



## **TEMPERATURA DE SUPERFICIE EN EL VALLE DEL RÍO NEUQUÉN UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT**

*Marisa Gloria Cogliati*<sup>1</sup>

### **Resumen**

Estudios de la temperatura del aire y del suelo, suelen ser escasos debido a la necesidad de contar con redes de información micro o meso meteorológicas que incorporen una importante densidad espacial de observaciones siguiendo el gradiente altitudinal y la complejidad del terreno. Por ello se hace necesario incorporar métodos alternativos para el estudio de la distribución espacial de variables meteorológicas.

En este trabajo se presenta el análisis de la variabilidad estacional de la temperatura de superficie a partir de imágenes LANDSAT 7 ETM+ usando de información del canal térmico en el valle productivo del río Neuquén.

Las imágenes Landsat 7 ETM+ brindan información con 60 m de resolución, su comportamiento muestra concordancia con la variabilidad espacial de la topografía. Para el cálculo de la temperatura de superficie con imágenes LANDSAT debe contarse con datos meteorológicos de superficie, como el contenido de vapor de agua atmosférico y la temperatura media del aire cercano a la superficie, en tiempos simultáneos al pasaje del satélite. Para la obtención de dichos datos se utilizó la herramienta Atmospheric Correction Parameter Calculator, disponible online.

Los patrones de temperatura efectiva en el valle del río Neuquén a partir del análisis de imágenes LANDSAT presentan un área ribereña que puede ser delimitada como un área con menor temperatura en verano. Mientras que las áreas en la región ubicada al sudeste presentan valores de temperatura entre 4°C y 5°C menores, y las zonas de mayor pendiente ubicadas hacia el norte y el área sobre la meseta presentan temperatura de superficie aproximadamente 4°C mayor que las ubicadas al este.

En verano se puede diferenciar más claramente la zona cultivada, lo que sería indicativo de los cambios fenológicos de los cultivos y de los mayores contrastes de

---

<sup>1</sup> *Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue*  
*Email: marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar*

temperatura debidos al calentamiento diferencial de las superficies a partir de la mayor disponibilidad energética por unidad de área en verano, en invierno los contrastes fueron menores.

En invierno la temperatura de superficie de las áreas húmedas, zonas con agua y zona de meseta es relativamente mayor a las áreas circundantes.

**Palabras clave:** satélites, temperatura de superficie. LANDSAT.

### **Abstract**

Studies of surface and air temperature from LANDSAT need a great density of meteorological stations following the altitudinal variation and complexity of terrain. Alternative methods for the study of the spatial distribution are useful. In this paper, the seasonal variation of surface temperature is analyzed by LANDSAT7 ETM + thermal channel information considering an area of the productive valley of the Neuquén River. Landsat 7 ETM + images offer information with 60 m of spatial resolution; its behavior showed agreement with topography. The calculation of surface temperature using LANDSAT imagery should include surface meteorological data: atmospheric water vapor content and mean air temperature near to the surface, simultaneously to the passage of the satellite.

The data were corrected using Atmospheric Correction Parameter Calculator, available online. Areas near Neuquén river show lower surface temperature in summer, while the southeastern areas presented surface temperature between 4°C and 5°C smaller, and the zones of greater slope in the northern area on the plateau presented surface temperature approximately 4°C. In summer, the cultivated area can be more clearly differentiated, that would be indicative of phenological changes of fruit trees and the greater contrasts of temperature due to the differential warming from various surfaces. Temperature differences were smaller in winter. In winter, the temperature of surface of the humid areas, zones with water and zone of the plateau is relatively greater to the surrounding areas.

**Key words:** satellite, surface temperature, LANDSAT

### **Introducción**

Para el estudio de la temperatura del aire y del suelo es necesario contar con redes de información micro o meso meteorológicas que incorporen una adecuada densidad espacial de observaciones siguiendo el gradiente altitudinal y la complejidad del terreno. Por ello se hace necesario incorporar métodos alternativos para el estudio de la distribución espacial de variables meteorológicas. La búsqueda de nuevos métodos se encuentra en un proceso de cambio permanente, adquiriendo gran importancia el análisis por medio de modelos físicos y la utilización de sensores remotos.

Los valores de los píxeles en las imágenes satelitales expresan la cantidad de energía radiante recibida por el sensor en la forma de valores relativos no calibrados simplemente llamados Niveles Digitales (ND). Para muchas aplicaciones, no es necesario convertir estos valores (Eastman, 2004). Pero si se trata de realizar comparaciones entre imágenes de distintas fechas, de las mismas áreas, será necesario realizar las correcciones de los datos de manera que sean comparables.

En este trabajo se presenta el análisis de la temperatura de superficie obtenida a partir del canal térmico del satélite LANDSAT 7 ETM+ con escenas que comprenden la zona del valle productivo del río Neuquén, utilizando los resultados del modelo MODTRAN 4<sup>2</sup> con datos del reanálisis del NCEP<sup>3</sup> para el cálculo de la corrección atmosférica.

El análisis de la información de temperatura de los satélites LANDSAT presenta mayor complejidad que otros satélites, dado que poseen una sola banda térmica y requieren del uso de modelos de transferencia de radiación y emisividad para el cálculo de la temperatura de superficie. Por ello, la banda térmica de los LANDSAT ETM+ no ha sido muy utilizada para mapeos de temperatura de superficie, aunque posea una resolución espacial alta (Li y otros, 2004).

Las principales dificultades para el cálculo de la temperatura de superficie se presentan en la calibración, la baja frecuencia temporal y las dificultades en la selección de un algoritmo apropiado (Qin, 2001). La temperatura del aire presenta una importante variabilidad espacial y temporal, asociada a variaciones de altura del terreno, y variación diurna y estacional (Barry, 1981). La pendiente y la orientación del terreno marcan efectos fundamentales en el ingreso de radiación y en las condiciones de temperatura, el conocimiento de dicha variabilidad es importante a la hora de la planificación de cultivos y actividades.

## **Metodología**

### **Área de estudio**

El área en estudio se encuentra comprendida entre 38.7° S y 38.9° S y entre 67.9° W y 68.2° W. La zona incluye el valle inferior del río Neuquén. Este valle, a diferencia de los valles de los ríos Limay y Negro se extiende en la dirección NW-SE transversal a la dirección preferencial de los vientos del oeste predominantes en la zona. La Figura 1 presenta la ubicación de la región, y las líneas de nivel obtenidas a partir de un modelo de elevación digital del terreno.

El valle es una zona irrigada con producción frutícola inserta en la meseta. El área en estudio tiene una longitud de aproximadamente 31 km y un ancho de 7 km, la diferencia media de altura entre el valle y la meseta en la zona central es superior a 40 m y desciende hacia el sur con fuertes variaciones entre el sector este y el oeste.

---

<sup>2</sup> <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

<sup>3</sup> National Centers of environmental Prediction

El suelo del valle está cubierto principalmente por árboles frutales. La pendiente transversal del valle es de 2 % y la pendiente longitudinal es de 0.15 % (ver Figura 1).

La meseta está cubierta en su mayor parte por vegetación baja (alturas menores a 3 m), ubicada en forma muy dispersa dejando grandes superficies de suelo desnudo.

### Datos

En este trabajo se analizaron imágenes LANDSAT 7 ETM+<sup>4</sup> (*path 230/row 087*) adquiridas en las fechas que se presentan en la tabla 1, Las imágenes fueron cortesía del USGS<sup>5</sup>.

Los datos LANDSAT están disponibles a través del Proyecto LANDSAT vía internet previamente procesadas (proceso L1T<sup>6</sup>). La información fue adquirida en formato GeoTiff en proyección UTM<sup>7</sup> con datos WGS84<sup>8</sup> (Tucker y otros 2004). El nivel de proceso 1T incluye corrección radiométrica, corrección geométrica sistemática y corrección de precisión utilizando puntos de control en superficie y un modelo de elevación digital para corregir el paralaje debido a la topografía.

El error de geolocalización en L1T es similar al error del modelo de elevación digital utilizado en este caso 90 m. Las imágenes fueron seleccionadas durante días donde no se detectaba nubosidad sobre el área en estudio seleccionando los pasajes en meses de invierno: mayo, junio, julio y de verano: diciembre, enero y febrero.

---

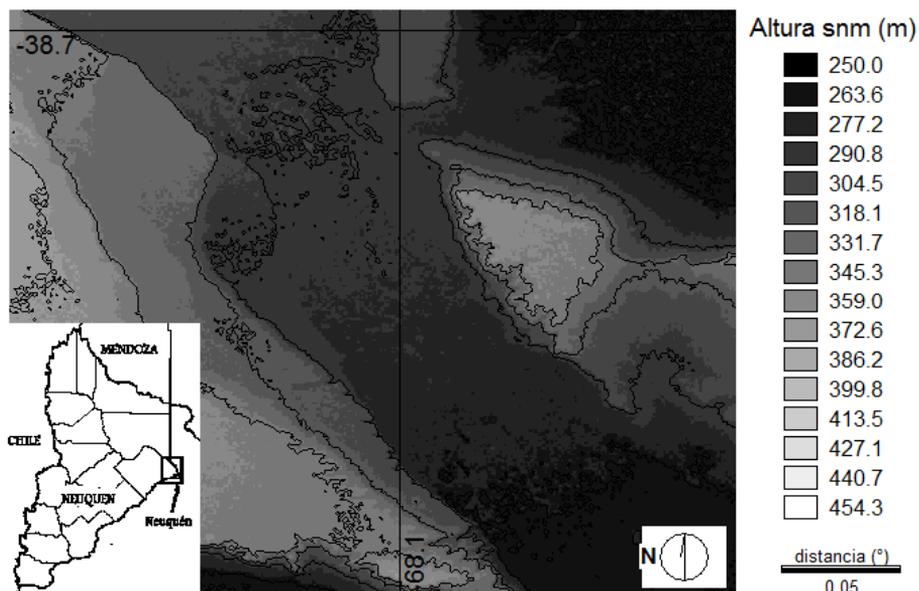
<sup>4</sup> *Enhanced Thematic Mapper Plus*

<sup>5</sup> United States Geological Survey. (<http://glovis.usgs.gov/>).

<sup>6</sup> *Level 1 terrain corrected data*

<sup>7</sup> *Universal Transverse Mercator*

<sup>8</sup> *World Geodetic System 1984*



**Figura 1:** Ubicación y altura sobre el nivel del mar (snm) del área en estudio, cortesía del USGS (United States Geological Survey).

**Tabla 1:** Fecha y tipo de análisis de las imágenes LANDSAT7 ETM+ utilizadas en el análisis (Cortesía del USGS, Global visualization Viewer).

<b>invierno</b>	<b>Hora UTC</b>	<b>Análisis</b>
06/05/2003	14:05	LIT
01/06/2001	14:06	LIT
16/7/2000	14:08	LIT

<b>verano</b>	<b>Hora UTC</b>	<b>Análisis</b>
09/02/2000	14:08	LIT
22/1/2000	14:09	LIT
14/01/2003	14:05	LIT

### Cálculo de la temperatura de superficie

Los satélites LANDSAT no proporcionan la temperatura de superficie en forma operativa debido a las limitaciones que surgen al tener una sola banda en el espectro térmico para realizar las correcciones por efectos atmosféricos y de emisividad. Para obtener la temperatura de superficie a partir de la radiancia de satélite se necesitan los perfiles atmosféricos de temperatura y vapor de agua correspondientes a la hora de paso del satélite, como datos de entrada de un modelo de transferencia radiativa y las mediciones de emisividad de la superficie. En este trabajo se utilizó una herramienta operativa de corrección atmosférica<sup>9</sup> que permite calcular la temperatura de superficie con un sesgo menor a  $0.5 \pm 0.8\text{K}$  (Barsi y otros, 2005) disponible en línea. La herramienta provee un método simple para el cálculo de la transmitancia atmosférica y la radiancia entrante y saliente. Barsi y otros (2003) estiman que los valores de temperatura de superficie pueden ser estimados con un error de  $\pm 2\text{K}$  donde se conoce la emisividad y la atmósfera es relativamente clara.

Las imágenes satelitales fueron procesadas por medio del Sistema de Información Geográfico ENVI.

La radiancia se calculó según (1):

$$L_s = L_{\min} + \left( \frac{D_n}{D_{\max}} * (L_{\max} - L_{\min}) \right) \quad (1)$$

donde  $L_s$  es la radiancia espectral en la banda térmica ( $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ ster } \mu\text{m})$ ) (Landsat Project, 2002). Los valores de  $L_{\max}$  y  $L_{\min}$  se obtuvieron del archivo de cabecera de las imágenes y en la banda 6, dichos valores son:  $L_{\max}=17.040$ ,  $L_{\min}=0.00$ . Por otro lado la temperatura de brillo al tope de la atmósfera (Zhang y otros, 2006) es:

$$T_s = \frac{K_2}{\ln(K_1/L_s + 1)} \quad (2)$$

donde  $T_s$  es la temperatura efectiva del satélite (temperatura de brillo) ( $^{\circ}\text{K}$ ) y  $K_1$  y  $K_2$  son constantes de calibración de pre lanzamiento (para Landsat 7 ETM+,  $K_1 = 666.09 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ sr mm})$  y  $K_2 = 1282.71 \text{ K}$ . (Landsat Project, 2002)

La remoción de los efectos atmosféricos en la región térmica es un paso esencial necesario para la utilización de la banda térmica en el estudio de temperatura. La señal emitida por un objeto en el suelo es igualmente atenuada y aumentada por la atmósfera. Es necesario un conocimiento apropiado de la atmósfera para la estimación de la transmitancia y de la radiancia hacia arriba y hacia abajo. Una vez que se conocen esos valores se puede convertir la radiancia medida en el espacio a la radiancia que es emitida en la superficie (Barsi y otros, 2005):

<sup>9</sup> <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>; (Barsi y otros 2005)

$$L_{TOA} = \tau \varepsilon LT + Lu + \tau (1 - \varepsilon) Ld \quad (3)$$

donde  $\tau$  es la transmisividad atmosférica;  $\varepsilon$  es la emisividad de la superficie;  $LT$  es la **radiancia** de cuerpo negro del emisor ( $W/m^2/sr/ m$ ) a una temperatura  $T$ ,  $Lu$  es la radiancia hacia arriba (del camino atmosférico) y  $Ld$  es la radiancia hacia abajo (del cielo) ( $W/m^2/sr/ m$ ) y  $LTOA$  es la radiancia que llega al espacio y es medida por el instrumento.

De acuerdo con Van De Griend y Owe (1993) la relación entre los valores de NDVI<sup>10</sup> y los de emisividad ( $\varepsilon$ ) pueden expresarse según (4), para rangos de NDVI entre 0.157 y 0.727.

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(NDVI) \quad (4)$$

El NDVI se calculó a partir de la reflectancia de los canales 3 y 4 de las imágenes LANDSAT según (5).

$$NDVI = \frac{(\rho_4 - \rho_3)}{(\rho_4 + \rho_3)} \quad (5)$$

Donde  $\rho$  es la reflectancia para cada banda  $\lambda$ , calculada según ecuación (6) (LANDSAT Project, 2002):

$$\rho_\lambda = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos\theta} \quad (6)$$

donde  $L_\lambda$  es la radiancia espectral en el satélite  $d$  es la distancia la sol<sup>11</sup>,  $ESUN_\lambda$  es la irradiancia exoatmosférica para cada banda  $\lambda$ , (para LANDSAT 7, Banda 1:1969  $W/m^2/\mu m$ , banda 2: 1840  $W/m^2/\mu m$  (LANDSAT Project, 2002) y el  $\cos\theta$  es el coseno del ángulo solar incidente.

Si el valor de NDVI se encuentra en el rango (0.157–0.727), se estimó la emisividad teniendo en cuenta la Tabla II (van de Griend y Owe, 1993)

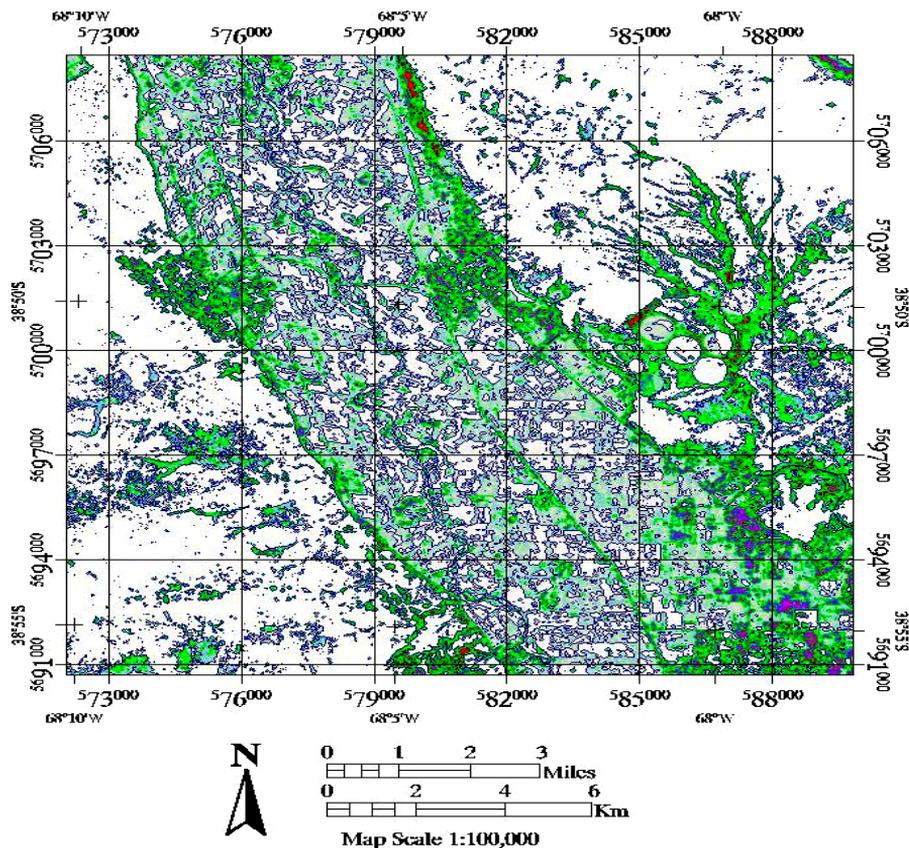
NDVI	$\varepsilon$
-1.00	0.985
(-1.00, -0.18)	0.965
[-0.18, 0.157)	0.955
[0.727, 1.00]	0.99

**Tabla II:** valores de emisividad en función del NDVI (van de Griend y Owe, 1993) para intervalos no incluidos en (4).

<sup>10</sup> Índice de Vegetación en Diferencias Normalizadas

<sup>11</sup> <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html>

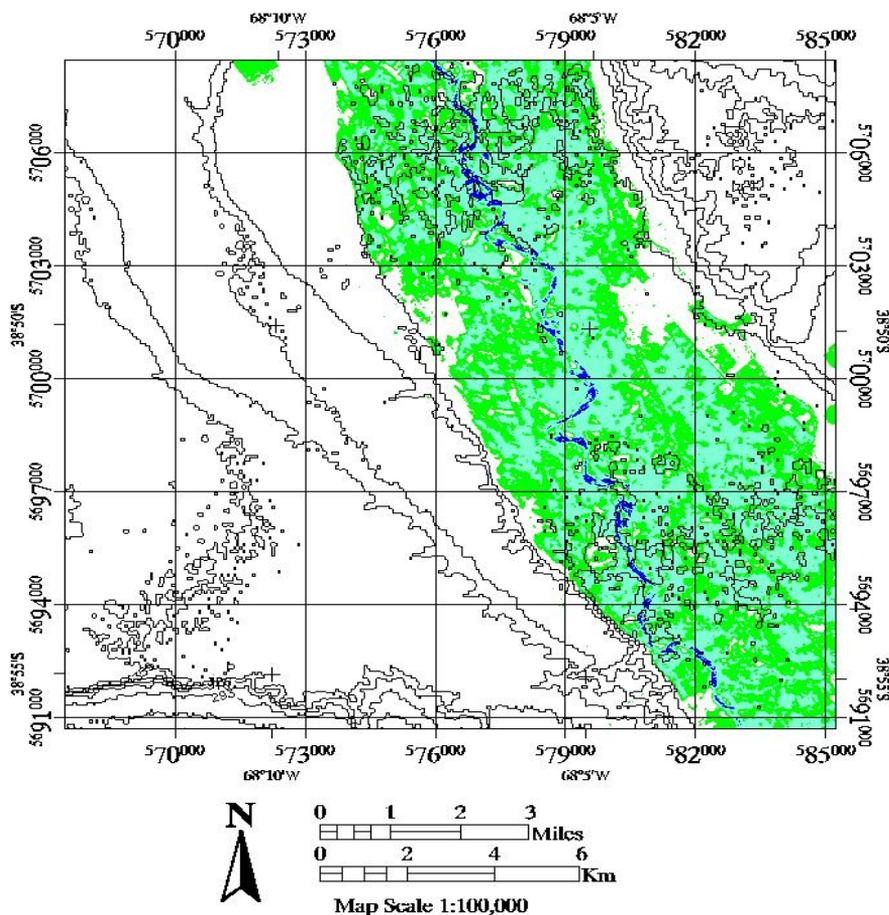
A partir de esta metodología se estimó la emisividad media para el área estudiada en las escenas seleccionadas y se presenta en la Figura 2. Con la metodología se ponen de manifiesto las áreas donde se emplazan las zonas urbanas y el área influenciada por la presencia del río.



**Figura 2:** Emisividad media para la zona estudiada, estimada a partir del NDVI, según ecuación (4) y Tabla II.

## Resultados y Discusión

El análisis de los promedios de las escenas obtenidas en verano e invierno, permitió detectar diferencias de comportamiento en la distribución areal de la temperatura. La Figura 3 presenta una clasificación del área teniendo en cuenta las mayores diferencias entre una y otra estación, las áreas en zonas urbanas y sobre la meseta, donde la vegetación es dispersa y poco desarrollada, son las que mayor variación presentan desde el punto de vista de la temperatura de la superficie a la hora de pasaje del satélite. (14:00 UTC), siendo las áreas aledañas al río Neuquén las que presentaron menores diferencias.

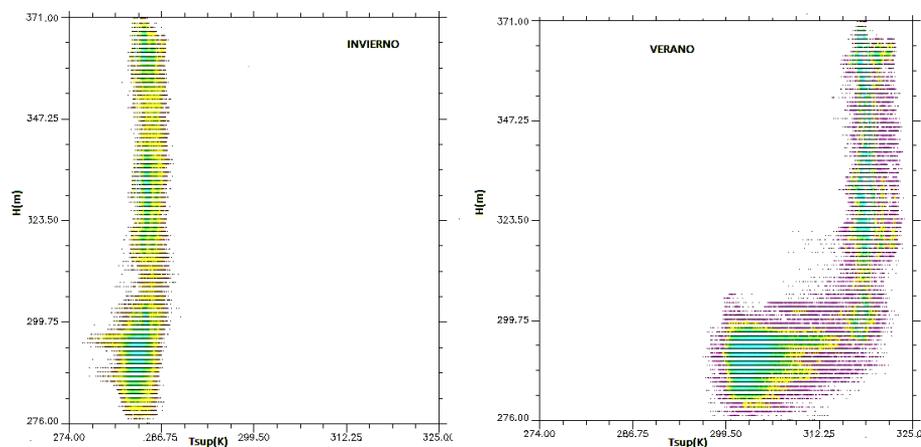


**Figura 3:** Zonas con mayores diferencias de temperatura entre invierno y verano. Mayores diferencias áreas en color blanco y menores diferencias áreas azules.

	Tmín (K)	Tmáx (K)	Tmedia (K)	Desv. Std (K)
<b>Verano</b>	295.3	329.5	313.9	6.6
<b>Invierno</b>	271.2	292.8	283.9	1.32

**Tabla III:** valores de Tmín, Tmáx, Tmed y desviación estándar de la temperatura de superficie media estacional en escenas de invierno y verano.

La temperatura de superficie media mínima presenta una variación de 24.1°C, mientras que la temperatura de superficie media máxima 36.7°C y la temperatura de superficie media 30 °C. La desviación estándar es mucho menor en invierno (ver Tabla III).



**Figura 3:** Gráfico de dispersión entre la temperatura de superficie media en invierno y verano de las escenas detalladas en la Tabla II (color celeste y verde mayor frecuencia de puntos).

Considerando la variabilidad de la temperatura de superficie y su relación con la altitud del terreno sobre el nivel del mar la dispersión presenta una marcada correlación entre las temperaturas más bajas en invierno en zonas con alturas cercanas a 296.0 m mientras, el rango de temperaturas en invierno fue de 14.0 grados en un desnivel máximo de 95 m. La dispersión es similar para todas las alturas, mostrando un máximo relativo alrededor de 290 m (ver Figura 3).

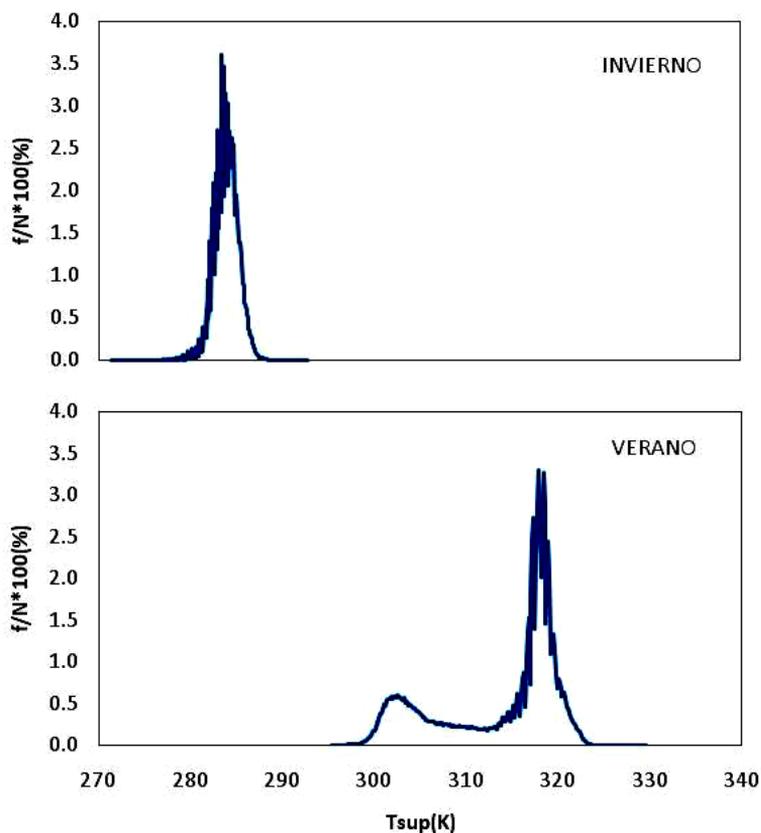
En verano la diferencia de temperatura entre las zonas más bajas y las ubicadas en la meseta es mucho mayor, siendo la diferencia de temperatura 29.6 grados. Para temperaturas menores a 300 K y alturas menores a 299.0 m la variabilidad de

temperatura es marcada fluctuando entre 322 K y 296 K, mientras que en las zonas elevadas la variabilidad es aproximadamente 10 grados, pero la temperatura de la superficie es mayor a 312 K.

De acuerdo con lo analizado anteriormente la distribución de frecuencias porcentuales de la temperatura de superficie en invierno, presenta un solo máximo alrededor de 286 K (12°C), mientras que en verano se presenta un máximo cercano alrededor de 302 K y otro cerca de 318K que puede asociarse a las zonas de valle irrigado y meseta respectivamente como se muestra en Figura 3.

A partir de las imágenes enumeradas en la tabla 1, se calculó el promedio espacial de temperatura. El análisis se centró en áreas sin asentamientos urbanos. Se destacan áreas con mayor temperatura en los bordes de la meseta.

Las Figuras 5 y 6 muestran la distribución espacial de la temperatura de superficie media en los eventos analizados de invierno y verano. En verano se puede diferenciar más claramente la zona cultivada, lo que sería indicativo de los cambios fenológicos de los cultivos y de los mayores contrastes de temperatura debidos al calentamiento diferencial de las superficies a partir de la mayor disponibilidad energética por unidad de área en verano. El área ribereña puede ser delimitada como un área con menor temperatura en verano. Las áreas en las cercanías del río y la región ubicada al sudeste presentan valores de temperatura entre 4°C y 5°C menores que el área cercana, mientras que las zonas de mayor pendiente ubicadas hacia el norte presentan temperatura aproximadamente 4°C mayor que las ubicadas al este y el área sobre la meseta presenta las mayores temperaturas tanto en invierno como en verano.

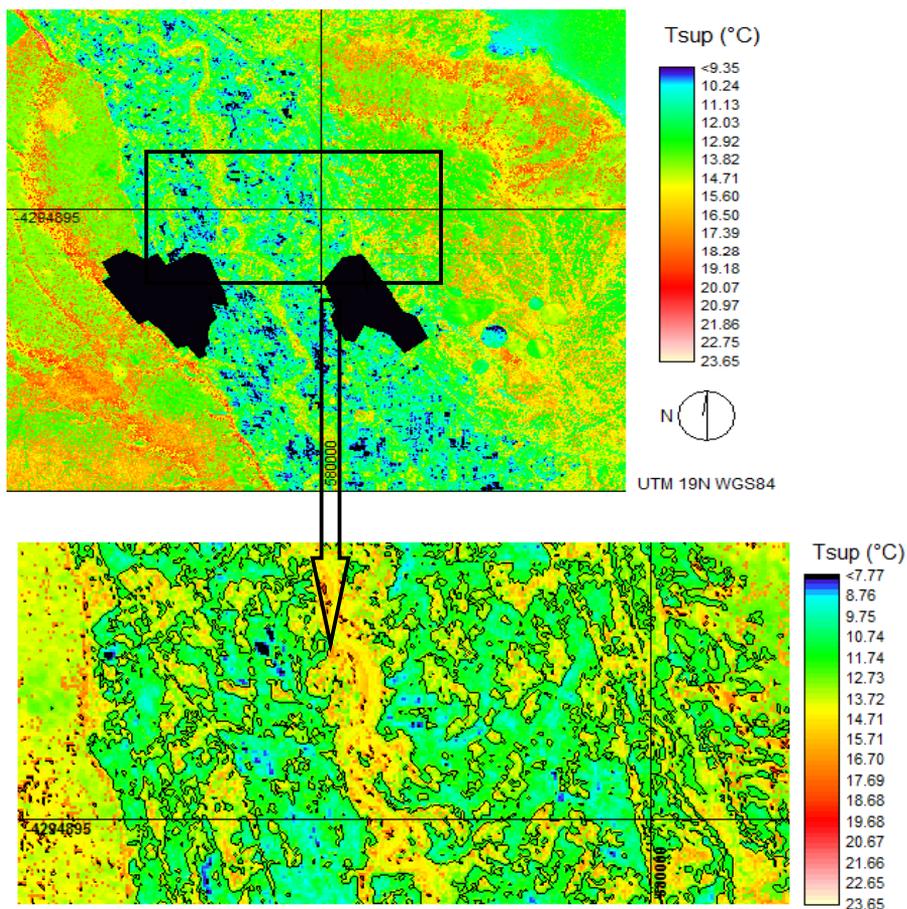


**Figura 4:** Distribución de frecuencias de temperatura de superficie en invierno (arriba) y en verano (abajo)

En ambas figuras se observa discriminación de zonas asociadas a los patrones de topografía (ver Fig.1). Las zonas donde las mayores pendientes reciben mayor radiación solar presentan asociación con zonas de anomalías positivas de temperatura de superficie.

La zona cercana al río o al lago presentan mayores valores relativos de temperatura en invierno. Las laderas expuestas mas directamente a la luz solar presentan en invierno temperatura del suelo entre 17.5°C y 18.5°C mientras que las ubicadas al este de la zona de estudio, alcanzan entre 13.5°C y 14.5°C a la hora de pasada del satélite. En ambos casos se muestra en mayor detalle un área aumentada donde se discriminan mejor las diferencias mencionadas.

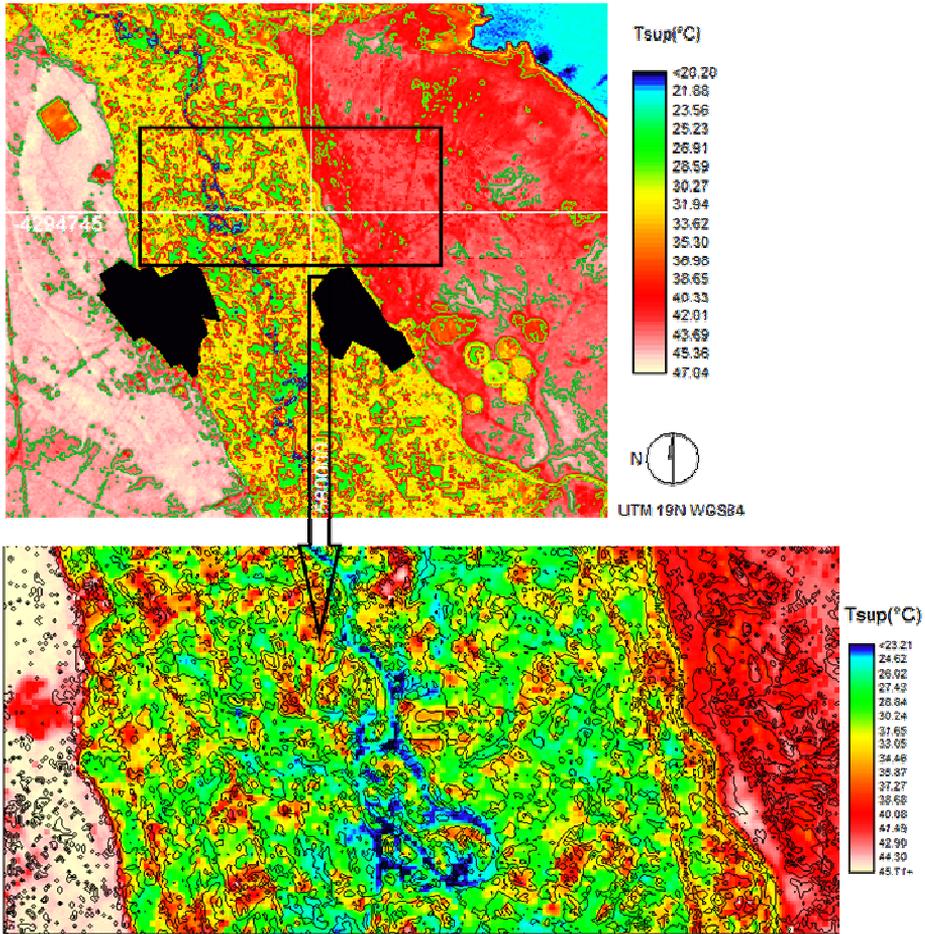
El tiempo de re visita del satélite LANDSAT es una de las desventajas de su utilización en aplicaciones meteorológicas ya que no permite análisis que involucren situaciones que varíen en períodos menores dicho lapso.



**Figura 5:** Temperatura de superficie media (invierno, 14:00 UTC) en el valle del río Neuquén a partir de imágenes Landsat7 ETM+ (ver tabla1) y ampliación de sector señalado (abajo). (cortesía del USGS).

Los polígonos en negro incluyen la digitalización de las áreas urbanas de Centenario y Cinco Saltos.

Las áreas asociadas a zonas más húmedas o expuestas a los rayos solares son fácilmente distinguibles en los resultados del análisis. Las pasadas corresponden aproximadamente a las 14 UTC, por lo que corresponden a la hora de la máxima temperatura del aire.



**Figura 6:** Temperatura de superficie media (verano, 14:00 UTC) en el valle del río Neuquén a partir de imágenes Landsat7 ETM+ (ver tabla1) y ampliación de sector señalado (abajo). (cortesía del USGS).

## **Conclusiones**

Del análisis puede mencionarse que a la hora de pasada del satélite LANDSAT, la temperatura de superficie en escenas analizadas presenta comportamiento diferente en promedio en invierno y en verano.

La distribución espacial de la temperatura de superficie muestra concordancia con la variabilidad espacial de la topografía.

En verano la diferencia de temperatura entre las zonas más bajas y las ubicadas en la meseta es mucho mayor, alcanzando dicha diferencia los 29.6 grados. La variabilidad de temperatura en las zonas elevadas es aproximadamente 10 grados.

En verano se puede diferenciar más claramente la zona cultivada, lo que estaría relacionado con los cambios fenológicos de los cultivos y con el ángulo de incidencia solar lo que se asociaría con mayores contrastes de temperatura por el calentamiento diferencial de las superficies.

La determinación de la temperatura de superficie utilizando datos térmicos de los satélites LANDSAT ETM+ presenta dificultad a la hora de efectuar la corrección atmosférica ya que cuenta con una sola banda en el espectro térmico y es necesario el cálculo de parámetros como emisividad, transmitancia y radiancia hacia arriba y abajo. Sin embargo, la alta resolución espacial hace el estudio térmico infrarrojo de estos satélites, muy atractivo desde el punto de vista de la escala local y regional.

En el caso del uso de la imagen LANDSAT con fines topometeorológicos, la resolución espacial de la información es detallada pero la resolución temporal es muy baja, por lo que dichas imágenes presentan interés en estudio del campo medio y solamente en situaciones diurnas, debido al horario de visita del satélite en la zona. Esto es una limitante a la hora de encarar estudios relacionados con la determinación de temperatura mínima.

Las imágenes Landsat 7 ETM+ brindan información de las variaciones espaciales de la temperatura de superficie con 60 m de resolución.

En el análisis se destacan áreas con mayor temperatura en los bordes de la meseta tanto en invierno como en verano. Los patrones asociados a zonas cercanas al río, zonas de chacras y meseta con suelo más descubierto son fácilmente identificables por su diferencia de temperatura.

En verano se puede diferenciar más claramente la zona cultivada, lo que sería indicativo de los cambios fenológicos de los cultivos y de los mayores contrastes de temperatura debidos al calentamiento diferencial de las superficies a partir de la mayor disponibilidad energética por unidad de área en verano.

Las zonas donde las mayores pendientes reciben mayor radiación solar presentan asociación con zonas de anomalías positivas de temperatura de superficie.

La distribución de temperatura obtenida en ambos casos presenta concordancia con la variabilidad espacial de la topografía.

## **Referencias**

BARSI, J.A, SCHOTT, J.R, PALLUCONI, F:D:, HOOK, S.J., (2005) Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments, **Proc. SPIE vol 5882**.

BARSI, J.A., BARKER, J.L. ; SCHOTT, J.R. (2003) An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. **IGARSS03**, 21-25 July 2003, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, France.

LANDSAT PROJECT SCIENCE OFFICE, (2002). **Landsat 7 Science Data User's Handbook**. Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD.

LI, F.; JACKSON, T.; KUSTAS, W.; SCHMUGGE, T.; FRENCH, A.; COSH, M.AND BINDLISH, R.(2004) Deriving land surface temp. from Landsat 5 and 7 during SMEX02 /SMACEX. *Remote Sensing of Environment*, vol. 92, issue 4, 521 – 534.

TUCKER, C. J., GRANT, D. M., & DYKSTRA, J. D. (2004). NASA's global orthorectified landsat data set. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 70, 313–322.

VAN DE GRIEND, A. A. AND OWE, M. (1993) On the relationship between thermal emissivity and the normalized different vegetation index for natural surfaces. **International Journal of Remote Sensing**, vol.14, N6, 1119–1131.

ZHANG, J.; WANG Y.; AND LI, Y. (2006) C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. **Computers & Geosciences**, vol. 32 1796–1805.