amplitud térmica diaria y estacional. Estas condiciones meteorológicas presentan un importante potencial para lograr al confort higrotérmico

### PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Para el procesamiento de imágenes satelitales se siguió el procedimiento desarrollado por Cotlier, C. *et al.*(2010). Las imágenes Landsat 5 TM poseen 7 bandas cuyas características se detallan en la Planilla 1:

LANDSAT 5 Sensor TM	Longitud de onda (µm)	Resolución (m)
Banda 1	0,45 - 0,52	25
Banda 2	0,52 - 0,60	25
Banda 3	0,63 - 0,69	25
Banda 4	0,76 - 0,90	25
Banda 5	1,55 - 1,75	25
Banda 6	10,40 - 12,50	120
Banda 7	2,08 - 2,35	25

Planilla 1: Características de las imágenes satelitales Landsat 5 TM

<sup>1</sup> Profesional Principal CONICET; Profesor de Enseñanza Media UNSJ

<sup>2</sup> Profesor Titular FAUD-UNSJ; Profesional Principal CONICET

<sup>3</sup> Director Organizador INEAA; Profesor Titular FAUD-UNSJ; Profesional Principal CONICET

## Calibración radiométrica.

La calibración radiométrica es la conversión de los valores de nivel digital captados por los sensores satelitales a valores de reflectividad, teniendo en cuenta los parámetros y constantes de calibración del instrumento, previa corrección atmosférica. Esta calibración, incluyendo la corrección atmosférica, resulta indispensable para efectuar estudios multi-temporales en imágenes satelitales.

Para eliminar las distorsiones provocadas por la interferencia de la atmósfera en la radiación reflejada por la superficie, se utiliza el método denominado "Dark Object Subtraction". Este método considera que la bruma atmosférica incrementa los números digitales (DN) en áreas de las imágenes de agua limpia, profunda y calma, donde por las características físicas dichas áreas deben presentar reflectancia nula. El valor de esa diferencia se sustrae, en cada banda, en todos los píxeles de la imagen. Operativamente, el el procedimiento requiere abrir el archivo header de la imagen satelital y cargar las bandas 4,3 y 2 en la opción RGB. Se debe establecer una región de interés (ROI) en un cuerpo de agua con estas condiciones y hacer la estadística del mismo para hallar los valores promedio para las distintas bandas. Las fórmulas utilizadas para transformar los valores digitales a valores de reflectividad son las ecuaciones 1 y 2 (Chander y Markham, 2003; Chander, *et al.*, 2007).

La Ecuación (1) convierte los valores digitales a valores de Radiancia y la Ecuación 2 convierte los valores de radiancia a valores de reflectividad.

$$L_{\lambda} = G_{\lambda} (ND - ND_{min}) + B_{\lambda} \quad (1) \quad \rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda}}{E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z} \quad (2)$$

En la ecuación (1)  $G_{\lambda}$  ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) (Ganancia) y  $B_{\lambda}$  (Bias) ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) son los coeficientes de transformación de  $ND$  a valores de radiancia. El valor  $ND_{min}$  se resta a todos los píxeles (en las bandas del visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético), como método de corrección atmosférica, para eliminar el efecto reflector que produce la atmósfera. Estos se obtienen de tablas en función de la fecha de obtención de la imagen satelital (Chander y Markham, 2003).

En la Ecuación (2),  $\pi$  (sr) representa la hipótesis de superficie Lambertiana uniforme y bajo condiciones libre de nubes,  $d$  es la distancia Tierra-Sol medida en unidades astronómicas (UA),  $E_{\lambda 0}$  es la irradiancia solar espectral exoatmosférica ( $W m^{-2} \mu m^{-1}$ ) y  $\theta_z$  es el ángulo cenital solar (depende del día y hora de la toma de imagen, información que se encuentra en el archivo header), el subíndice  $\lambda$  indica el número de la banda.

## Índice diferencial de vegetación normalizado - NDVI

El índice diferencial de vegetación normalizado, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice utilizado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja, la cual es captada por los sensores de los satélites.

La vegetación aparece relativamente oscura en la región de radiación fotosintética activa y relativamente brillante en el infrarrojo cercano. El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, se calcula a partir de estas medidas individuales de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{\rho_{IRC} - \rho_R}{\rho_{IRC} + \rho_R} \quad (3)$$

en donde las variables  $\rho_R$  y  $\rho_{IRC}$  son las reflectancias obtenidas a partir de las radiancias medidas en las bandas del rojo y el infrarrojo cercano captadas por los instrumentos satelitales. El denominador de la ecuación es un factor de normalización, que compensa en parte la diferencia de reflectancia en superficie, asociada con la elevación solar o con el ángulo de observación del satélite

Estas reflexiones espectrales son en sí cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral individual; por tanto, éstos toman valores entre un rango de 0,0 a 1,0. El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, varía como consecuencia entre -1,0 y +1,0.

Según Sellers (1985) el NDVI está directamente relacionado con la capacidad fotosintética y por tanto, con la absorción de energía por la cobertura arbórea.

## Cálculo de Temperatura Superficial (LST)

Para calcular la temperatura superficial (LST) se utilizan las bandas 3, 4 y 6 (rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo térmico respectivamente), aplicando la técnica monocanal desarrollada por Jiménez-Muñoz y Sobrino (2003).

Utilizando la banda 6 se calcula  $L_6$  ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ) que es la radiancia total que mide el sensor satelital, suma de la radiancia de la superficie y el aporte de la atmósfera superior; para luego calcular  $T_6$  (°K) sin considerar los efectos atmosféricos. Los cálculos se realizan a partir de los niveles digitales (ND) almacenados en la banda 6 utilizando las Ecuaciones (4) y (5):

$$L_6 = G_6 ND + B_6 \quad (4) \quad T_6 = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_6} + 1\right)} \quad (5)$$

donde  $G_6$  (gain,  $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) y  $B_6$  (bias,  $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) son los coeficientes de transformación de niveles digitales (ND) a valores de radiancia  $L_6$ ;  $K_1 = 607.76 \text{ W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$  y  $K_2 = 1260.56 \text{ }^\circ\text{K}$  son los coeficientes de la curva de Plank estimada específicamente para Landsat 5 TM. (Chander y Markham, 2003; Chander *et al.*, 2007).

Posteriormente se utilizan las reflectividades  $\rho_3$  y  $\rho_4$  que provienen de la calibración radiométrica de las bandas 3 y 4 (rojo e infrarrojo cercano del espectro electromagnético) para crear una banda de NDVI.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (6)$$

Luego se determina la emisividad de la superficie  $\varepsilon_s$ , utilizando el método de la proporción de vegetación  $P_v$  (Valor y Caselles, 1996, Rivas y Caselles, 2004).

Se utiliza en este procedimiento el NDVI calculado y los valores promedio de NDVI del suelo ( $NDVI_{su}$ ) y la vegetación ( $NDVI_v$ ). Se obtiene  $NDVI_{su}$  y  $NDVI_v$  seleccionando dos regiones de interés en el área correspondiente en un gráfico de dispersión que se realiza con el valor del NDVI en el eje x y la temperatura  $T_6$  calculada anteriormente en el eje y. El área correspondiente al suelo posee temperatura máxima y el NDVI es mayor que cero y la de la vegetación tiene temperatura mínima y un alto valor de NDVI. Luego se aplican las siguientes fórmulas:

$$P_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_{su}}{NDVI_v - NDVI_{su}} \right)^2 \quad (7) \quad \varepsilon_s = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_{su} (1 - P_v) \quad (8)$$

en donde  $\varepsilon_v$  es la emisividad de la vegetación (0.985) y  $\varepsilon_{su}$  la del suelo desnudo (0.96).

Para finalizar se calcula la temperatura superficial  $T_s$  corregida de los efectos atmosféricos a partir de  $T_6$  aplicando el método monocanal propuesto por Jiménez-Muñoz y Sobrino (2003):

$$T_s = \gamma \left[ \varepsilon^{-1} (\psi_1 L_6 + \psi_2) + \psi_3 \right] + \delta \quad (9)$$

en donde

$$\gamma = \left\{ \frac{c_2 L_6}{T_6^2} \left[ \frac{\lambda_{ef}^4}{c_1} L_6 + \lambda_{ef}^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad \delta = -\gamma L_6 + T_6$$

$$\psi_1 = 0.14714 w^2 - 0.15583 w + 1.12340$$

$$\psi_2 = -1.1836 w^2 - 0.37607 w - 0.52894$$

$$\psi_3 = -0.04554 w^2 + 1.8719 w - 0.39071$$

siendo  $\lambda_{ef}$  la longitud de onda media ( $11.457 \mu\text{m}$  para la banda 6, sensor TM del satélite Landsat 5),  $c_1 = 1.19104 \cdot 10^8 \text{ W } \mu\text{m}^4 \text{ m}^{-2} \text{sr}^{-1}$  y  $c_2 = 14387.7 \mu\text{m }^\circ\text{K}$ . Las funciones atmosféricas  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  y  $\psi_3$  se obtienen como función del contenido de vapor en la atmósfera total  $w$ , agua precipitable (precipitable water). El valor de  $w$  fue obtenido calculando el promedio del valor de la estación 85586 SCSN Santo Domingo, a las 12:00 pm para el día de la imagen considerada. Para eso se utilizaron los datos obtenidos de la página de la University of Wyoming, Department of Atmospheric Science, que recopilan dicha información de todo el mundo. (Página web <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)

### Cálculo de Temperatura del Aire

Una vez obtenida la temperatura de superficie, se sigue el procedimiento descrito por Goetz, S. J. *et al* (2000) para la inferencia de la temperatura del aire cercana al suelo. Este método se basa en asumir que la temperatura radiométrica de una canopia arbórea frondosa está en equilibrio con la temperatura del aire ambiente debido a que la vegetación densa posee una muy similar capacidad térmica a la del aire que la circunda. (Goward *et al*, 1994). El método denominado TvX consiste en determinar un muestreo amplio de relaciones entre el índice normalizado de vegetación NDVI y la temperatura de superficie para obtener los coeficientes de regresión que se usan para resolver la ecuación (10):

$$T_a = a \times NDVI_{\max} + b \quad (10)$$

Donde

$NDVI_{\max}$  se fija entre 0,6 y 0,9 dependiendo del instrumento del satélite utilizado; los valores de  $a$  y  $b$  son los coeficientes de regresión.

### Resultados

El procedimiento descrito se aplicó a sendas imágenes satelitales Landsat 5 TM de la ciudad de San Juan y sus alrededores, una correspondiente al verano (08/02/2010) y otra al invierno (19/08/2010) con una cobertura de nubes despreciable. La toma del satélite se produce a las 14:30 hora solar. Se presentan en las Figuras 1 y 2 los procesamientos realizados para invierno 2010 y en las Figuras 3 y 4 las correspondientes a verano 2010. Se observa una correspondencia adecuada entre las imágenes de las bandas del infrarrojo donde se aprecia la cobertura arbórea más densa en color rojo, con las más oscuras de la imagen de temperatura del aire que corresponden a las más frías de las escenas.



Figura 1: Imagen satelital del área de estudio - bandas 4,3 y 2. (Invierno 2010). En rojo, las áreas forestadas

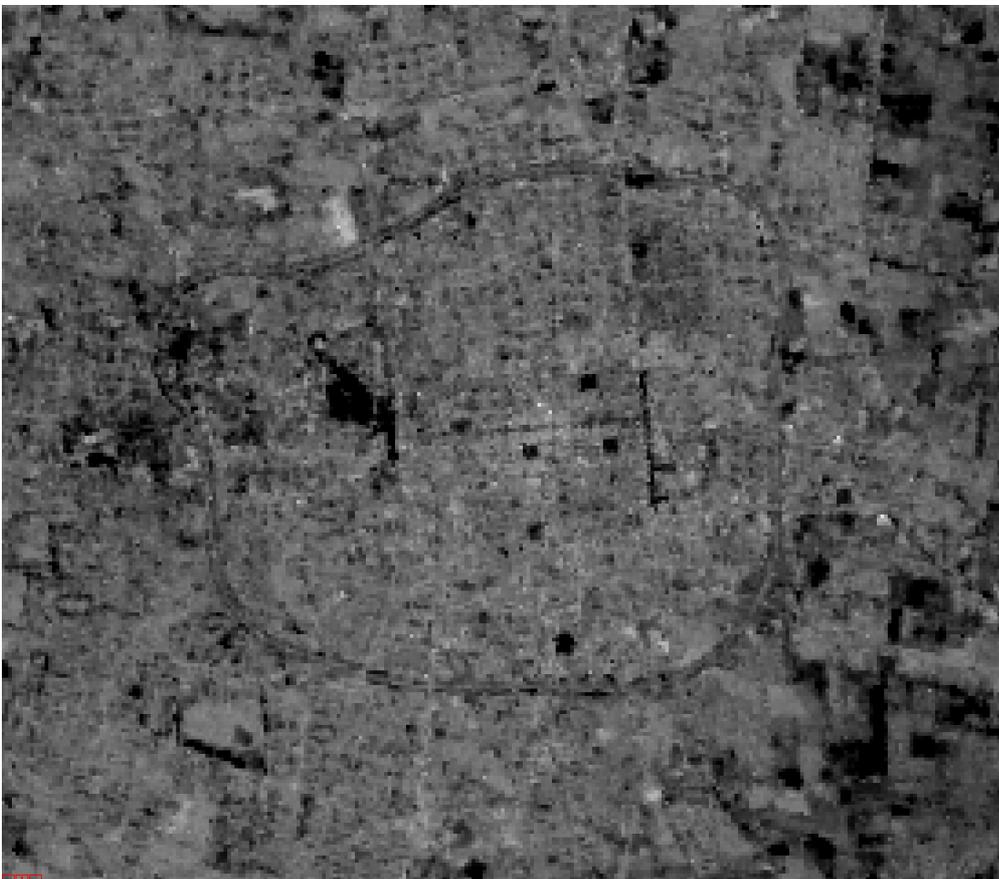


Figura 2: Imagen satelital del área de estudio - capa: Temperatura del aire ( $T_a$ ). (Invierno 2010). En negro las áreas de menor  $T_a$ .

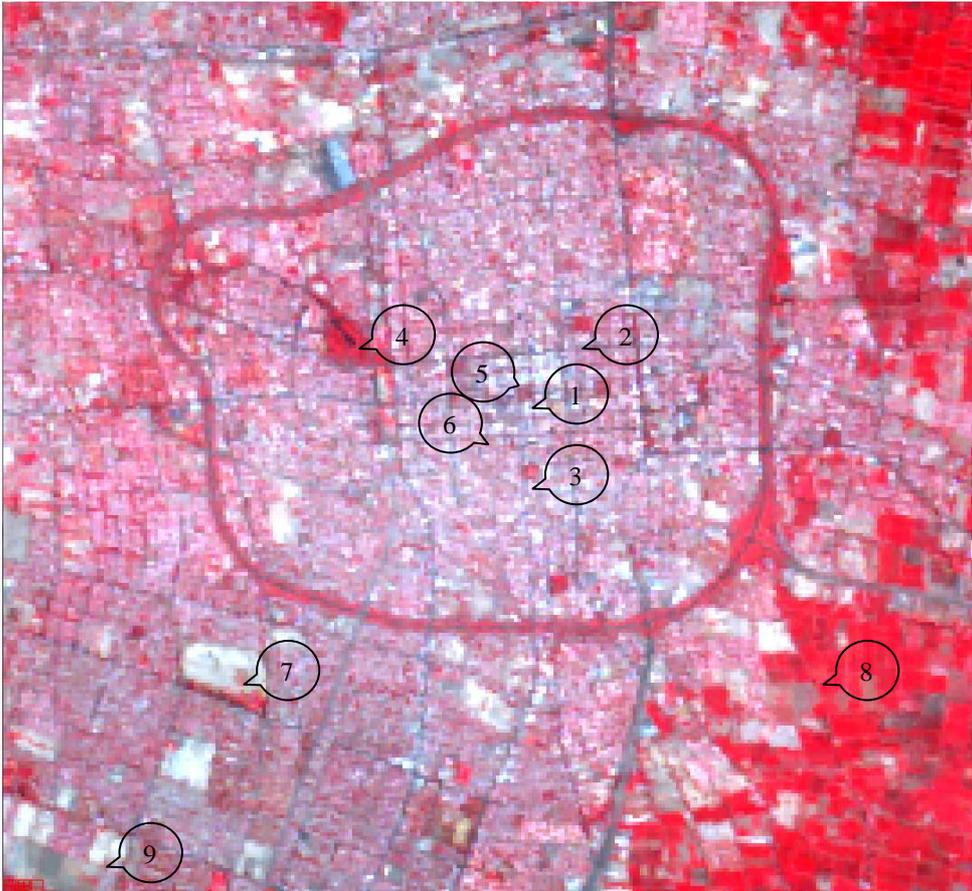


Figura 3: Imagen satelital del área de estudio - bandas 4,3 y 2. (Verano 2010) En rojo, las áreas forestadas

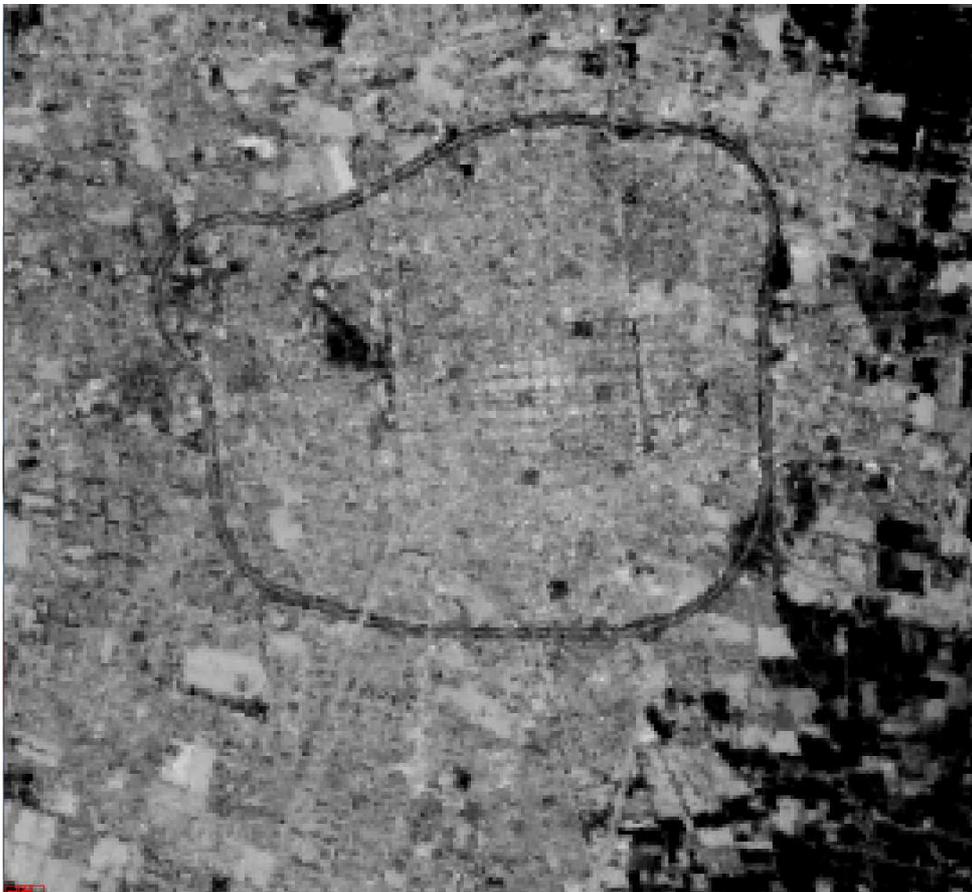


Figura 4: Imagen satelital del área de estudio – capa: temperatura del aire (Ta). (Verano 2010). En negro las áreas de menor Ta.

A fin de analizar los valores resultantes del procesamiento se presenta la Planilla 2 en la que se comparan los distintos tipos de áreas construidas y espacios verdes forestados con sus valores de NDVI y temperatura del aire para invierno y verano.

N° Ref.	LOCALIZACIÓN	INVIERNO		VERANO	
		NDVI	Ta	NDVI	Ta
1	Plaza 25 de Mayo	0.37	22.2	0.34	25.9
2	Plaza Gertrudis Funes	0.40	21.9	0.58	24.1
3	Plaza Alnte. Brown	0.36	22.4	0.48	24.5
4	Parque de Mayo	0.58	20.2	0.71	22.1
5	Centro Urbano 1	0.17	24.1	0.12	28,2
6	Centro Urbano 2	0.21	23.8	0,17	27,7
7	Pista Hipódromo	0.15	24.3	0.15	27.9
8	Área No Urbana 1(cultivada)	0.62	19.8	0.89	20.2
9	Área No Urbana 2 (construida)	0.26	23.3	0.30	26.2

Planilla 2: Valores comparativos de NDVI y Ta para distintas localizaciones del Gran San Juan

De la Planilla 2 se deduce que hay una estrecha relación entre el NDVI y la temperatura del aire, lo que concuerda con los resultados de otro proyecto en ejecución por el equipo del INEAA (2012). Los valores relativamente elevados para invierno, se deben por una parte a la hora de adquisición de la imagen satelital (14:30 hora solar) y por otra parte a la única fecha con imágenes disponibles para la zona en el invierno (19/08), con temperaturas que en San Juan se asemejan a las de primavera.

### Investigaciones futuras

En un próximo estudio se pretende confrontar los valores derivados de estas imágenes con registros de una estación meteorológica situada en el área urbana de la ciudad, para esas mismas fechas, a fin de evaluar la aproximación de la estimación realizada a fin de proceder a su ajuste.

Asimismo se abordará el estudio de isla de calor a partir de imágenes satelitales y su confrontación con los valores ya calculados en trabajos anteriores (Cúnsulo, M. *et al*, 2009).

### Conclusiones

La utilización de imágenes satelitales para la determinación de la temperatura del aire es viable y puede resultar una herramienta muy efectiva siempre que se cuente con la información de imágenes satelitales para los días de interés. También es muy importante tener en cuenta que la hora de captación de la imagen puede quizás no corresponderse con las necesidades del estudio que se pretende realizar. La disponibilidad de otras imágenes correspondientes a instrumentos de otros satélites también debe evaluarse ya que las características intrínsecas de las mismas son determinantes en la decisión de su utilización.

### Agradecimientos

Los autores quieren expresar su profundo agradecimiento a los integrantes del Centro de Sensores Remotos de la Facultad de Ingeniería y Agrimensura, de la Universidad Nacional de Rosario, en las personas de Carlos Cotlier, Diego López y Cecilia Cornero, sin cuyo apoyo y asesoramiento generoso y desinteresado no hubiera sido posible la ejecución del trabajo.

### Referencias

- Chander G. and Markham B. L. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures, and post-calibration dynamic ranges. IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing, vol. 41, no. 11, pp. 2674–2677.
- Chander G., Markham B. L., Barsi J. A. (2007). Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 4, no. 3, pp. 490-494.
- Cotlier, C.; López, D.; Cornero, C. (2010) Apuntes del curso de Posgrado/Maestría en Ingeniería Vial “Los Sistemas de Información Geográfica y Teledetección: Geomática aplicada al uso urbano, regional y medio ambiente”, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina
- Cúnsulo, M., Papparelli, A., Kurbán, A., *et al* (2006) Impacto de la Edificación en el Clima Urbano Árido, AVERMA, ISSN 0329-5184 Salta, Volumen 10, pp 11-01 a 11-07.
- Cúnsulo, M., Papparelli, A., Kurbán, A., *et al* (2009) Variación Histórica de la Isla de Calor y de la Depresión Humídica Urbanas en Zona Árida, AVERMA, ISSN 0329-5184 Salta, Volumen 13, pp 11-93 a 11-100.
- Goetz, S. J.; Prince, S. D.; Small, J. (2000) Advances in Satellite Remote Sensing of Environmental Variables for Epidemiological Applications. Advances in Parasitology, Vol 41, pp 289–307.
- Goward, S. N.; Xue, Y.; Czajkowski, K. (1994). Ecological remote sensing at OTTER: macroscale satellite observations. Ecological Applications Vol. 4, pp 322- 343
- Jiménez-Muñoz J. C.; Sobrino J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. Journal of Geophysical Research, Vol. 108, doi: 10.1029/2003JD003480. Un Método Monocanal Generalizado para Obtener la Temperatura de la Superficie Terrestre a partir de Datos de Teledetección
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., *et al* (2012) Estudio bioclimático de la forestación urbana con procesamiento de imágenes satelitales, Proyecto de investigación en ejecución, Financia CICITCA – Universidad Nacional de San Juan.

- Papparelli, A., Cúnsulo, M., Kurbán, A., *et al* (2007) Isla de Calor Urbana en Zona Árida, AVERMA, ISSN 0329-5184 Salta, Volumen 11, pp. 11-59 a 11-65.
- Pérez González, M<sup>a</sup>. E. y García Rodríguez, M<sup>a</sup>. P. (2001) Estudio de las Bandas Térmicas ETM en la Comunidad de Madrid y alrededores. *El Tiempo del Clima*. Serie A N<sup>o</sup>2, pp. 499-508.
- Pérez González, M<sup>a</sup>. E. y García Rodríguez, M<sup>a</sup>. P. (2002) Cartografía Térmica del área metropolitana de Madrid a partir del sensor ETM del Landsat 7. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, pp. 365-374.
- Pérez González, M<sup>a</sup>. E., García Rodríguez M<sup>a</sup>. P., y Guerra Zaballo, A. (2003) Análisis del clima urbano a partir de imágenes de satélite en el centro peninsular español. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol 23, pág. 187-206.
- Rivas, R.; Caselles, V. (2004). A simplified equation to estimate spatial reference evaporation from remote sensing-based surface temperature and local meteorological data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 93, pp 68–76.
- Sellers, P. J. (1985) Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration, *International Journal of Remote Sensing*, 6, p.p. 1335–1372.
- Stathopoulou M., Synnefa A., Cartalis C., Santamouris S., Karlessi T., Akbari H. (2009) A surface heat island study of Athens using high-resolution satellite imagery and measurements of the optical and thermal properties of commonly used building and paving materials. *International journal of sustainable energy*, Vol. 28, Nos. 1-3, March-, 59-76.
- University of Wyoming, Department of Atmospheric Science, página web <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- Valor, E.; Caselles, V. 1996. Mapping Land Surface Emissivity from NDVI: Application to European, African and South American Areas. *Remote Sensing of the Environment*, Vol. 57, pp 167–184.
- Valor, E.; Caselles, V.; Coll, C.; Sánchez, F.; Rubio, E.; Sospedra, F. (2000) Análisis comparativo del efecto de la isla térmica de la ciudad de Valencia con imágenes TM, MUST y AVHRR. *Revista teledetección*, pp.5-10.

**ABSTRACT:** The work presents results of a study conducted in the city of San Juan for the estimation of the air temperature in an urban area from satellite images corresponding to winter and summer. The original not geo-referenced images processed correspond to the Landsat 5 TM satellite with a pixel of 25 m x 25 m. The values obtained from the calculation of the normalized vegetation index (NDVI) demonstrate the applicability of the method.

**Keywords:** Urban air temperature, Satellite Images, NDVI, Urban Climate.