

# **Análisis comparativo preliminar de la variabilidad temporal del índice de vegetación en las áreas metropolitanas forestadas. Casos de estudio: La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín**

**TEMPORAL VARIABILITY OF VEGETATION INDEX IN FORESTED METROPOLITAN AREAS. A PRELIMINARY COMPARATIVE ANALYSIS OF LA PLATA, MENDOZA, SANTIAGO DE CHILE AND TURIN CITIES**

**Mariela Edith Arboit**

Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales, CONICET

**César Cucchiatti**

Universidad de Mendoza

**Dora Silvia Maglione**

Universidad Nacional de la Patagonia Austral

## **Resumen**

El trabajo estudia la variabilidad del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en cuatro áreas metropolitanas, a partir de imágenes satelitales para los períodos estivales 1986-2011. Metodológicamente se realizó un análisis comparativo preliminar de correlaciones y estimación de tendencias, de importancia para comprender la interrelación entre morfología urbana e infraestructura verde.

Los resultados indican una tendencia general descendiente de valores medios de NDVI. En el área metropolitana de Turín la variación del índice no resultó significativa.

Se determinaron correlaciones negativas fuertes entre NDVI y población, correlaciones negativas moderadas entre NDVI y el tamaño del área metropolitana; mientras las correlaciones preliminares entre NDVI y las variables climáticas, no siguieron el mismo esquema en las distintas áreas metropolitanas.

A futuro se espera definir criterios de diseño urbano en áreas metropolitanas forestadas, que permitan gestionar, diseñar e implementar respuestas de diseño viables en el marco del desarrollo urbano ambiental y energéticamente sostenible.

**Palabras Claves:** índice de vegetación, morfología urbana, desarrollo sostenible.

### **Abstract**

The knowledge of current conditions and recent changes in urban vegetation cover has begun through the analysis of temporal variability of the “normalized difference vegetation index” (NDVI) of four forested cities, comparing the images provided by satellite data for the summer periods 1986-2011. Methodologically, a preliminary comparative analysis of correlations and trend estimation was carried out, of importance for understanding the interrelationship between urban morphology and green infrastructure.

The results obtained indicate a general decreasing tendency of mean NDVI values. In the Turin metropolitan area, the index variation was not significant. Negative correlations were determined between NDVI and population, moderate negative correlations between NDVI and the size of the metropolitan area; while preliminary correlations between NDVI and climate variables did not follow the same scheme in the different metropolitan areas.

In the future, it is hoped to define criteria of urban design appropriate for forested cities, which will enable the sectors responsible for the protection of the habitat to manage, design and implement feasible design responses towards the future, within the framework of urban and environmentally sustainable energy development.

**Key words:** vegetation index, urban morphology, sostenible development

## **INTRODUCCIÓN**

El constante crecimiento que va incrementando en forma exponencial la población mundial, el consumo de los recursos no renovables, la contaminación, la tasa de urbanización en países en desarrollo, se torna particularmente crítico en los ámbitos urbanos y requiere del estudio de la morfología urbana actual y previsible en el futuro que permita establecer pautas de evolución sin obstaculizar el uso pleno de los recursos naturales: radiación solar, iluminación natural y ventilación

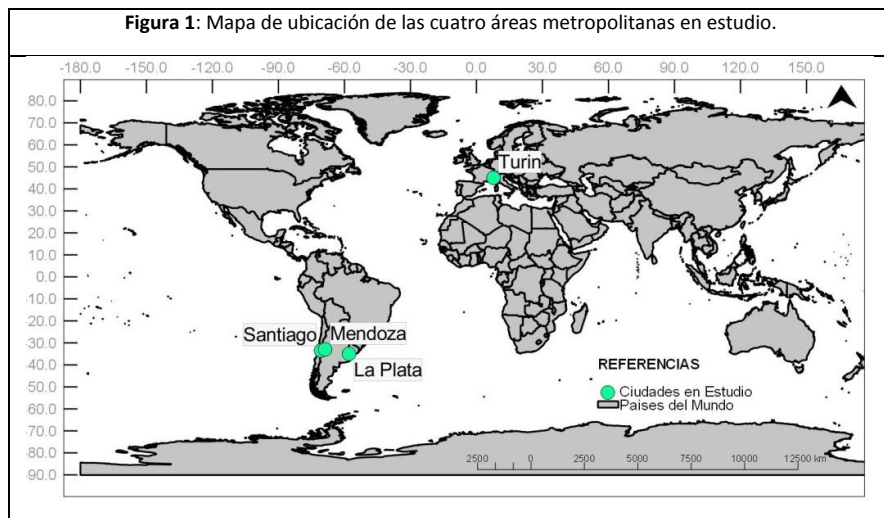
---

natural. El crecimiento no planificado lleva a un consumo intensivo de recursos naturales. Las áreas interrelacionadas del hábitat y la energía ocupan una posición central en la problemática del ambiente global. El desarrollo del potencial de eficiencia energética en el ámbito urbano-edificio requiere de la implementación de políticas de control de la morfología que respondan a los objetivos específicos de planificación urbana y energética en sus correspondientes niveles de intervención. En el campo científico, mucho se ha discutido acerca de la interrelación entre consumo de energía y morfología urbana (Owens, 1986; Givoni, 1998; Breheny, 1996; Mascaró, 1996). El balance de energía a nivel urbano ha sido definido por Oke (1988), pero la ecuación es difícil de resolver por la complejidad de las superficies urbanas y la variación de indicadores en cada punto dentro de la ciudad, por lo que requiere de simplificaciones. En tanto la energía disponible para calentar el aire, el suelo o evaporar el agua es dependiente del balance de radiación.

La contribución del arbolado urbano en la mejora del microclima, de la calidad del aire y de vida está muy bien documentada (Bernatzky, 1982; Rowntree, 1986; McPherson, 1992; Santamouris, M. 2000), con beneficios como la reducción de la isla de calor, la disminución de CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> entre otros beneficios de absorción de contaminantes y la reducción de la polución del aire. La temática referida a los beneficios regionales de los árboles y la reducción de la isla de calor urbano son muy amplias y registran en los últimos años un aumento exponencial de investigaciones y trabajos alcanzados (Akbari, 2002; Block et al, 2012; Simpson, 2002; Tooke et al, 2011, Armson et al, 2012; Loughner, 2012). Los beneficios de refrigeración del arbolado en la estación cálida están determinados por dos factores principales:

1. la reducción del acceso a la radiación solar, de las superficies por debajo de la copa del arbolado que permite una reducción de las cargas térmicas de los edificios y habitabilidad de los espacios públicos abiertos (Gómez Muñoz et al, 2010; Heisler, 1986).
2. la evapotranspiración, usando un porcentaje de la radiación que interceptan para evaporar el agua de sus hojas (Monteith and Unsworth, 1990).

El enfriamiento depende además de la morfología urbana y su disposición espacial. En la microescala, la forma urbano-edilicia tiene un impacto energético significativo.



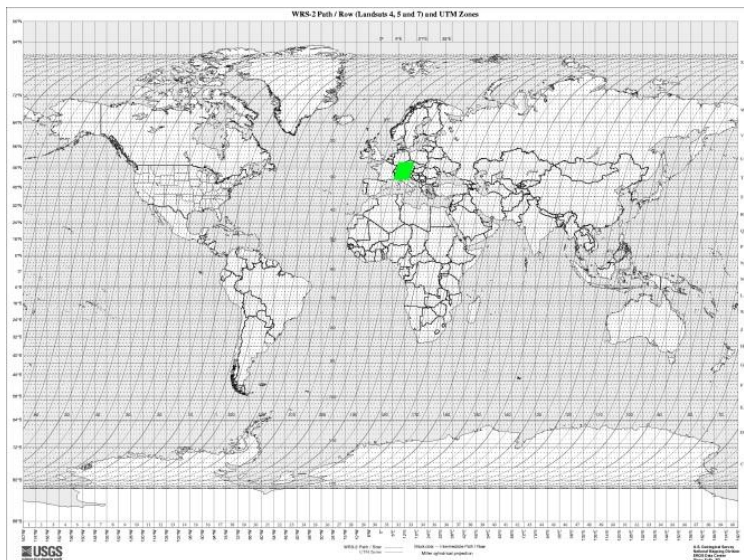
En el marco de la red interuniversitaria “Morfología Urbana y Sostenibilidad Energético-Ambiental”<sup>1</sup>, se comenzó a trabajar la temática de interrelación de la morfología urbana, infraestructura verde y energía en las cuatro áreas metropolitanas.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la variabilidad multitemporal del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en las áreas metropolitanas forestadas de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín (Figura 1), a fin de

<sup>1</sup> RED UNIVERSITARIA: a) Universidad de Mendoza (Argentina). Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad de Mendoza; b) Universidad Nacional de La Plata (Argentina). Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) Universidad Nacional de La Plata (UNLP); c) Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Grupo CLIOPE Energía, ambiente y desarrollo sustentable. Facultad Regional Mendoza; d) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológica CONICET (Argentina). Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales- INCIHUSA- CONICET; e) Politecnico di Torino (Italia). Dipartimento di Energetica (DENERG).

realizar un análisis comparativo preliminar de correlaciones y de estimación de tendencias.

**Figura 2:** Sistema Mundial de Referencia. Imágenes Satelitales. Path (194) Row (29) para la zona de análisis de Turín. Ref: Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).



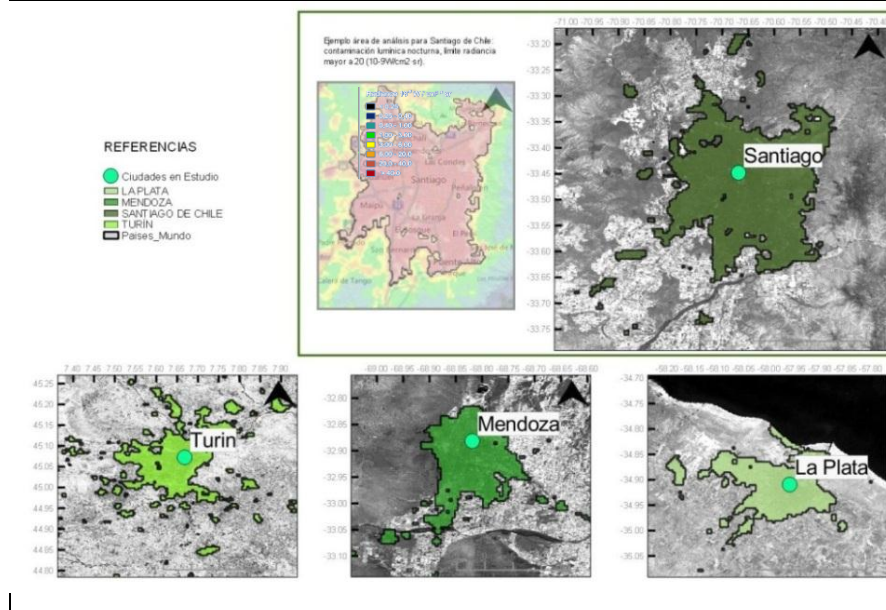
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/the-worldwide-reference-system/>

	Path	Row
La Plata	225	84
Mendoza	232	83
Santiago de Chile	233	83

**Áreas de estudio.** Se determinaron las superficies de análisis de las áreas metropolitanas de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín, a partir de

imágenes de contaminación lumínica nocturna ([www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info)) considerando como límite una radiancia mayor a 20 ( $10^{-9}W/cm^2\cdot sr$ ) y la mancha urbana principal como casos de estudio (Figura 3).

**Figura 3:** Imágenes satelitales en superposición con las cuatro áreas metropolitanas en estudio, (escenas verano de 2011). Ref: NASA Official. <https://landsat.gsfc.nasa.gov>.



## METODOLOGÍA

Se han analizado los cambios en la vegetación en los centros urbanos a partir de datos satelitales Landsat 5 en el período 1986-2011. Las imágenes están compuestas por 7 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros x 30 metros para las bandas 1 a 5 y 7; con una repetición de cobertura cada 16 días. El tamaño de la escena es de 170km norte-sur por 183km este-oeste y una resolución radiométrica 8bits que posee 256 niveles de grises. Metodológicamente se prepararon los antecedentes cartográficos en entorno GIS de las cuatro áreas metropolitanas en estudio (Figuras 2 y 3), se seleccionaron las imágenes para las estaciones de verano en condiciones de cielo claro (con ausencia

de nubosidad), posteriormente se realizó la georreferenciación. Se preprocesaron los datos para eliminar las perturbaciones de las interferencias con correcciones geométricas, radiométricas y atmosférica (Moran et al., 1992; Chavez, 1996; Masek et al., 2006), sin considerar los impactos de los cambios en la órbita de Landsat 5 (Zhang, 2016).

**Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).** El índice proporciona la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación, es útil para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, la absorción de energía por la cobertura arbórea, el funcionamiento en el ecosistema, la identificación de ecorregiones y el seguimiento de patrones fenológicos con los cambios estacionales y de crecimiento. Se obtiene a partir del contraste entre la banda del rojo y la del infrarrojo cercano. Las siguientes ecuaciones responden al índice:

(1)

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{R}) \div (\text{IRC} + \text{R})$$

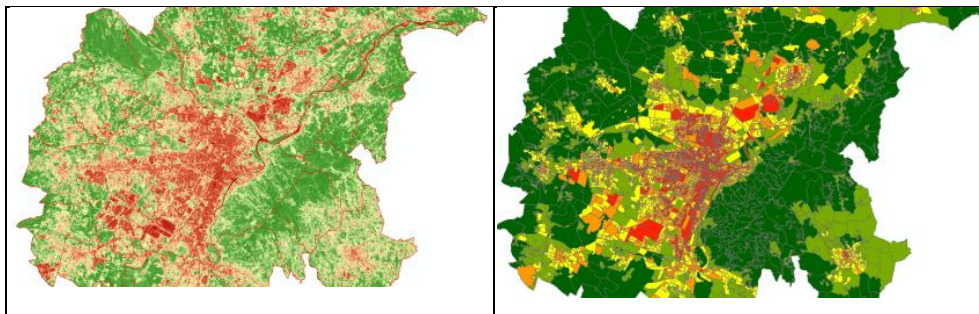
(2)

$$\text{NDVI} = (\text{banda 4} - \text{banda 3}) \div (\text{banda 4} + \text{banda 3})$$

Los resultados del NDVI varían entre -1 y +1; valores altos revelan actividad fotosintética de la cubierta vegetal (fenología foliar) y una estrecha relación con la evapotranspiración (Tucker & Sellers, 1986), valores bajos indican situaciones de escasa o nula cubierta vegetal y baja actividad fotosintética (Figura 4 y 5); valores negativos corresponden principalmente a rasgos del paisaje no vegetativos (agua/nieve).

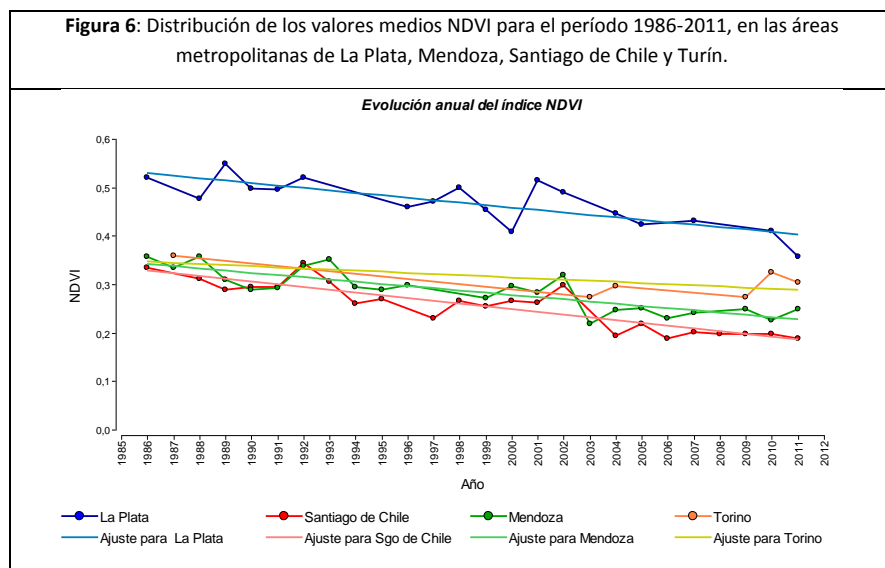
**Figura 4:** Resultado NDVI para la imagen satelital del área metropolitana de Turín escena 23/07. Fuente: G. Mutani.

**Figura 5:** Índice medio NDVI para cada sección catastral del área metropolitana de Turín escena 23/07. Fuente: G. Mutani.



## RESULTADOS

Los resultados alcanzados indican una tendencia general descendiente de valores medios de NDVI en las áreas metropolitanas en estudio (Figura 6)<sup>2</sup>.



Existe un descenso en los valores de NDVI para las áreas metropolitanas de La Plata, Santiago de Chile y Mendoza. Turín no posee variación significativa del índice ( $p$ -valor=0.1765). Siendo el nivel de descenso de Santiago de Chile

<sup>2</sup> El análisis de los datos se ha realizado con el software Infostat (Di Rienzo et al.,2018)



estadísticamente diferente al área metropolitana de Mendoza ( $p$ -valor=0.01115), (Tabla 1).

**Tabla 1:** Valores para las pendientes de descenso.

Áreas metropolitanas	Pendiente estimada	p-valor
Santiago de Chile	-0.0057	<0.0001
La Plata	-0.0050	0.0001
Mendoza	-0.0046	<0.0001
Turín	-0.0023	0.1765

Para los valores medio de los índices de NDVI en el periodo considerado hay diferencias significativas por áreas metropolitanas y por años (ambos  $p$ -valores son menores a 0.0001). El mayor valor para NDVI corresponde al área metropolitana de La Plata (0.4680), y el menor a Santiago de Chile (0.2550), todos son estadísticamente diferentes salvo Mendoza y Turín, cuyos valores son 0.2865 y 0.3059 respectivamente (Tabla 2).

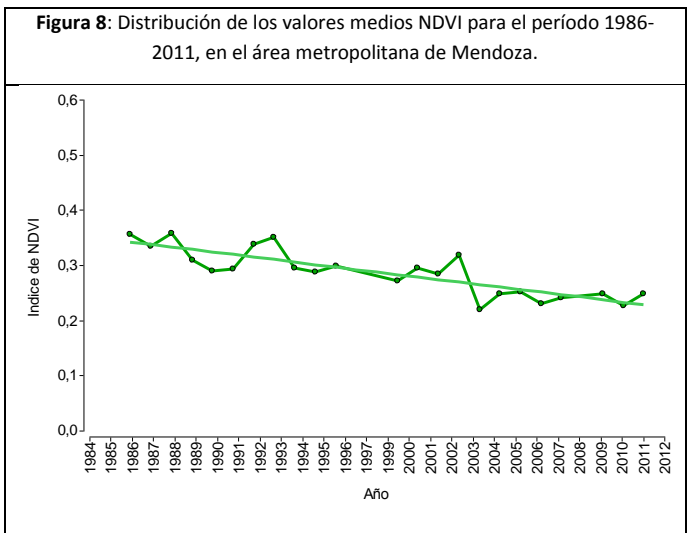
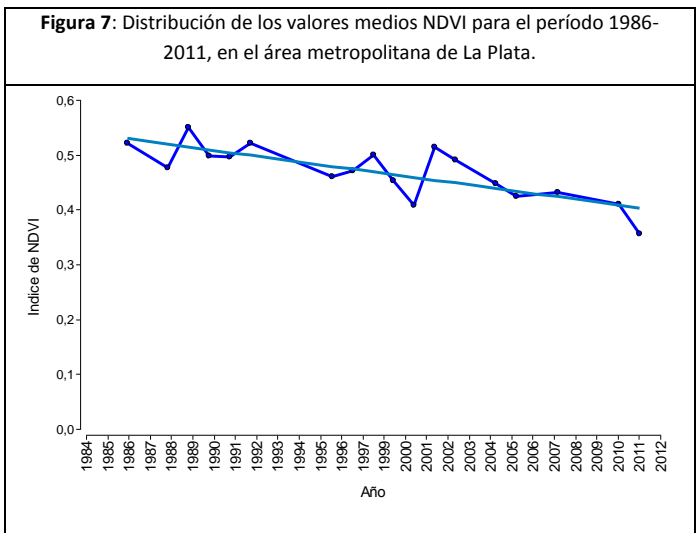
**Tabla 2:** Test LSD Fisher  $\alpha=0.05$

Áreas metropolitanas	Medias	E.E.	*		
Santiago	0.2550	0.0045	A		
Mendoza	0.2864	0.0045		B	
Turín	0.3049	0.0088		B	
La Plata	0.4680	0.0051			C

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

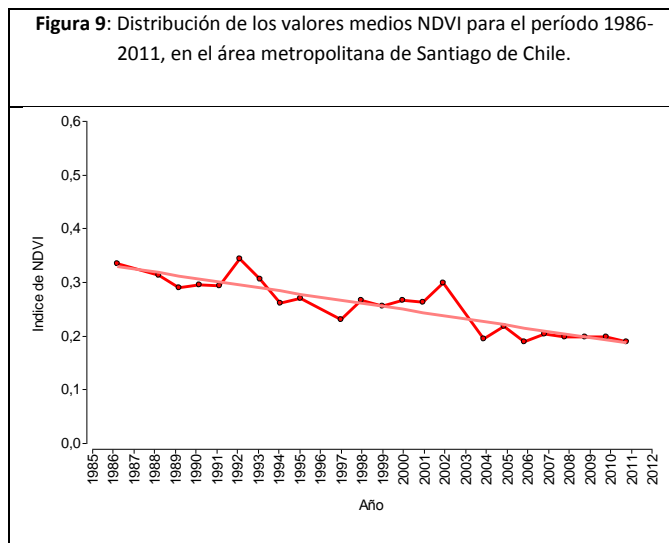
La Plata posee el índice más alto de valor medio de NDVI igual a 0.4680 y resulta ser el más favorable desde el punto de vista del verde urbano. En el año 1989 se registró el mayor valor del índice (0.5490) y el menor fue en 2011 (0.3566). Los resultados obtenidos, en el análisis temporal, indican una tendencia general descendente de valores medios del índice de vegetación (Figura 7), siendo la pendiente de descenso anual estimada de -0.0050.

En Mendoza el valor mínimo fue registrado en 2003 con un NDVI de 0.2184. Los valores máximos se registraron en 1986 con un NDVI de 0.3566 y en 1988 con un valor de 0.3576 (Figura 8). Para esta área metropolitana la pendiente de descenso es -0.0046 y el valor medio del índice en el periodo bajo estudio es de 0.2864.

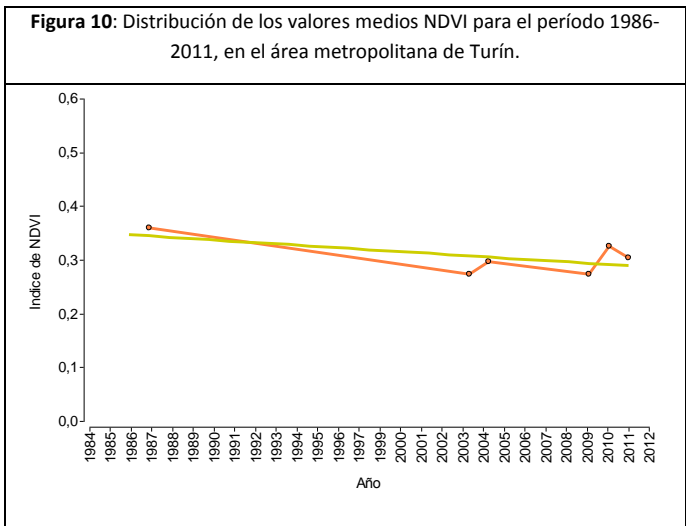


En el área metropolitana de Santiago de Chile, la caída en los valores es más evidente, el valor estimado de descenso anual es de -0.0057. Se observa un rango

de valores para NDVI entre un mínimo de 0.1879 en 2011 y un máximo de 0.3433 en 1992 (Figura 9). Además el valor medio del índice es de 0.2550.



Turín es el núcleo urbano que mejor ha mantenido el índice de vegetación, con una reducción (aunque no es estadísticamente significativa) y un valor medio NDVI de 0.3049 en el período 1987-2011. El pico máximo registrado fue en 1987 con un valor NDVI de 0.3584 (Figura 10).



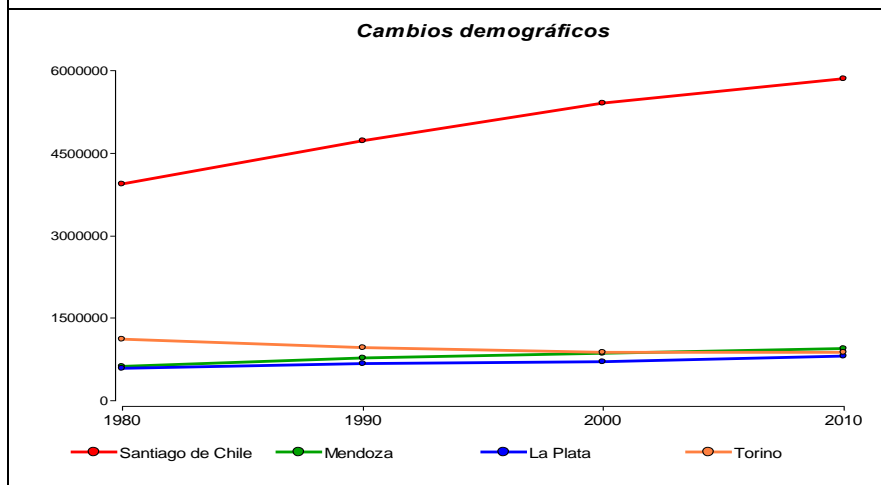
**Correlación preliminar entre NDVI, los censos poblacionales y las áreas metropolitanas.** En la Tabla 3 y Figura 11 se muestra la evolución demográfica en el período de análisis.

Tabla 3: Datos demográficos de censos de población\*.

	1980	1990	2000	2010
La Plata	584.650	664.903	705.909	799.523
Mendoza	612.777	773.113	848.732	937.154
Santiago de Chile	3.937.277	4.724.776	5.397.135	5.842.259
Turín	1.117.154	962.507	865.263	872.367

\*Argentina INDEC (1980, 1991, 2001,2010); Chile INE (1982, 1992, 2002,2012); Italia ISTAT (1981, 1991, 2001,2011)

**Figura 11:** Tendencia demográfica histórica reciente de las áreas metropolitanas de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín.



Todas las correlaciones entre población y el índice NDVI son negativas (a medida que aumenta la población disminuye el índice de vegetación, siendo mayor el descenso en Santiago de Chile, Mendoza y La Plata, con las siguientes correlaciones  $-0.941$ ,  $-0.846$  y  $-0.722$ . Es decir, mientras mayor es la pendiente de crecimiento demográfico mayor es el descenso NDVI. No se ha considerado el área metropolitana de Turín por la falta de disponibilidad de datos satelitales libres de nubosidad para la totalidad de la estación de verano de los años censales, dicha área metropolitana fue la única con una variación porcentual negativa de población del  $-4.6\%$  (1981-1991) y del  $-3.2\%$  (1991-2001) y es la única área metropolitana en estudio cuya pendiente de NDVI puede considerarse cero.

Existe además, una correlación negativa moderada entre el tamaño del área metropolitana y el valor medio del índice de NDVI ( $-0.5344$ ), (Tabla 4).

### **Correlación preliminar entre NDVI y las variables climáticas principales.**

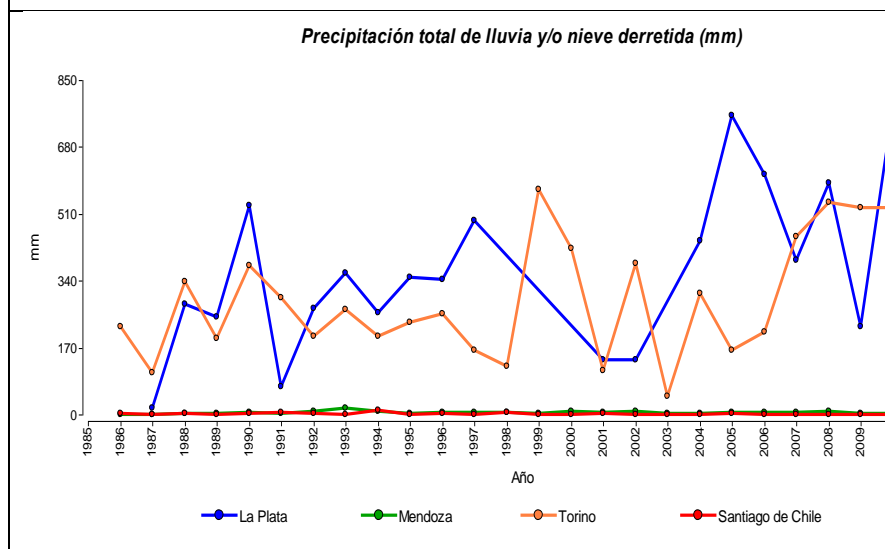
Se ha estudiado la evolución temporal de las principales variables climáticas de temperatura y precipitaciones, incluyendo los datos de humedad para cada área metropolitana.

**Tabla 4:** Superficie de las metrópolis de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín.

	hectáreas	NDVI
La Plata	24191.47	0.468
Mendoza	25174.99	0.286
Santiago de Chile	72060.94	0.255
Turín	25194.34	0.305

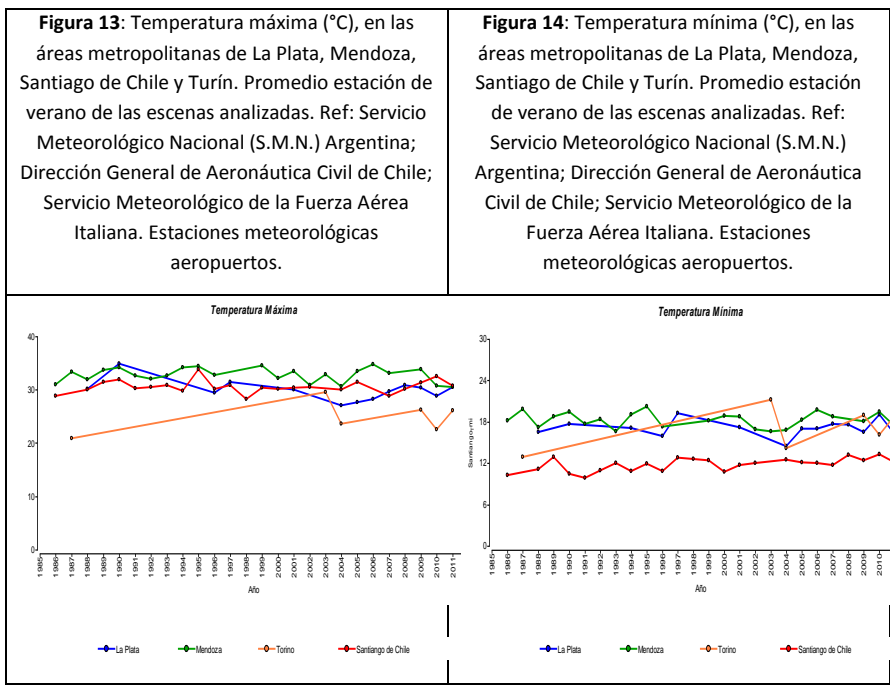
En las distintas áreas metropolitanas, la correlación entre el valor de NDVI y las variables climáticas: temperatura máxima, mínima y precipitación; no siguen el mismo esquema (Figuras 12, 13 y 14).

**Figura 12:** Precipitación total de lluvia y/o nieve derretida (mm), en las áreas metropolitanas de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín. Ref: Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.) Argentina; Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile (DGAC); Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Italiana. Estaciones meteorológicas de aeropuertos.



Para el área metropolitana de Santiago de Chile, existe una correlación moderada negativa entre NDVI y temperatura mínima ( $r=-0.6000$ ). En La Plata una correlación

moderada negativa entre NDVI y la precipitación ( $r=-0.5849$ ). Para el área metropolitana de Turín, existe correlación negativa alta entre NDVI y temperatura máxima ( $r=-0.8713$ ) y temperatura mínima ( $r=-0.7865$ ).



**Tabla 5:** Valores medios anuales históricos de precipitación (PP), humedad (H) y temperatura media (T) para La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín.

	Precipitación (mm)	Humedad (%)	Temp. media (°C)	NDVI medio
La Plata	1007	77	15.8	0.468
Mendoza	189.7	56	16.7	0.286
Santiago de Chile	312.5	71	14.4	0.255
Turín	981	75	12	0.305

Si se calcula la correlación entre las medias anuales de las variables climáticas Precipitación (mm), Humedad (%) y Temperatura media (°C) con la media del índice NDVI para las cuatro ciudades consideradas, se observa que existe una correlación positiva alta entre precipitación y el índice de NDVI ( $r=0.700$ ) y una correlación positiva moderada entre Humedad relativa y NDVI ( $r=0.509$ ) (Tabla 5).

## CONCLUSIONES

Se realizó un análisis comparativo preliminar de la variabilidad del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en las áreas metropolitanas de La Plata, Mendoza, Santiago de Chile y Turín. El análisis estadístico de los resultados para el período de estudio 1986-2011 determinó una tendencia general descendiente de valores medios de NDVI en las áreas metropolitanas en estudio.

El área metropolitana de Santiago de Chile es la más comprometida desde el punto de vista de índice verde, con el menor valor medio NDVI para el período (1986-2011) y el mayor descenso del índice anual de las cuatro áreas metropolitanas estudiadas. Son concluyentes el impacto por el crecimiento demográfico, tamaño de la ciudad y variables climáticas (bajas precipitaciones anuales y correlación moderada negativa entre NDVI y temperatura mínima).

El área metropolitana de La Plata es la más favorable desde el punto de vista de los valores medios del índice de vegetación, para el período de estudio. Si bien es el área metropolitana en estudio con menor cantidad de habitantes, menor en extensión, valores medios anuales históricos de precipitación (PP), humedad (H) altos; se ubicó en el segundo lugar con mayor descenso NDVI (después de Santiago de Chile), por lo tanto deberían considerarse acciones para resolver la tendencia de la pendiente significativa descendente en la cobertura vegetal.

Mendoza ubicada en una latitud similar a las dos anteriores, posee la menor pendiente de descenso de valores NDVI en el período 1986-2011 de las áreas metropolitanas latinoamericanas en estudio, pero con bajo valor medio NDVI posicionada sólo después de Santiago de Chile. Mendoza y Turín son estadísticamente iguales en lo referente a valor medio NDVI; con aproximación en las escalas dimensional y demográfica y diferencias en las variables climáticas analizadas.



---

Turín, además, es la única área metropolitana cuya pendiente de NDVI en el periodo 1986-2011 puede considerarse cero, y la única con una variación porcentual negativa de población (años 1981- 2001).

En términos generales, es también concluyente el impacto de las variables climáticas de precipitación y humedad sobre el índice NDVI.

El presente trabajo preliminar, ha permitido actualmente el estudio del NDVI en las áreas urbanas a escala de secciones catastrales (Mendoza, Turín y La Plata) y conocer la distribución espacial y temporal los índices de vegetación en dichas ciudades a escalas diversas.

**Agradecimientos:** En los aspectos metodológicos de datos satelitales al Dr. Mariano Masiokas, (IANIGLA-CONICET), en uso de SIG a nivel urbano Dra. Guglielmina Mutani (Politecnico di Torino), en aspectos territoriales Dra. Gladys Molina (INCIHUSA-CONICET), en datos e información a Soledad García Barrozo (Universidad de Mendoza).

Reconocimiento al financiamiento del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y de la Universidad de Mendoza. La mayor parte del trabajo presentado en este trabajo se realizó en el marco de los proyectos de investigación: 1. "Morfología Urbano-edilicia y sostenibilidad energético ambiental en ciudades forestadas con climas secos", PPI-FAUD-UM. 2. PIP-11220130100407 (CONICET) y 3. UE CONICET 2017-2022. 22920170100036.

## BIBLIOGRAFÍA

AKBARI, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO<sub>2</sub>emissions from power plants. *Environ. Pollut.* 116, S119–S126.

ARMSON, D., Stringer, P., Ennos, A.R. (2012). The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forest. Urban Greening* 11, 245–255.

BERNATZKY, A. (1982). The contribution of trees and green spaces to a town climate. *Energy Build.*

BLOCK, A.H.; LIVESLEY, S.J., WILLIAMS, N.S.G. (2012). Responding to the Urban HeatIsland: A Review of the Potential of Green Infrastructure. Victorian Centre forClimate Change Adaptation Research Melbourne.

BREHENY, M. (1996). *Centrist, Decentrists and Compromisers in The Compact City*. E & FN Spon, London.

CHAVEZ, Pat S. Jr. (1996). Image-Based Atmospheric Corrections— Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 62 9: 1025-1036.

Dirección Meteorológica de Chile. Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. <http://www.meteochile.cl/>

DI RIENZO J.A., et al. (InfoStat versión 2018). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Earth Observation Group. NOAA National Geophysical Data Center. [https://ngdc.noaa.gov/eog/night\\_sat/nightsat.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/night_sat/nightsat.html) and [www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info)

GIVONI, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons, Inc., USA.

GÓMEZ MUÑOZ, V.M., PORTA GÁNDARA, M.A., FERNÁNDEZ, J.L. (2010). Effect of tree shades in urban planning in hot-arid climatic regions. *Landscape Urban Planning*. 94,149–157.

HEISLER (1986). Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. *Urban Ecology Volume 9, Issues 3–4*, 337-359. Special Issue Ecology of the Urban Forest II.

INDEC. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina 2010. <http://www.indec.gob.ar/>.

INE. Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. <http://nuevoportal.ine.cl/>

IRONS, James R. NASA Official. Landsat Science. (Actualización julio 6. 2017). <https://landsat.gsfc.nasa.gov/the-worldwide-reference-system/>.

ISTAT. Istituto Nazionale di Statistica. <https://www.istat.it/>

LOUGHNER, C.P. (2012). Roles of urban tree canopy and buildings in urban heat island effects. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 51, 1775–1793.

MASCARÓ, L. (1996). *Ambiencia urbana*. European Comisión, Directorate-General XVII, Energy. Faculdade de Arquitetura UFRGS. Sagra D.C. Luzzato Editores, Porto Alegre.

MASEK, J. G., et al. (2006). A Landsat surface reflectance data set for North America, 1990 – 2000. *Geosci. Remote Sens. Lett.*, 3, 68 – 72.

MCPHERSON, E. G. (1992). Accounting for benefits and cost of urban greenspace. *Landscape and Urban Planning*.

MONTEITH, J.L. y UNSWORTH, M.H. (1990). *Principles of Environmental Physics*, 2da ed. Edward Arnold, Londres.

MORAN, M. S. et al. (1992). Evaluation of simplified procedures for retrieval of land surface reflectance factors from satellite sensor output. *Remote Sensing of Environment*, 41, 169±184.

OKE, T. R. (1988). The urban energy balance. *Prog. Phys. Geogr.* 12: 471–508.

OWENS, S. (1986). *Energy planning and urban form*. London: Pion Ltd.

ROWNTREE, R.A. (1986). Ecology of the urban forest - Introduction to Part II. *Urban. Ecology*, 9: 229-243.

SANTAMOURIS, M. (2000). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. James and Jamnes. London.

Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Italiana. <http://www.meteoam.it/>

Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. <https://www.smn.gob.ar/>

SIMPSON, J.R. (2002). Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy Build.* 34, 1067–1076.

TOOKE, T.R., et al. (2011). Tree structure influences on roof top-received solar radiation. *Landsc. Urban Plann.* 102, 73–81.

ZHANG, H.K., ROY, D.P. (2016). Landsat 5 Thematic Mapper reflectance and NDVI 27-year time series inconsistencies due to satellite orbit change. *Remote Sensing of Environment* 186, 217–233.

## LOS AUTORES

**Mariela Edith Arboit** es Arquitecta y Doctora en Arquitectura por la Universidad de Mendoza. Actualmente es Investigadora Adjunta del Instituto de Ciencias Humanas,

Sociales y Ambientales del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (INCIHUSA- CONICET). Se ha desempeñado como directora de proyectos REDES interuniversitarias internacionales, PICT-ANPCyT, PIP-CONICET, PPI-FAUD-UM y como integrante de proyectos en equipos de investigación nacionales e internacionales. Ha realizado numerosos servicios tecnológicos de alto nivel (STAN), proyectos de transferencia e informes técnicos. Ha sido profesora invitada del Politécnico de Turín y disertante en foros internacionales. Posee numerosos trabajos de producción científica en revistas de circulación internacional y capítulos de libros. Su área de experticia es Hábitat, en la temática morfología urbano-edilicia y sostenibilidad energético-ambiental en ciudades andinas de clima árido.

marboit@mendoza-conicet.gob.ar

**Dora S. Maglione** es Licenciada en Matemática y Magister en Estadística Aplicada, títulos obtenidos en la Universidad Nacional de Córdoba. Se desarrolla como docente investigadora en la Universidad Nacional de la Patagonia Austral y además es Directora del Instituto de Trabajo, Economía y Territorio en esta institución. Dentro del ámbito de la docencia universitaria, se desempeña como Asociada en cátedras del área de Álgebra Básica y Superior en el Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, y además en docente de la asignatura “Diseño experimental y técnicas de muestreo” de la Maestría en Manejo y Gestión de Recursos Naturales de la Patagonia. Sus publicaciones se encuentran inscriptas en dos líneas de trabajo, por un lado en cuestiones relacionadas al análisis estadístico de variables espacio-temporales, y por el otro a la enseñanza de la matemática utilizando herramientas tecnológicas.

dmaglione@uarg.unpa.edu.ar

**César Cucchietti** es Arquitecto graduado en la Universidad de Mendoza. Ha desarrollado actividades de investigación y prácticas profesionales supervisadas en el Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales, CCT CONICET Mendoza. Ha sido integrante del proyecto Fortalecimiento de Redes Internacionales 8 y PPI-FAUD-UM; con una activa participación en proyectos, congresos y concursos.

ampecofer@gmail.com