

CONDICIONES TÉRMICAS DE UN ESPACIO VERDE URBANO EN CLIMA ÁRIDO

M. Verónica Ripoll¹, Alejandra Kurbán², Alberto Papparelli³, Mario Cúnsulo⁴, Gabriela Roca⁵

INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)

*Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan
Santa Fe 198 (Oeste) 1° Piso, San Juan. Email: veronicaripoll@yahoo.com.ar.*

RESUMEN:

El trabajo expone resultados preliminares de un proyecto de investigación cuyo objetivo general es conocer las condiciones térmicas de un Espacio Verde Forestado en una ciudad ubicada en zona árida: caso de estudio Parque de Mayo, ciudad de San Juan. Se ejecuta un relevamiento arbóreo y urbanístico a microescala, calculándose sus respectivos valores e índices, según dos unidades espaciales: sectores circulares (en las direcciones cardinales principales) y grilla ortogonal (50m por 50m). Se realizan mediciones climáticas en los veranos 2009 y 2010 en 67 puntos, obtenidos aplicando dicha grilla. Se correlacionan los datos térmicos con los índices urbanos y arbóreos. Los resultados muestran una relación de disminución de la temperatura con el aumento de la Cobertura Arbórea y la Densidad Volumétrica Arbórea. Asimismo, la temperatura se incrementa a mayor superficie construida (senderos, calles interiores, construcciones menores).

Palabras Clave: Clima Urbano, Espacio Verde Forestado, Temperatura Urbana.

INTRODUCCIÓN:

El clima natural de San Juan es árido continental mesotermal de altura, con elevadas oscilaciones diurnas y anuales de temperatura; fuerte radiación solar en verano y nubosidad moderada distribuida uniformemente a lo largo del año; verano caluroso, con aire relativamente deshidratado e invierno frío con aire más húmedo; régimen estival de precipitaciones; viento prevalente del sector sur con ráfagas intensas asociadas con a tempestades de polvo luego del viento local Zonda (tipo föhen) (Papparelli et al., 2001). La alta radiación solar durante los meses cálidos incrementa el discomfort higrotérmico aumentando en consecuencia los requisitos de enfriamiento en los espacios abiertos públicos y los interiores edilicios. En los meses fríos este recurso solar disminuye obligando a su mayor aprovechamiento. Por tanto, el diseño bioclimático en zonas áridas, requiere normativas que garanticen para toda la población protección de los efectos del calentamiento urbano por efecto de la radiación solar en los meses cálidos y óptimas condiciones de acceso al sol en los meses fríos.

Desde el punto de vista de su contribución bioclimática en zonas áridas, en estudios anteriores (Kurbán et al., 2004), se analizó el aporte de la edificación, las calles y la forestación, en la modificación del clima macroescalar del Gran San Juan. Calculados como indicadores urbanísticos de: Masa Térmica (IME), Vial Urbano (IVU) y de Forestación Urbana (IFU), su cuantificación permitió identificar sus respectivos efectos concluyéndose que el IFU disminuye la temperatura urbana y aumenta la humedad relativa; es un indicador que se incrementa en verano y disminuye en invierno, y finalmente es el que tiene más incidencia en la fluctuación estacional higrotérmica. Por tanto, en zonas áridas mientras más extremas sean las condiciones climáticas existentes, más amplias serán las posibilidades de contribución de las áreas verdes y forestadas al amortiguamiento de dicha rigurosidad.

En el verano, los espacios verdes forestados disminuyen los efectos de la isla de calor, condición muy valiosa a la hora de definir estrategias de diseño urbano bioclimático que optimicen el potencial higrotérmico de las ciudades. En invierno la forestación con especies caducifolias permiten un mejor asoleamiento de los espacios abiertos y con ello una mayor incidencia de la radiación solar global en los edificios, mejorando las condiciones de confort físico en sus interiores.

El aprovechamiento de la forestación urbana para atenuar las condiciones de rigurosidad del clima urbano en los espacios abiertos públicos de zonas áridas, comporta una estrategia que colabora en la disminución de la carga térmica edilicia. De esa manera cada edificación estará sometida a menores temperaturas provenientes de su entorno urbano y por tanto su control en los interiores será más accesible. Sumado a ello, toda estrategia que propenda a la disminución del consumo energético de recursos fósiles es de importancia prioritaria en la contribución a la sustentabilidad ambiental.

¹ Becaria de Formación Doctoral CONICET

² Directora de Beca. Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

³ Codirector de Beca. Director Organizador INEAA; Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

⁴ Prof. Ppal. CONICET

⁵ Becaria de Formación Doctoral CONICET

En el marco de los conceptos vertidos, el presente trabajo plantea el estudio a escala micro de las respuestas térmicas de un Espacio Verde Forestado en zona árida, tomando como caso de estudio el Parque de Mayo (Ciudad de San Juan), relacionándolas con las variables de carácter arbóreo (tipo y nº de ejemplares, especies, diámetros de copa, alturas) y urbanas (veredas perimetrales, senderos, superficies construidas menores, calles interiores, superficies de agua).

RELEVAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Gran San Juan posee un parque urbano, Parque de Mayo, ubicado en dirección oeste-noroeste respecto al centro principal de la ciudad (Plaza 25 de Mayo), a una distancia de aproximadamente 1.650m de la misma. Ocupa un área de 129.300m² y su entorno se caracteriza por los siguientes índices urbanísticos: Factor de Ocupación del Suelo (FOS) = 45% y Densidad Volumétrica edilicia (DV) = 19.000m³/Ha.

El relevamiento del Parque se efectuó en base a datos obtenidos in situ, catastrales, aerofotográficos y bibliográficos. A fin de espacializar dicha información, la superficie del mismo se subdividió superponiendo dos tramas: una radial con origen en su centro geométrico y direcciones según los ejes cardinales principales, y otra ortogonal de 50m por 50m.

El relevamiento identificó por las unidades espaciales resultantes (sector cardinal y/o área cuadrada), la característica de los elementos urbanos y arbóreos: geometría y veredas perimetrales; senderos, calles interiores y construcciones menores; superficies libres: pasto, agua y tierra; árboles: ubicación, especie, diámetro, altura, fenotipo arbóreo y estado.

Paralelamente se realizó el procesamiento de imágenes fotográficas provenientes de tres archivos: uno de vuelos realizados en verano por investigadores del INEAA (2009), otro de invierno proporcionado por la Dirección de Catastro del Gobierno de la Provincia (2009) y el tercero, de fotografías satelitales del Google Earth (2010).

La información permitió crear una base de datos digital gráfica y numérica, con todos los elementos relevados, por las unidades espaciales citadas. En particular respecto a los ejemplares arbóreos, se identificó su ubicación identificándolos con un número y una orientación cardinal, en el sentido de las agujas del reloj. Como ejemplo se presenta en la Figura 1 el Parque de Mayo con la identificación de las especies y la subdivisión espacial radial.

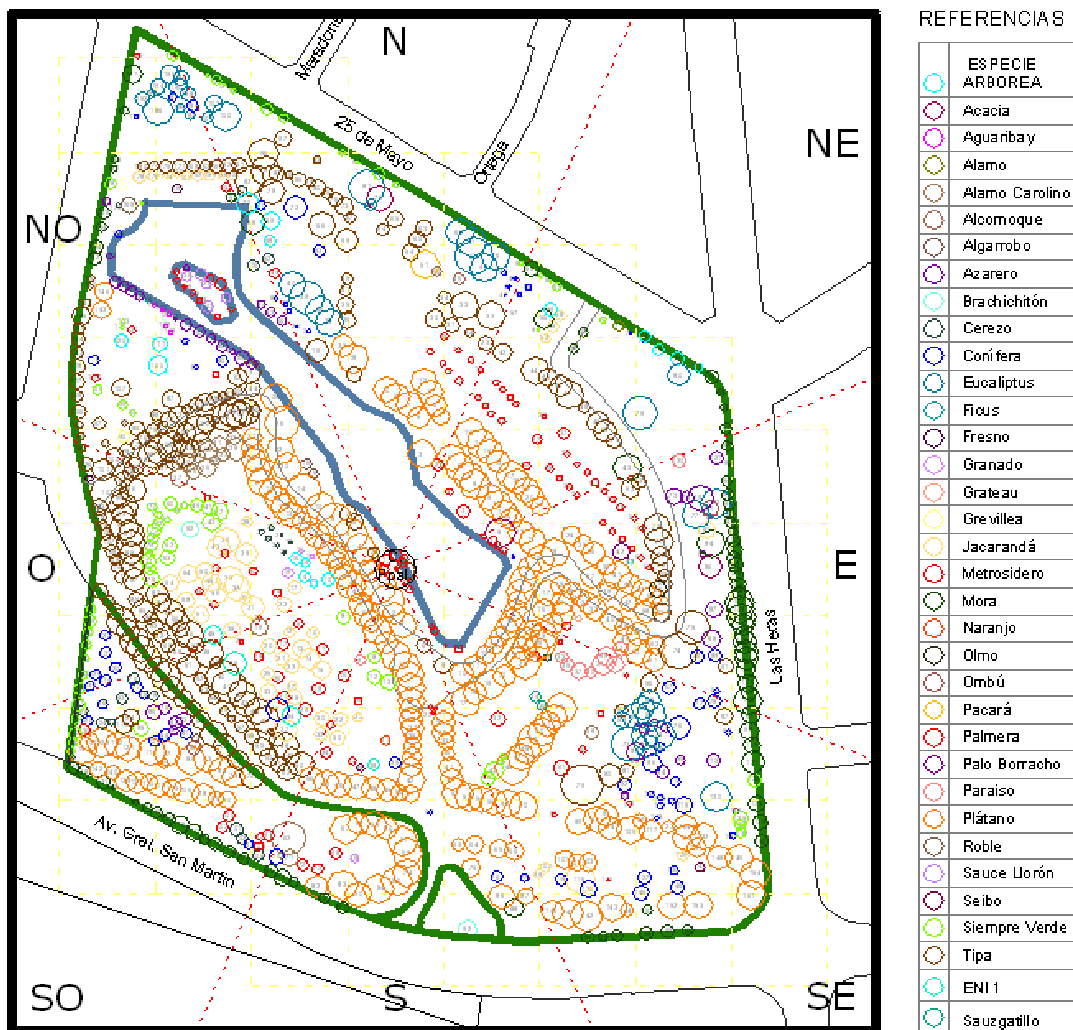


Fig. 1: Base de datos gráfica. Relevamiento del Parque de Mayo.

Los datos relevados permitieron obtener y calcular por unidad espacial (sector circular y cuadrícula) y total, los siguientes valores e índices:

• **Valores:**

- Superficie del Espacio Verde Forestado (EVF) (m²)
- Superficie Forestada Total del Parque de Mayo (m²).
- Identificación de Especies Arbóreas: nombre común, nombre botánico y agrupación de género (familia arbórea).
- Altura arbórea (m): de cada ejemplar y promedio por especie
- Diámetro arbóreo (m): por ejemplar y promedio por especie
- Superficie Forestada p/especie (m²): considerando superposición de árboles de la misma especie
- Permeabilidad Arbórea por especie (%): porcentaje de permeabilidad a la radiación solar global por especie (Kurbán et al., 2007a)
- Impronta Neta (m²): superficie por especie considerada la permeabilidad respectiva
- Volumen Neto (m³): volumen arbóreo por especie considerada la permeabilidad respectiva

• **Índices**

- Canopia total y por especie (m): altura promedio total y por especies arbóreas
- Cobertura Arbórea (m²): total de la superficie arbórea.
- Impronta Arbórea (%): relación porcentual entre la superficie de la unidad espacial correspondiente y la Cobertura Arbórea de la misma unidad
- Volumen Arbóreo (m³): por especie y total
- Densidad Volumétrica Arbórea (m³/Ha): por especie y total, en relación a la superficie de la unidad espacial correspondiente.

A modo de ejemplo se muestra la Tabla con algunos de los datos e índices arbóreos obtenidos.

Especie					Impronta Arbórea		Altura	Diametro	Volumen		Permeabilidad Verano		
Nombre Común	Familia (Agrup. de géneros)	Nombre Botánico	Hojas	Ejemplares	Superficie m ²	Porcentaje del total %	Prom. m	Prom. m ²	m ²	m ³ /Ha	P/Especie %	Imp. Neta m ²	Volumen Neto m ³
Acacia	Mimosáceas	Acacia visco	C	16	690,00	1,18	10,80	7,69	7452,00	576,43	16,30	577,53	6237,32
Aquaribay	Anacardiáceas	Schinus molle L.	P	3	468,00	0,80	18,66	14,00	8732,88	675,51	11,75	413,01	7706,77
Alamo de Italia	Salicáceas	Populus nigra italica	C	5	17,00	0,03	16,00	8,00	272,00	21,04	11,75	15,00	240,04
Algarrobo Chileno	Mimosaceae (Leguminosae)	Prosopis chilensis	P	2	48,00	0,08	9,50	5,50	456,00	35,27	11,75	42,36	402,42
Algarrobo Europeo	Cesalpiniaceae	Ceratonia Siliqua	P	12	818,86	1,41	12,42	9,42	10170,24	786,70	11,75	722,64	8975,24
Alcornoque	Fagáceas	Quercus Suber	P	3	164,00	0,28	9,50	5,50	1558,00	120,52	11,75	144,73	1374,94
Azarero enano	Pitosporeae	Pitosporum tobira	P	3	56,00	0,10	4,00	5,00	224,00	17,33	11,75	49,42	197,68
Brachichiton	Esterculiáceas	Brachichiton Populneum	P	38	1191,98	2,05	9,51	5,67	11335,73	876,85	11,75	1051,92	10003,78
Alamo Carolino	Salicáceas	Populus deltoides	C	1	28,00	0,05	14,00	11,00	392,00	30,32	13,00	24,36	341,04
Cerezo	Rosáceas	Prunus cerasifera	C	2	31,00	0,05	4,50	4,50	139,50	10,79	11,75	27,36	123,11
Conifera	Cupressaceae-Pinaceae-Araucariaceae	Nombres varios	P	95	2084,10	3,58	14,27	4,72	29740,11	2300,48	11,75	1839,22	26245,64
Eucalipto	Mirtáceas	Eucalyptus Globulus	P	37	4185,64	7,19	20,73	13,19	86768,32	6711,76	11,75	3693,83	76573,04
Ficus	Moraceae	Ficus benjamina	P	1	0,80	0,00	2,00	1,00	1,60	0,12	11,75	0,71	1,41
Fresno	Oleáceas	Fraxinus excelsior	C	2	19,00	0,03	4,75	4,50	90,25	6,98	7,50	17,58	83,48
Granado	Punicáceas	Punica Granatum	C	3	46,00	0,08	4,66	4,00	214,36	16,58	11,75	40,60	189,17
Grateau o Piracanta	Rosaceae	Pyracantha coccinea	P	1	7,00	0,01	3,00	3,00	21,00	1,62	11,75	6,18	18,53
Grevillea	Proteáceas	Grevillea Robusta	P	2	56,00	0,10	14,50	6,00	812,00	62,81	11,75	49,42	716,59
Jacaranda	Bigononáceas	Jacaranda Mimosifolia	P	53	2807,00	4,82	10,20	8,83	28631,40	2214,72	11,75	2477,18	25267,21
Metrosidero	Mirtáceas	Callistemon Speciosus	P	3	9,00	0,02	4,00	2,00	36,00	2,78	11,75	7,94	31,77
Mora	Moráceas	Morus Alba Pendula	C	86	3577,00	6,14	10,01	7,66	35805,77	2769,67	8,00	3290,84	32941,31
Naranja	Rutáceas	Citrus Aurantium	P	1	19,00	0,03	4,00	12,00	76,00	5,88	11,75	16,77	67,07
Olmo Común	Ulmáceas	Ulmus campestris	C	1	63,00	0,11	6,33	9,00	398,79	30,85	9,40	57,08	361,30
Ombú	Fitolacáceas	Phytolacca Dicoica	P	3	117,00	0,20	9,00	6,33	1053,00	81,45	11,75	103,25	929,27
Pacará o Timbó	Mimosaceae (Leguminosae)	Enterolobium contortisiliq	P	1	176,00	0,30	17,00	15,00	2992,00	231,44	11,75	155,32	2640,44
Palmera	Arecaceae (antes Palmáceas)	Nombres varios	P	118	1643,45	2,82	13,75	4,10	22597,44	1747,97	11,75	1450,34	19942,24
Palo Borracho	Bombacáceas	Ceiba insignis	C	1	63,00	0,11	15,00	9,00	945,00	73,10	11,75	55,60	833,96
Paraiso Común	Meliáceas	Melia azedarach	C	10	454,48	0,78	10,82	8,00	4917,47	380,38	20,10	363,13	3929,06
Plátano	Platanáceas	Platanus acerifolia	C	241	22464,00	38,57	17,17	12,78	385706,88	29835,46	10,20	20172,67	346364,78
Róble	Fagáceas	Quercus Robur	C	2	63,71	0,11	7,00	4,60	445,97	34,50	9,10	57,91	405,39
Sauce Llorón	Salicáceas	Salix babylonica	C	5	116,00	0,20	6,00	5,40	696,00	53,84	11,75	102,37	614,22
Ceibo	Fabáceas	Erythrina crista-galli L.	C	3	149,00	0,26	6,16	7,33	917,84	71,00	11,75	131,49	809,99
Siempre Verde	Oleaceae	Ligustrum lucidum	P	69	1644,10	2,82	7,55	5,24	12412,96	960,18	11,75	1450,92	10954,43
Tipa	Leguminosae	Tipuana tipu	C	218	14607,04	25,08	15,76	9,92	230206,95	17807,12	11,75	12890,71	203157,63
Especie No Identificada			P	4	297,00	0,51	5,50	5,50	1633,50	126,36	11,75	262,10	1441,56
Sauzgatillo	Verbenáceas	Vitex Agnus-Castus	C	2	56,00	0,10	9,75	10,00	546,00	42,23	11,75	49,42	481,85

Tabla 1: Características por especie e Índices Arbóreos.

MEDICIONES MICROCLIMÁTICAS

Se ejecutó un Programa de Mediciones de temperatura, que consideró: día y hora de medición; puntos de registro y modalidad del procesamiento. Los puntos de medición fueron 67 y se asumieron en la intersección de la grilla de 50m por 50m. Cada uno de los puntos de medición se georeferenció (coordenadas “x” e “y”), al centro geométrico del Espacio Verde Forestado (EVF), a fin de procesar los registros obtenidos. En la Figura 2 se muestran los puntos de toma (encerrados por un círculo) y los recorridos peatonales, definidos en el Programa de Mediciones. Debido a la cantidad de puntos de registro existió un desfase horario de 5 horas entre la primera y la última medición. Por tanto y a fin de hacer comparables los datos, se ejecutaron correcciones horarias referenciadas al mediodía solar verdadero, simulando tomas simultáneas para ese horario.

Estas correcciones se realizaron utilizando registros climáticos minuto a minuto del mismo día obtenidos en la estación meteorológica digital (EM-II).

Las mediciones de temperatura se ejecutaron durante el verano 2009 (17/12/2008), y el verano 2010 (17/12/2009), en condiciones de cielo despejado con un índice $KT \geq 0,75$. Dichas campañas se ejecutaron en días de calma. El instrumental utilizado fue: i) un termohigrómetro digital portátil (Marca Model 321 CE), con abrigo meteorológico de hojas de PVC blanco simulando las mismas condiciones de registro que la estación meteorológica fija; tiempo de respuesta 60seg.; precisión en los registros de temperatura de $\pm 0,1^\circ\text{C}$; y lectura promedio de los últimos 30 segundos de toma; ii) una Estación Meteorológica Fija II (EM-II), digital marca DAVIS con sensores de $^\circ\text{C}$, HR%, Vientos (velocidad y dirección) y Pluviómetro y un Abrigo meteorológico con Psicrómetro (termómetros: de bulbo seco y de bulbo húmedo). La EM-II se encuentra ubicada en el centro de la ciudad a una altura de 12,0m y libre de obstáculos, por lo cual se realizó un estudio de la variación del perfil vertical de temperatura y humedad relativa entre los 12,0m y los 2,0m de altura que permitió trasladar sus registros a una estación meteorológica simulada a nivel de 2,0m en coincidencia con la localización de los aparatos portátiles (Papparelli et al., 2007). La EM-II se programó para hacer registros cada 1 minuto, en los mismos días de mediciones del Parque de Mayo.

Se estudiaron las mediciones de las dos campañas y debido a la incorporación de nuevos puntos de registro de datos, se decidió continuar el proceso de investigación con la campaña realizada en el verano 2010.

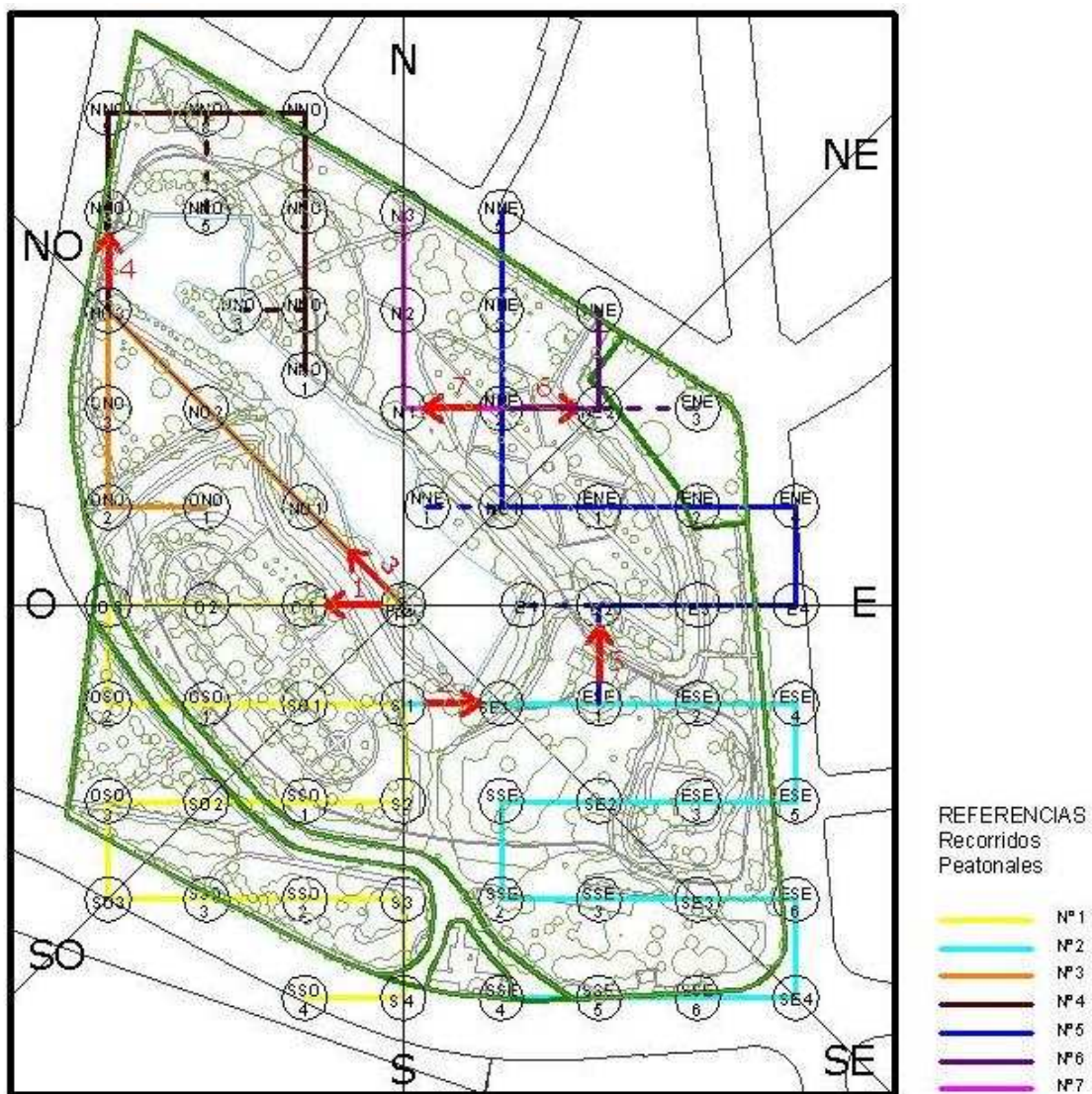


Fig. 2: Puntos de medición y recorridos peatonales

La información obtenida, se integró a un sistema georeferenciado, adjudicando los valores de temperatura a la coordenada espacial z de cada punto de medición. Los datos se interpolaron para convertir la información puntual disponible en información continua, generando un modelo volumétrico de distribución de la temperatura. Realizando cortes horizontales con equidistancias de $0,25^{\circ}\text{C}$, se obtuvieron isotermas del EVF. El plano resultante se superpuso al del Parque de Mayo, dando base cartográfica y urbana a las isolíneas obtenidas (Fig. 3).

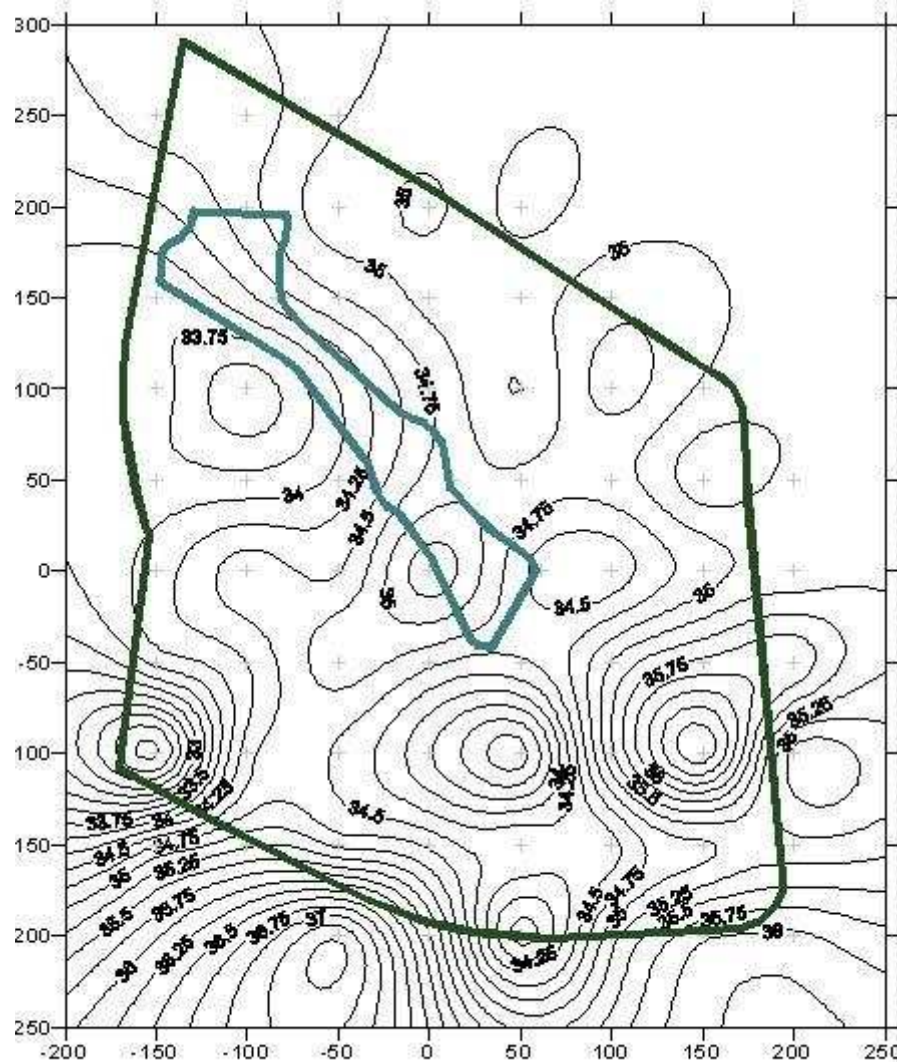


Fig. 3: Isotermas verano 2010 Parque de Mayo

CORRELACIONES ENTRE VARIABLES TÉRMICAS, FORESTALES Y URBANÍSTICAS

Los valores de temperatura se correlacionaron con los de Cobertura Arbórea, Densidad Volumétrica Arbórea, Superficie Construida y Superficie de Agua. Se aplicaron ajustes logarítmicos, que aunque con coeficientes de determinación bajos, mostraron en cada caso las tendencias de variación de la temperatura en función de cada una de las variables consideradas. En las Figuras 7 (a y b), se presentan las correlaciones con las variables arbóreas y en las Figuras 7 (c y d) con las variables urbanas.

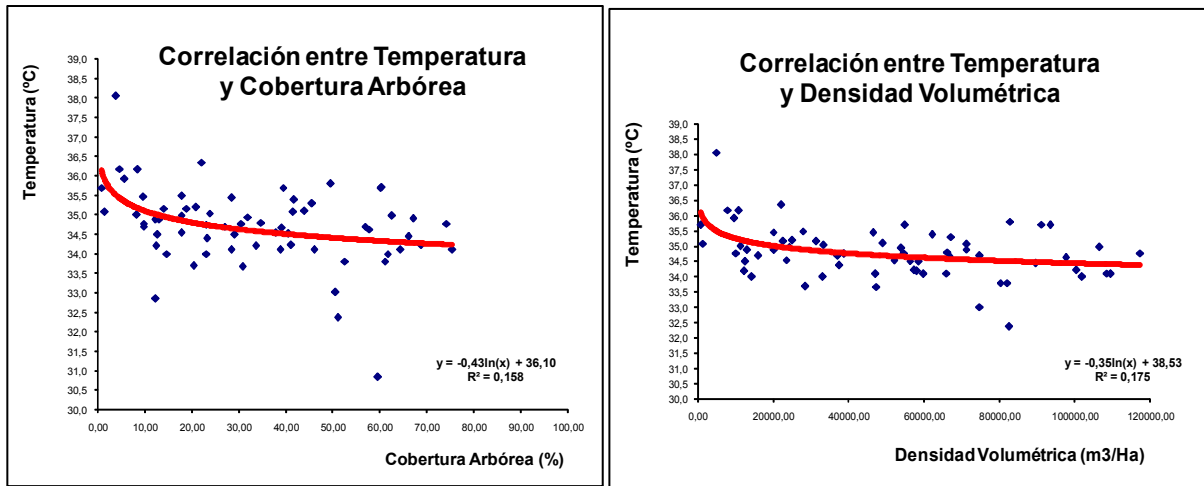


Fig. 7 (a y b): Correlaciones de temperatura con variables arbóreas

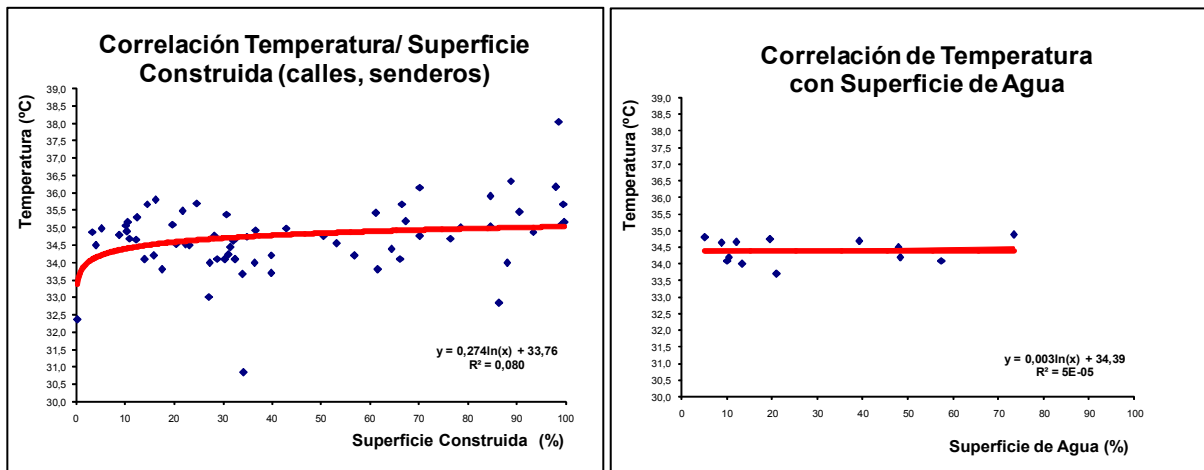


Fig. 7 (c y d): Correlaciones de temperatura con variables urbanas

RESULTADOS PARCIALES

Si bien todos los coeficientes de determinación de correlaciones entre la temperatura y las variables urbanas y forestales son en general bajos, para el caso de las Superficies de Agua, éstas parecieran no tener incidencia sobre la Temperatura resultante. Cuando se analiza la temperatura en su relación con las Superficies Construidas, se verifica un aumento térmico cuando se incrementan dichas áreas. Por el contrario, la Cobertura Arbórea y la Densidad Volumétrica arbórea, presentan mayor influencia en dicha temperatura, la cual desciende en correspondencia al aumento de las primeras.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

En la planificación bioclimática de ciudades de zona árida, el conocimiento científico del rol de los espacios verdes forestados, resulta uno de los requisitos prioritarios para lograr el confort higrotérmico de la población. Cuando dichos espacios verdes poseen dimensiones y características arbóreas de parques urbanos de superficies mínimas como en el caso de estudio, con un área de aproximadamente 13Ha y una Impronta Arbórea del 45%, con un 46% de especies caducifolias, el estudio ha verificado la incidencia que en la disminución de la temperatura tiene el aumento de la Cobertura Arbórea y la Densidad Volumétrica de los ejemplares implantados. Asimismo adquiere significación, considerar que la influencia de los espejos de agua es casi despreciable, cuando como en este caso, la superficie es mínima, cubriendo sólo el 0,25% del total.

INVESTIGACIONES FUTURAS

En el verano 2011 se realizará otra campaña de mediciones para contar con una más amplia base de datos térmicos y ejecutar correlaciones con el resto de las variables urbanas obtenidas en esta etapa. De esa manera los resultados preliminares podrán ser verificados complementando el análisis ejecutado.

REFERENCIAS

- Dirección Provincial de Catastro (2009) Catastro digitalizado del Gran San Juan.
- Google Earth (2010) Imágenes satelitales del Gran San Juan.
- INEAA (2009) Archivo gráfico digital del Gran San Juan.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, *et al* (2007 a) Shading Capacity of the Urban Forest in Arid Ecosystems *ARCHITECTURAL SCIENCE REVIEW* ISSN 0003 – 8628. Vol 50.2, June 2007 University of Sydney.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, *et al* (2007 b) Espacios Verdes y Temperatura urbana en ecosistemas áridos AVERMA Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; Revista Nacional c/referato ISSN 0329 – 5184. Vol 11, Págs. 11.09 a 11.15.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, Montilla, E., Herrera, C., Ripoll, V. (2004) Measurements of the Bioclimatic Effects of Groups of Trees in an Argentinian Arid City *ARCHITECTURAL SCIENCE REVIEW* ISSN 0003 – 8628 Vol.47 N° 4, Págs.: 339-346, Univ. of Sydney.
- Papparelli, A., Cúnsulo, M., Kurbán, A Montilla, E., Ríos, E.. (2007) Isla de Calor Urbana en zona árida. *AVERMA Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 11 ISSN 0329-5184 Pág. 11. 59 a 11.67
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, de Rosa, Lelio, Vilapriño, Solanes (2001) *Arquitectura y Clima en Zonas Áridas* 2da Edición: 1 Vol.602 páginas; 200 Ejemplares: Editorial Fundación UNSJ. ISBN 950-605-136-4.

ABSTRACT:

THERMAL CONDITIONS OF URBAN GREEN SPACE IN ARID CLIMATES

The paper presents partial results of a research project whose overall objective is to determine the thermal conditions of a forested green space in a city located in an arid zone: case of study in May Park, City of San Juan. It runs a tree and urban micro-scale survey, calculating their values and indices, according to two spatial units: circular sectors (in the main cardinal directions) and orthogonal grid (50m by 50m). Weather measurements are taken in the summers 2009 and 2010 in 67 points, obtained using this grid. Thermal data are correlated with urban and tree indexes. The results show a decrease in temperature with increasing tree cover and volume tree density. Also, temperature is increased by constructed surfaces (paths, interior roads, minor construction) and it is decreased by the presence of free surfaces (grass and soil).

Keywords: Urban climate, green forested area, urban temperatures.