

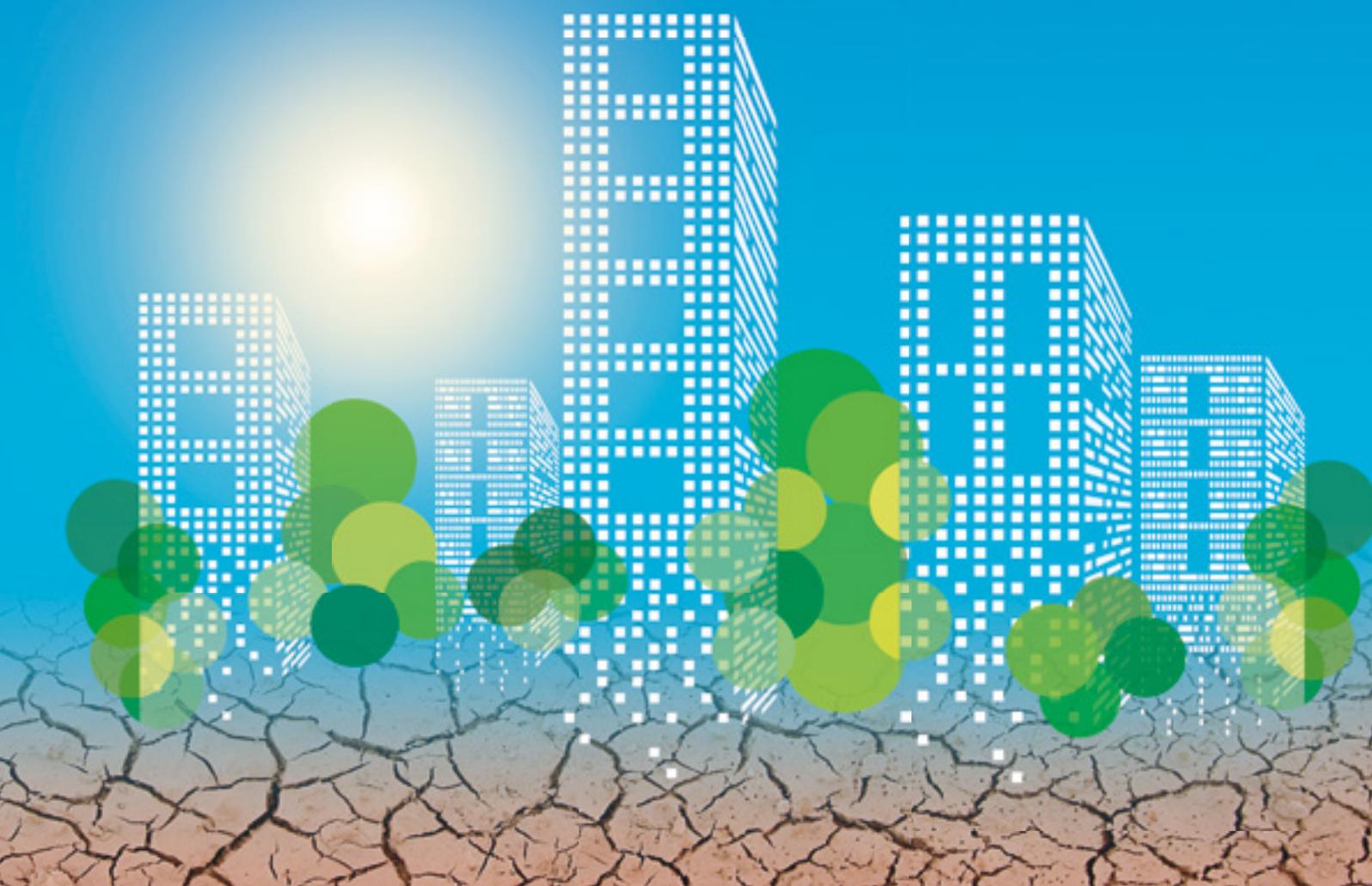
Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental
“Arq. Alberto Papparelli”

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de San Juan

VERDEURBANO

**Contribución Bioclimática a la
Sustentabilidad de Ambientes Áridos**

Dra. Arq. Alejandra Kurbán



VERDEURBANO

Contribución Bioclimática a la Sustentabilidad de Ambientes Áridos

Dra. Arq. Alejandra Kurbán

Tesis de Doctorado FAUD-UNSJ

Director:

Dr. Ing. Eduardo Martínez Carretero

Co Directora:

Dr. Arq. Susana Deiana

VERDEURBANO
Contribución Bioclimática a la Sustentabilidad
de Ambientes Áridos Urbanos

Kurbán, Alejandra

Verde urbano : contribución bioclimática a la sustentabilidad de ambientes áridos /
Alejandra Kurbán. - 1a ed. - San Juan : Editorial UNSJ, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-3984-40-2

1. Urbanismo. 2. Arquitectura Sustentable . I. Título.

CDD 711

San Juan, Agosto de 2017.

Editorial Universidad Nacional de San Juan

Departamento Publicaciones
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de San Juan

Decano | Arq. Gustavo Roberto Gómez
Vice Decana | Arq. Maria Elina Navarro
Sec. Académica | Dra. Arq. Alicia Pringles Belvideri
Sec. de Extensión Universitaria | Esp. Arq. Alejandro José Alvarez
Directora de Posgrado | Mag. Arq. Silvia Vega

Avda. Ignacio de la Roza 590 Oeste.
Complejo Universitario "Islas Malvinas"
CPA J5402DCS Rivadavia, San Juan
San Juan, República Argentina
Teléfono +54 264 4232395 / 4260104

www.faud.unsj.edu.ar

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
Fundamentación y Alcances de la Tesis	
Presentación del Problema	
Objetivos	
Hipótesis	
Metodología de la Investigación	

CAPÍTULO I

27

SISTEMA AMBIENTAL DEL ÁRIDO Y VERDE URBANO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO	29
2. LA CIUDAD COMO UN SISTEMA AMBIENTAL	29
2.2. El sistema ambiental y la ciudad como estructura disipativa	
2.3. Aridez Bioclimática	
2.4. Clima Urbano Árido	
2.5. Masa térmica - Bandas Urbanas Características	
2.6. Isla de Calor Urbana	
3. INTERRELACIONES BIOCLIMÁTICAS ENTRE LOS EVU Y EL SISTEMA URBANO	47
3.1 Intercambio energético entre los elementos del sistema urbano	
3.2 Espacios Verdes Urbanos	
3.3 Antecedentes de estudios del intercambio energético forestación/ciudad	
4. ESPACIOS VERDES URBANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN	52
4.1. Distribución de los EVU en el Área Metropolitana de San Juan	
4.2. Componentes del subsistema de EVU	
4.3. Efectos Térmico y Humídico de los EVU del AMSJ	

- 4.4. Archivo de Datos Urbanísticos y Arbóreos de los EVU del AMSJ
- 4.5. Archivo de Datos Urbanísticos y Arbóreos de los EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

CAPÍTULO II **69**

CONFORT BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SINTESIS DEL CAPÍTULO	71
2. CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS	71
2.1. Conceptualizaciones sobre confort térmico	
2.2. Índices de confort térmico	
2.3. Índices de confort térmico para espacios abiertos seleccionados para el presente estudio	
3. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFORT TÉRMICO DE LOS EVU DEL AMSJ	79
3.1. Mediciones climáticas de los EVU del AMSJ	
3.2. Método de traslado de valores al mediodía solar	
3.3. Ponderación de valores trasladados según período de medición	
3.4. Valores climáticos para cálculo de índices de confort	
3.5. Cálculo de índices de confort en los EVU del AMSJ	
3.6. Correlaciones de índices de confort con variables climáticas	
3.7. Consideraciones sobre los índices de confort	
3.8. Categorización de los EVU según el índice de confort UTCI	
4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

CAPÍTULO III **105**

TIPOLOGÍAS COMPOSITIVAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SINTESIS DEL CAPÍTULO	107
2. TIPO, TIPOLOGÍA, MODELO: ABORDAJES TEÓRICOS	107

3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS EVU EN AMBIENTES ÁRIDOS: ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN	109
3.1 Criterio de análisis adoptado	
3.2 Dimensiones de la variable Morfología en los EVU del AMSJ	
4. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS DEL AMSJ	112
4.1. Método de análisis morfológico	
4.2. Dimensiones perceptuales	
4.3. Dimensiones lógicas geométricas	
4.4. Dimensiones significativas	
5. TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS DEL AMSJ	136
5.1. Resumen de la codificación de atributos	
5.2. Caracterización de las tipologías morfológicas	
5.3. Matriz de dimensiones morfológicas	
6. ANÁLISIS MORFO-BIOCLIMÁTICO DE ESPACIOS VERDES URBANOS EN EL AMSJ	146
6.1. Método de análisis morfo-bioclimático	
6.2. Dimensiones bio-perceptuales	
6.3. Dimensiones lógicas bio-geométricas	
6.4. Dimensión confort térmico	
6.5. Matriz de atributos morfo-bioclimáticos	
6.6. Caracterización de las tipologías morfo-bioclimáticas	
6.7. Categorías de eficiencia morfo-bioclimáticas	
7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	160
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161

CAPÍTULO IV

163

ESPECIES ARBÓREAS MITIGADORAS DEL CLIMA URBANO ÁRIDO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO	165
2. MODIFICACIONES DEL SISTEMA URBANO A LA ARBOLEDA DE AMBIENTES ÁRIDOS	165
2.1. Suelo urbano	
2.2. Riego urbano en ciudades de zonas áridas	
2.3. Arbolado urbano en ciudades de zonas áridas	

3. ESPECIES ARBÓREAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN	171
3.1. Arbolado de alineación	
3.2. Arbolado de espacios verdes	
3.3. Arbolado caducifolio plantado en el AMSJ	
4. ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA EN AMBIENTES ÁRIDOS URBANOS	174
4.1. Arbolado de alineación	
4.2. Espacios verdes	
5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	186
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	190

CAPÍTULO V **193**

LINEAMIENTOS PARA UN MARCO NORMATIVO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO	195
2. NORMATIVA VIGENTE SOBRE ESPACIOS VERDES Y ARBOLADO PÚBLICO EN ARGENTINA	195
2.1. Leyes Nacionales	
2.2. Leyes Provinciales	
3. PLANIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS	197
3.1. Planificación Urbana Bioclimática en ambientes áridos	
3.2. Cobertura bioclimática arbórea urbana	
3.3. Requisitos bioclimáticos de los espacios verdes	
3.4. Requisitos bioclimáticos del arbolado de alineación	
4. SISTEMA DE INDICADORES DEL VERDE URBANO BIOCLIMÁTICO	212
5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	213
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	216

RESULTADOS, TRANSFERENCIAS Y CONCLUSIONES FINALES **219**

REFLEXIONES FINALES **225**

LISTADO DE FIGURAS, TABLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS **227**

ANEXOS **237**

RESUMEN

Las mejoras que el verde puede proporcionar a la calidad de vida de las ciudades localizadas en ambientes áridos al mitigar la rigurosidad de su clima urbano, no constituye preocupación ni ocupación prioritaria para los actores intervinientes en la construcción del territorio: la población, los poderes de gestión, el poder económico y también en alguna medida, los científicos.

El Urbanismo Bioclimático propuesto inicialmente para ciudades del hemisferio norte y latitudes altas, ha tenido un escaso desarrollo en climas áridos -cálidos o mesotermiales- de países emergentes.

La presente tesis se enmarca en dicha disciplina, orientada al estudio de los espacios verdes en ciudades localizadas en ambientes áridos, como potencial higrotérmico mitigador del clima urbano y sus principales fenómenos: la Isla de Calor y la Depresión Humídica.

El objetivo es proponer estrategias de planificación bioclimática de los espacios verdes urbanos (EVU) del árido, como contribución al confort higrotérmico y aporte a la sustentabilidad energética de las ciudades.

A partir de la consideración de los EVU como parte del sistema ambiental de una ciudad de oasis, se abordan sus interrelaciones con los diferentes elementos urbanos, tomando como caso de estudio la ciudad de San Juan, Argentina, localizada en la Diagonal Árida Sudamericana. Se cuantifica el aporte de los EVU al acondicionamiento ambiental de la ciudad, aplicando índices de confort térmico para espacios abiertos, de carácter internacional y regional. Con el estudio de las dimensiones perceptuales, geométricas, significativas y de confort de los EVU se obtienen y categorizan tipologías morfológicas y morfo-bioclimáticas. Esto, para identificar los tipos que más aportes puedan realizar en la modificación del clima urbano árido. Se integran las restricciones y presiones que la ciudad ejerce sobre la arboleda, identificando grados de adaptabilidad bioclimática arbórea, lo que permite categorizar las especies apropiadas para espacios verdes y arbolado de alineación. Se cuantifica la proporción de espacio verde bioclimático, con indicadores que lo relacionan con la densidad territorial y la población urbana.

Los resultados a los que se arriba se ordenan y sintetizan, a los fines de delinear un marco normativo que regule el verde urbano en la planificación bioclimática sustentable de ciudades en ambientes áridos.

ABSTRACT

The improvement that the green can provide to the life quality of cities located in arid environments, in order to mitigate the harshness of their urban climate, are not a concern or do not constitute a priority occupation for the actors in the construction of the territory: the management power, the population, the economic power and also, to some extent, the scientists.

The Bioclimatic Urbanism, initially proposed for cities in the northern hemisphere and for high latitudes, had a little development in emergent cities located in arid zones with warm or mesothermal climates of emerging countries.

The current thesis is framed in this discipline, mainly focused on the study of the green areas in cities located in arid environments, considering their hygrothermal capacity to mitigate the heat island and humidity depression effects.

The objective is to propose strategies for bioclimatic planning of urban green areas (EVU) for the arid, as a contribution to the hygrothermal comfort and to the energetic sustainability of cities.

From the consideration of EVU as part of the environmental system of an oases city, their interrelations with the different urban elements are studied, taking as a case study the city of San Juan, Argentina, located in the arid fringe of South America. The contribution of EVU to the environmental conditioning of the city is quantified, applying thermal comfort index, international and regional ones, for open spaces. With the study of perceptual, geometric, significant and comfort dimensions of the EVU, the morphological and morpho-bioclimatic types are obtained and categorized. This is to identify the types that can make more contribution to the modification of the arid urban climate. The constraints and pressures that city exert on the grove, are integrated, identifying degrees of bioclimatic tree adaptability, which allows the categorization of the appropriate species for green spaces and alignment trees. The proportion of green bioclimatic space, with indicators that related territorial density and urban population are quantified.

The results are ordered and synthesized as to delineating a governing framework that regulates the urban green in the sustainable bioclimatic planning of cities in arid environments.

INTRODUCCIÓN

Fundamentación y Alcance de la Tesis

El marco de referencia intelectual que orienta el pensamiento del hombre se ha relacionado siempre con su *visión del mundo*. La expresión alemana *Zeitgeist* (el espíritu del tiempo) complementada por Hegel con *Volksgeist* (el espíritu del pueblo), que le imprime carácter histórico al concepto, podría asimilarse a esa visión global de un período socio-cultural dado, de carácter dialéctico entre las personas, su país y el mundo.

La ciencia se ha desarrollado enmarcada en modelos aceptados por dichas visiones históricas, lo que Thomas Kuhn (1978)¹ conceptualizó como paradigmas científicos.

Debido al impulso científico que se produjo en Europa desde mediados del siglo XVIII motorizado por el uso del vapor como nuevo tipo de energía, la ciencia occidental priorizó objetivos de desarrollo tecnológico que satisficieran requerimientos de productividad económica. De esa manera, a partir de la visión del mundo que indujo la Revolución Industrial, comenzó a forjarse una visión del desarrollo o paradigma científico *mecanicista-reduccionista-newtoniano*.

Ese paradigma tuvo su consecuente *modelo de desarrollo economicista* y entre sus primeros efectos se destacan el paulatino incremento de la población urbana y abandono del campo, dramáticas condiciones de insalubridad en el trabajo, explotación masiva de la población trabajadora y acumulación de las riquezas en unos pocos (individuos y clases sociales).

Según Fourez (1994) *“Un paradigma establece una ruptura con los proyectos de la vida cotidiana y permite eliminar una serie de cuestiones que ya no se consideran pertinentes.”*

¿Qué “cuestiones” eliminó la ciencia por su no pertinencia con el paradigma mecanicista? Algunas de ellas podrían ser:

- El control en el uso de los recursos naturales.
- La preservación del equilibrio en el desarrollo entre la ciudad y el campo.
- La ética de la solidaridad y el equilibrio en la sociedad.

¹Thomas S. Kuhn en *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Fondo de Cultura Económica. México, 1978), definió estos paradigmas como: lo que se debe observar y escrutar; el tipo de interrogantes que se supone hay que formular para hallar respuestas en relación al objetivo; cómo tales interrogantes deben estructurarse; cómo deben interpretarse los resultados de la investigación científica.

Levine y Yanarella (1990)² en la última década del siglo XX identifican la coexistencia de tres paradigmas no sólo no complementarios, sino antagónicos:

- Paradigma Industrial-Tecnológico
- Paradigma Ecológico
- Paradigma Ambiental

Consecuencia directa de los paradigmas Ambiental y Ecológico se enhebran otros relacionados con el conocimiento. Para Naselli y Montaner (1999) es un nuevo episteme donde la naturaleza de los fenómenos de la realidad son entendidos como complejos, contextuales, históricos, procesales y estadísticos, y no simples, autónomos, atemporales, inmutables y certeros, como lo era desde la revolución industrial.

El devenir histórico de los nuevos paradigmas, propició el surgimiento de otra dimensión del desarrollo, al reconocerse que los esfuerzos económicos orientados sólo hacia la productividad, no garantizaban la existencia de sociedades más justas y más concientes del soporte físico en el cual se insertaban.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de la Naciones Unidas confirió gran importancia a demostrar la estrecha relación entre *ambiente* y *desarrollo*, y acuñó el término de “*Desarrollo Sustentable*”, que inmediatamente se convirtió en el tema central de los debates sobre Medio Ambiente³. Toda estrategia de desarrollo, implica costos ambientales que en ese contexto científico, tienden a minimizarse. Es por ello que la sustentabilidad⁴ de ese desarrollo en el tiempo, es particularmente significativa.

Así como el enfoque mecanicista había conformado un *modelo de desarrollo economicista*, el enfoque ambiental da origen a un *modelo de desarrollo sustentable*.

La estrategia de sustentabilidad adquiere más dimensión teniendo en cuenta el aumento desmesurado de la población mundial, particularmente la urbana, producido a partir de mediados del siglo XX, como consecuencia del modelo de desarrollo economicista⁵.

² Directores del Center for Sustainable Cities University of Kentucky, USA.

³ Reunión de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo de la Naciones Unidas (1987), en la cual se redactó el Informe Burtland, conocido también con su título en español de: “Nuestro Futuro Común”.

⁴ Sustentabilidad ambiental: capacidad de la biósfera para actuar como soporte de la vida humana, en condiciones tales que el consumo de los asentamientos humanos no supere la producción de la naturaleza y que los excedentes de la actividad del hombre puedan incorporarse a los procesos metabólicos del planeta con un aumento controlado de la entropía ecosistémica (Kurbán, A., 2001).

⁵ Según el UNFPA (Fondo de Población de la ONU, 2014), más de la mitad de la población mundial (54%) vive actualmente en zonas urbanas. La población urbana mundial pasó de 2.300 millones de personas en 1994 a 3.900 millones en 2014 y se prevé que ascienda a 6.300 millones para 2050.

La evolución de las ciencias clásicas y su adecuamiento a los nuevos paradigmas, como es el caso de la termodinámica y sus modernas formulaciones, constituyen un pilar fundamental en la comprensión de la problemática ambiental. Así la 2ª Ley de la termodinámica, mantiene tanto una condición necesaria para la sustentabilidad como una explicación casi suficiente de la actual crisis ecológica. La actividad económica es ecológicamente sustentable solo "... si el consumo de la economía es menor que la producción de la naturaleza". La continuidad poblacional de hoy y el crecimiento económico es por tanto necesariamente insustentable. "En términos estructurales, la expansión de la empresa humana se posiciona para consumir la ecósfera en la que ella se encuentra." (Rees, W., 1998).

Las profundas diferencias entre las ciencias positivistas y las ambientales, pueden hacer inferir que, a decir de Khun (citado por Fourez, 1994) se ha producido una revolución científica, en la cual las primeras redefinieron sus objetos de estudio, mediante los nuevos paradigmas. Es decir que los cambios producidos implicaron "una profunda reestructuración de las redes intelectuales, sociales, económicas, culturales, unidas a la ciencia o a la técnica".

A mediados del siglo XVIII fueron, el desarrollo de la ciencia y los adelantos técnicos, los componentes principales que originaron el cambio en los valores éticos imperantes. Al contrario, a partir de fines del siglo XX, la pérdida irreversible de la biodiversidad, el agotamiento de los recursos naturales (especialmente energéticos e hídricos); el cambio climático global; las dramáticas desigualdades entre países y grupos sociales; el aumento del hambre en el mundo, forzaron a la intelectualidad occidental a una reestructuración de su sistema de valores que influyó en los cambios del paradigma ético.

En ese cambio se enmarca la presente Tesis, al concebir la ciudad como un bien ambiental que la sociedad debe reconocer y proteger como tal, para de esta manera procurar su desarrollo y sustentabilidad en el tiempo.

En la casi totalidad de las ciudades, interrelaciones ecológicas tales como el consumo urbano y la producción de la naturaleza dista mucho de ser estable y equilibrada. Lo mismo ocurre con la generación de residuos en relación con la capacidad metabólica del planeta. En ambos casos, la entropía ecosistémica se incrementa incontroladamente.

Esta situación crea insostenibilidad en el desarrollo humano y económico, con la consecuente inequidad en las oportunidades y calidad de vida de la población entre diferentes países, entre ciudades de un mismo país y entre grupos socio-económicos de la misma ciudad.

S. Rueda (2012) sostiene que la insostenibilidad de las ciudades se asienta en la creciente presión sobre el soporte. Reducir dicha presión es el primer eje de la sostenibilidad, ya

que por explotación y/o impacto contaminante, ésta se incrementa en forma desmesurada debido a las lógicas propias del modelo de “*producir ciudad*”. Lógicas que al ser económicas, en lugar de reducir la presión sobre los sistemas de soporte, las incrementan al basarse en el consumo de los recursos.

Lo anterior se agrava en ambientes áridos por la fragilidad que deviene de las restricciones de su biodiversidad y donde la escasez de recursos naturales, principalmente el agua, limita altamente las posibilidades de desarrollo económico.

A esto deben adicionarse los efectos del Cambio Climático Global. La “Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (2015) prevé en escenarios para el período 2015 y 2039, aumentos con valores entre 0,5 y 1°C en casi todo el país. Esto implicaría una aceleración del calentamiento observado entre 1986-2010, que en toda Argentina fue menor a 0,5°C. El incremento proyectado de la temperatura es mayor en el norte que en el sur, con un máximo en el noroeste, que en los escenarios de mayor calentamiento llega a la Patagonia con más de 3°C. La región de máximo calentamiento (la cual comprende una parte importante de la región árida argentina) sería la comprendida entre las sierras pampeanas desde Salta hasta San Luis por el este, por los Andes al oeste y por la Puna al norte, límites naturales que aumentan su aislamiento de las masas de aire provenientes del mar en cuyo caso el calentamiento sería menor.

Si no se alienta la adopción de políticas públicas de planificación territorial e iniciativas privadas que mitiguen los efectos del uso insustentable del espacio urbano, entre otras consecuencias, el incremento de la temperatura urbana global sumado al efecto de la Isla de Calor propia de cada ciudad, aumentará el discomfort higrotérmico de la población, el consumo de energía proveniente de recursos no renovables y con ello la contaminación atmosférica.

Un estudio del consumo energético para acondicionamiento térmico de viviendas en el Área Metropolitana de San Juan (Kurbán *et al.*, 2016) indica que se destina a ese uso durante el invierno, aproximadamente la mitad de la energía eléctrica y gas (natural/licuado) distribuida por los respectivos entes de servicios. Durante el verano, ese porcentaje asciende al 60% del consumo total de energía eléctrica.

Si las viviendas hubieran sido diseñadas utilizando estrategias bioclimáticas mediante el uso de energías renovables, ésto significaría un ahorro en energía eléctrica del orden del 43% en invierno y 46% en verano. En el caso del gas natural/licuado, el ahorro alcanzaría el 81%.

Considerando que el AMSJ representa el 0,14% del territorio provincial (127Km² de 89.651km²) y reúne el 67% de la población (458.230 habitantes de 681.055 habitantes) el aporte al ahorro energético que proveería el uso de arquitectura bioclimática en el parque habitacional de la provincia, sería altamente significativo.

Si se extrapolan dichos ahorros energéticos, a provincias con similares condiciones climáticas y urbanísticas a las de San Juan, entre ellas Mendoza, La Rioja y Catamarca, el aporte que realizaría el uso de herramientas de arquitectura bioclimática al autoabastecimiento energético, sería sustancial.

Debe adicionarse además el aporte de la arquitectura bioclimática a la disminución de la huella de carbono. En ese sentido, el uso de equipos de acondicionamiento ambiental para refrigeración y calentamiento, que utilizan combustibles fósiles, constituye otro de los efectos negativos de la urbanización sobre la salud humana, ya que el CO₂ emitido, por su efecto invernadero, contribuye a la contaminación atmosférica.

En Kurbán *et al.* (2015) se evalúa la emisión de CO₂ comparando una vivienda convencional de la ciudad de San Juan, con otra diseñada utilizando energías naturales. Se concluye que en el segundo caso existiría una disminución del 74% de las emisiones de CO₂. Si dicha reducción fuera por ahorro de energía eléctrica, la disminución sería del 84% y si se produjera por ahorros en gas natural/licuado, del 56%. Cuantificando todo el parque habitacional de la ciudad y en función de la energía que sirve a cada zona urbana, la disminución de la huella total de carbono si se utilizaran estrategias de diseño bioclimático, sería del 72%.

Por tanto, una ciudad que tienda a la sustentabilidad de su ambiente será aquella que procure satisfacer las necesidades de su población, a través de políticas orientadas a: aprovechar en forma generalizada las energías renovables, utilizar responsablemente los recursos naturales no renovables, diseñar y producir medios y sistemas de transporte energéticamente eficientes y poco contaminantes, incentivar la creación de fuentes de alimentos lo más cercanas posibles para disminuir la energía utilizada en su transporte, reutilizar y reciclar la basura, minimizar la superficie urbana y con ello maximizar los servicios, implantar una mayor cantidad de espacios verdes que generen más oxígeno,

absorban CO₂ y parte del agua de lluvia, y reduzcan el efecto de Isla de Calor Urbana. En suma, una ciudad sometida al control del aumento de su entropía ecosistémica.

Para Rueda (2015) el logro de un modelo de ciudad más sostenible, debe atender a cuatro ejes: Compacidad, Complejidad, Eficiencia y Estabilidad, adecuándolo a la nueva era de la información y el conocimiento. Lo que denomina “Urbanismo Ecológico”. Este urbanismo, en los ámbitos de la Biodiversidad y del Espacio Público, tiene como objetivos:

- **Ámbito de la Biodiversidad:**
 - Urbanismo ecológico en altura: es decir dos niveles de verde urbano, uno en altura (cubierta de techos) y otro en superficie, conectados con árboles de gran porte, enredaderas, etc.⁶
 - Urbanismo ecológico subterráneo: incluye el suelo estructural para obtener la habitabilidad adecuada para la vegetación fundamentalmente arbórea.
 - Planificación urbanística: incluye un plan dedicado a la definición del verde urbano.
 - Adecuación desde el diseño mismo, a las condiciones naturales del lugar, para aprovechar al máximo lo que la naturaleza ofrece y respetar las peculiaridades geográficas del territorio con el fin de preservar los valores naturales existentes y la capacidad de carga del territorio.

- **Ámbito del Espacio Público**
 - Incorporar en el diseño del espacio público el conjunto de variables del entorno: confort térmico, luz y sombras, canalización del aire.

Enmarcada en los principios expuestos y con una comprensión integral de la sustentabilidad ambiental-urbana, las características, modalidad y crecimiento de las ciudades deben considerar, entre otros factores que hacen al bienestar público, no sólo el desenvolvimiento de actividades en espacios apropiados, dimensional, espacial y tecnológicamente, sino también que los mismos cuenten con las mejores condiciones higrotérmicas que les permitan su uso con un adecuado nivel de vida urbano.

La Planificación Urbana Bioclimática se encuadra en ese concepto y aprovecha la oferta climática, en este caso del árido y sus recursos, para responder a los requerimientos de confort higrotérmico de la población, atendiendo a la continua interrelación entre el hombre, su entorno y el impacto que su acción ejerce sobre el mismo.

⁶ Ello significa la creación de una capa de biodiversidad que se añada a la capa en superficie, restituyendo, en parte, la capacidad biológica que la urbanización le ha arrebatado, modificando la concepción actual de la biodiversidad urbana.

En ese sentido y entendida como el conjunto de estrategias tendientes a procurar el acondicionamiento de los espacios abiertos en la ciudad, que redunde en la disminución de la carga climática sobre los interiores edilicios, la Planificación Urbana Bioclimática atiende a la regulación del espacio urbano a través de múltiples aspectos. Ellos son:

- Índices Urbanísticos: Factor de Ocupación del Suelo; Factor de Ocupación Total; Índice de Superficie Libre; Densidad Volumétrica Edilicia; Superficie de Espacios Verdes por Habitante; Porcentaje de Superficie Verde en relación con el suelo urbanizado.
- Geometría de los canales viales urbanos⁷: para procurar acceso al sol y brisas.
- Orientación de la trama urbana en relación con los vientos predominantes y el asoleamiento.
- Geometría, orientación y dimensionamiento de las manzanas y lotes
- Tecnología de calles: calzadas y veredas, para disminuir el albedo
- Distribución, sistematización, superficie, dimensionamiento e improntas arbórea y de solados de los espacios verdes.
- Especies arbóreas apropiadas al árido y a las condiciones de asoleamiento invernal y bloqueo estival.
- Ubicación, distancias entre ejemplares y características del arbolado de alineación.

El uso de la forestación urbana para atenuar las condiciones de rigurosidad del clima árido en los espacios abiertos mitigando la Isla de Calor y la Depresión Humídica, comporta una estrategia que colabora en la disminución de la carga térmica edilicia. De esa manera cada edificación estará sometida a menores presiones climáticas y por tanto el control de la temperatura y humedad interiores será más accesible. A esto se suma que las áreas verdes y su arbolado constituyen uno de los componentes del espacio urbano de más sencilla intervención en áreas urbanas existentes, particularmente en aquellas con índices urbanísticos de baja o media densidad.

Entre los roles ecológicos de los espacios verdes, complementarios de los bioclimáticos ya citados, se destacan el aumento de la absorción de gases de invernadero, principalmente CO₂, la liberación de oxígeno, el filtrado de partículas en suspensión y la absorción de ruido por parte del follaje de los árboles.

No quedan fuera del análisis las implicancias socio-económicas, ya que toda estrategia que propenda a la disminución del consumo energético de recursos fósiles es de importancia prioritaria como contribución a la sustentabilidad ambiental referida a la pobreza urbana. Esto porque la población de bajos recursos sufre disconfort higrotérmico al no

⁷ Canales viales urbanos: denominación que hace referencia a la proporción entre la altura del perfil de edificación en relación con el ancho de la calle. En ciudades con alta densidad volumétrica se los identifica como "cañones urbanos" (urban canyon).

poseer los medios económicos que le permiten acceder a fuentes convencionales de energía para el acondicionamiento de sus viviendas.

Presentación del Problema

En la Diagonal Árida Sudamericana⁸ existe un importante potencial climático que, convenientemente aprovechado, puede proveer confort higrotérmico a la población para mejorar la calidad del hábitat y disminuir la dependencia de energías convencionales en el acondicionamiento de espacios exteriores y en los interiores edilicios.

La rigurosidad climática del árido, incrementada por los efectos higrotérmicos, físicos y químicos de la Isla de Calor Urbana y la Depresión Humídica, requiere la utilización de herramientas de planificación que contemplen los aspectos bioclimáticos involucrados en dichos efectos.

En general, la Planificación Urbana Bioclimática ha sido propuesta y eventualmente aplicada, particularmente en países del hemisferio norte en coincidencia con sociedades económicamente más desarrolladas, en latitudes altas y climas húmedos templados/fríos.

Es por demás conocido que en ciudades de latitudes medias y de clima árido las propuestas bioclimáticas, sean éstas a escala urbana como arquitectónica, no conforma una de las referencias a la hora de planificar la regulación, distribución y crecimiento de las ciudades, manifestándose una importante vacancia en el tema. Por ello, la presión inmobiliaria asume el rol protagónico al cual los poderes de gestión pública y los agentes privados se subsumen comprometidos con los valores del modelo de desarrollo economicista imperante en la actualidad.

Si se diseñan las condiciones de los espacios abiertos públicos procurando disminuir los efectos negativos del clima de la ciudad, ésto redundará positivamente en dos aspectos: por un lado, la población contará con mejores condiciones para desarrollar actividades al aire libre, sean éstas circulatorias o de recreación y por otro lado, los efectos de la rigurosidad del clima sobre los edificios se verán reducidos por la disminución de la carga térmica de los mismos.

Como se dijo, dichas condiciones urbanísticas bioclimáticas conforman una amplia gama de decisiones de diseño. Entre ellas, el manejo del verde de la ciudad es una de las estrate-

⁸ Extensa región árida en Sudamérica que abarca desde la costa del Perú, una parte de Bolivia, la Puna, el noroeste y centro-oeste argentino y cruza hasta la zona patagónica atlántica. Otras zonas semiáridas sudamericanas son el noreste brasileño y las costas del Mar del Caribe, las cuales poseen menor extensión territorial

gias cuya aplicación es altamente eficiente para mejorar las condiciones higrotérmicas de los entornos urbanos. Es decir, utilizando pasivamente un elemento urbano como es la forestación pueden refrigerarse los espacios abiertos públicos en verano y procurarse el mayor acceso al sol en invierno. Esto, a su vez, disminuye la presión climática sobre los edificios. Conocer el aporte que la forestación puede realizar disminuyendo las condiciones de rigurosidad del clima urbano y por tanto colaborando con la satisfacción de las necesidades de confort higrotérmico de la población, permite aprovechar un recurso natural y renovable. De lo contrario, dichas condiciones de confort son ofrecidas por equipos de acondicionamiento térmico que al requerir el uso de combustibles fósiles, convierte a los asentamientos humanos en altamente insustentables. A su vez ese mismo crecimiento insustentable pone en peligro los logros en salubridad y habitabilidad de las ciudades.

Si a lo anterior se le agrega la multiplicidad de funciones que desempeñan los espacios verdes en las ciudades, los efectos de una adecuada y consciente planificación de los mismos redundan en una multiplicación de beneficios a la población.

Por lo dicho, se hace necesario que los poderes de gestión involucrados en la construcción del hábitat humano **planifiquen bioclimáticamente las ciudades.**

Esa decisión deberá efectivizarse a través de una **normativa de diseño urbano bioclimático** que se oriente a acondicionar pasivamente los espacios públicos. Dicha normativa debe atender a los aspectos mencionados más arriba: índices urbanísticos, geometría de los canales viales, orientación de la trama urbana, diseño de manzanas y lotes, tecnología de calles, tipos y distribución de los espacios verdes, especies arbóreas apropiadas, características del arbolado de alineación.

En el conjunto de las citadas estrategias bioclimáticas en la ciudad, **la intervención en el sistema de espacios verdes** es una de las más factibles de materializar, ya que puede realizarse tanto en urbanizaciones existentes como en asentamientos nuevos, procurando de manera sencilla y relativamente rápida el mejoramiento en las condiciones de vida de sus habitantes.

Dicha intervención debe estar normada a partir de la aplicación de **indicadores de verde urbano bioclimático** que regulen su densidad en el espacio urbano, su relación con la cantidad de habitantes, sus dimensionamiento, sus improntas arbóreas y de solados, el confort térmico que en ellos se experimenta y las especies arbóreas apropiadas al árido para ser plantadas en la ciudad.

Objetivos

Objetivo general

- Proponer lineamientos de planificación bioclimática de los espacios verdes públicos que modifiquen el clima urbano de ciudades localizadas en zonas áridas, como aporte al confort higrotérmico de la población y contribución con la sustentabilidad ambiental urbana.

Objetivos Específicos

- Estudiar los espacios verdes urbanos (EVU) como parte del sistema ambiental de una ciudad localizada en zona árida.
- Seleccionar y aplicar índices de confort térmico para espacios abiertos, que permitan cuantificar la contribución de los EVU al acondicionamiento bioclimático urbano, para identificar sus principales parámetros e índices arbóreos.
- Caracterizar las tipologías morfológicas y morfo-bioclimáticas de los EVU para individualizar las variables perceptuales y geométricas que inciden en su aporte higrotérmico al clima urbano.
- Identificar y caracterizar las especies arbóreas apropiadas para ambientes urbanos áridos.
- Elaborar lineamientos de un marco normativo bioclimático para los espacios verdes y el arbolado de alineación, que contribuyan con la mitigación de la rigurosidad del clima urbano en ambientes áridos.

Hipótesis

Hipótesis General

La planificación bioclimática del verde urbano público colabora con la sustentabilidad ambiental de las ciudades, al mitigar el clima urbano y aportar al confort higrotérmico de la población en espacios abiertos e interiores edificios.

Hipótesis Específicas

Nº1: Los espacios verdes en su intercambio energético con el resto de los elementos de la ciudad, actúan como modificadores del clima urbano árido.

Nº2: Los índices de confort permiten cuantificar el aporte bioclimático de los espacios verdes a la ciudad y posibilitan identificar los parámetros de mayor incidencia en su rol como mitigadores del clima urbano.

Nº3: El diseño morfológico de los espacios verdes, contribuye con el aporte higro térmico al clima urbano árido.

Nº4: Las especies arbóreas apropiadas para ambientes urbanos, intervienen en la mitigación del microclima de las ciudades.

Nº5: La normativa bioclimática de regulación del verde urbano público constituye una herramienta de gestión imprescindible, para mitigar los efectos del clima urbano árido.

Metodología de la Investigación

La revisión del estado del arte precedida por los fundamentos científicos en los que se enmarca la tesis, introduce en la temática de aridez bioclimática, clima natural y clima urbano del árido, dentro del cual se hace hincapié en estudios de Isla de Calor Urbana. Las interrelaciones bioclimáticas entre el árido y la ciudad se desarrollan en base a trabajos propios y en coautoría, realizados sobre el Área Metropolitana de San Juan. Con la información presentada, se define y delimita el objeto de estudio.

El confort térmico se aborda en forma analítica y empírica. Luego del análisis de los índices de mayor aplicación en espacios abiertos, se seleccionan los apriorísticamente más adecuados al ambiente urbano árido. Se diseña un programa de mediciones climáticas de los EVU que incluye registros de datos móviles y fijos. Se realizan cuatro campañas de mediciones para los 19 EVU en estudio. Para asumir los registros obtenidos sincrónicamente a las 12:00 HSV, correspondiente a las 13:30HOA, se trasladan los datos, conforme registros minuto a minuto de estaciones meteorológicas de control correspondiente a cada día de medición.

Los índices de confort calculados para cada EVU, se analizan en correlación con las variables climáticas: temperatura, humedad relativa y viento.

La tipificación morfológica de los EVU se aborda a través de una matriz morfológica que codifica en 5 rangos estadísticos, sus respectivas dimensiones perceptuales, geométricas y significativas. Igual método se utiliza en la elaboración de una matriz morfo-bioclimática al incorporar los resultados de la categorización de los EVU según la diferencia entre los índices de confort térmico de su propio ámbito y el de su entorno urbano.

El proceso para la identificación de las especies arbóreas apropiadas al ambiente árido urbano se realiza a partir de las singularidades urbanas que presionan a la forestación y se identifican las variables arbóreas influidas por las mismas. Estas son: Índice Bioclimático Arbóreo, Requerimiento de agua, Magnitud Arbórea, Ancho de Copa, Forma de Copa, Tasa de crecimiento, Resistencia a los vientos, Tipo de Suelo, Nivel de Alérgenos, Resistencia a la contaminación y Afectación al pavimento.

Las variables aludidas se incorporan a una matriz que codifica en 3 rangos estadísticos la adecuación de las especies arbóreas predominantes en los EVU estudiados y en el arbolado de alineación. Se obtiene un indicador de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea que identifica las especies más apropiadas para su plantación en ciudades de clima árido. El procedimiento se realiza distinguiendo dicha adaptabilidad, para los árboles plantados en espacios verdes y para los que conforman el arbolado de alineación. A su vez, éste se define en función de diferentes anchos de perfiles de calles.

Del análisis integrado de: i) indicadores de verde urbano recomendados por organismos internacionales, ii) estado de situación en ciudades europeas y latinoamericanas, iii) normativa de la provincia de San Juan, iv) superficie de verde en el Área Metropolitana de San Juan, v) cobertura bioclimática del AMSJ total y por Bandas Urbanas Características (real y óptima), se definen y cuantifican dos tipos de indicadores de verde urbano: Indicador de Densidad e Indicador de Superficie Verde por habitante. Este último se desagrega en: Indicador de EVU Barriales, Indicador Parque Urbano e Indicador Arbolado de Alineación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fourez, Gérard (1994) *La Construcción del Conocimiento Científico*. Narcea S.A. de Ediciones, Madrid.
- Khun, Thomas (1978) *La estructura de las Revoluciones Científicas* Fondo de Cultura Económica. México.
- Kurbán, A. (2001) *Arquitectura y sustentabilidad en una zona árida*. Tesis de Maestría en Arquitectura y Diseño. FAUD-UNSJ.
- Kurbán, A. Cúnsulo, M., Álvarez. A., Montilla, Ortega, A. (2016) *Bioclimatic architecture and energy savings of the urban housing in arid environments*. Proceedings del SBE16 Brazil & Portugal Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment. Victoria, Brasil, 7 al 9/09/2016.

- Kurbán, A; Cúnsulo, A.; Álvarez, A.; Montilla, E.; Ortega, A. (2015) *The role of Bioclimatic Architecture In the reduction of the emission of CO2 in arid environments. Environmental Science: An Indian Journal*. Ed. Trade Science Inc ISSN 0974-7451. Volume 11 Issue 6. Págs. 171 a178.
- Levine, R. y Yanarella E.J. (1990) Does Sustainable development lead to sustainability? Proceedings of the 15th National Passive Solar Conference pp. 377-385. Austin, Texas.
- Naselli, C. y Montaner J. (999) Los nuevos Paradigmas de la Ciencia. SUMMA +33 Editorial Donn S.A. Buenos Aires.
- Rueda, Salvador (2012) El urbanismo ecológico: un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual. Del libro: El Urbanismo Ecológico. Su aplicación en el diseño de un Ecobarrio en Figueres. Autores libro: Rueda, S., de Cáceres, R., Cuchí, A., Brau, Ll. Edición BCNecología (Agencia de Ecología Urbana). ISBN: 978-84-615-6947-2. Barcelona.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2015) Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Buenos Aires.

CAPÍTULO I

SISTEMA AMBIENTAL DEL ÁRIDO
Y VERDE URBANO

CAPÍTULO I

SISTEMA AMBIENTAL DEL ÁRIDO Y VERDE URBANO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

2. LA CIUDAD COMO UN SISTEMA AMBIENTAL

- 2.1. El sistema ambiental y la ciudad como estructura disipativa
- 2.2. Aridez Bioclimática
- 2.3. Clima Urbano
- 2.4. Masa térmica - Bandas Urbanas Características
- 2.5. Isla de Calor Urbana

3. INTERRELACIONES BIOCLIMÁTICAS ENTRE LOS EVU Y EL SISTEMA URBANO

- 3.1. Intercambio energético entre los elementos del sistema urbano
- 3.2. Espacios Verdes Urbanos
- 3.3. Antecedentes de estudios del intercambio energético forestación/ciudad

4. ESPACIOS VERDES URBANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

- 4.1. Distribución de los EVU en el Área Metropolitana de San Juan
- 4.2. Componentes del subsistema de EVU
- 4.3. Efectos Térmico y Humídico de los EVU del AMSJ
- 4.4. Archivo de Datos Urbanísticos y Arbóreos de los EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO I

SISTEMA AMBIENTAL DEL ÁRIDO Y VERDE URBANO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

Se enmarca la ciudad como parte de un sistema ambiental. Se caracteriza el ambiente urbano árido en función de bibliografía específica y de trabajos de la tesista realizados para el Área Metropolitana de San Juan.

Los espacios verdes de la ciudad se identifican según su aporte a la mitigación del clima urbano árido, caracterizándose cada uno en función de su localización, índices urbanísticos, parámetros arbóreos y efecto bioclimático.

Los relevamientos in situ y bibliográficos de los espacios verdes del Área Metropolitana de San Juan, se estructuran en un archivo y fichaje que incluye datos urbanísticos, arbóreos y procesamientos de la información.

2. LA CIUDAD COMO UN SISTEMA AMBIENTAL

2.1. EL SISTEMA AMBIENTAL y LA CIUDAD COMO ESTRUCTURA DISIPATIVA

2.1.1. Los asentamientos humanos: un sistema ambiental

Los asentamientos humanos pueden conceptualizarse como un sistema caracterizado por interrelaciones ecológicas de factores naturales y antropizados en un permanente flujo de materia, energía e información (Papparelli, Kurbán y Cúnsulo, 2003).

En Diagnóstico Ambiental de Ecosistemas Humanos, los autores proponen una Estructura Conceptual de Referencia (Figura 1) basada en los conceptos anteriores, que hace foco en que sea cual fuere la naturaleza del problema o situación en estudio, no se pierdan de vista las implicancias que pudieran surgir del nuevo desarrollo o política resultante, tanto para el ambiente natural como para el antropizado.

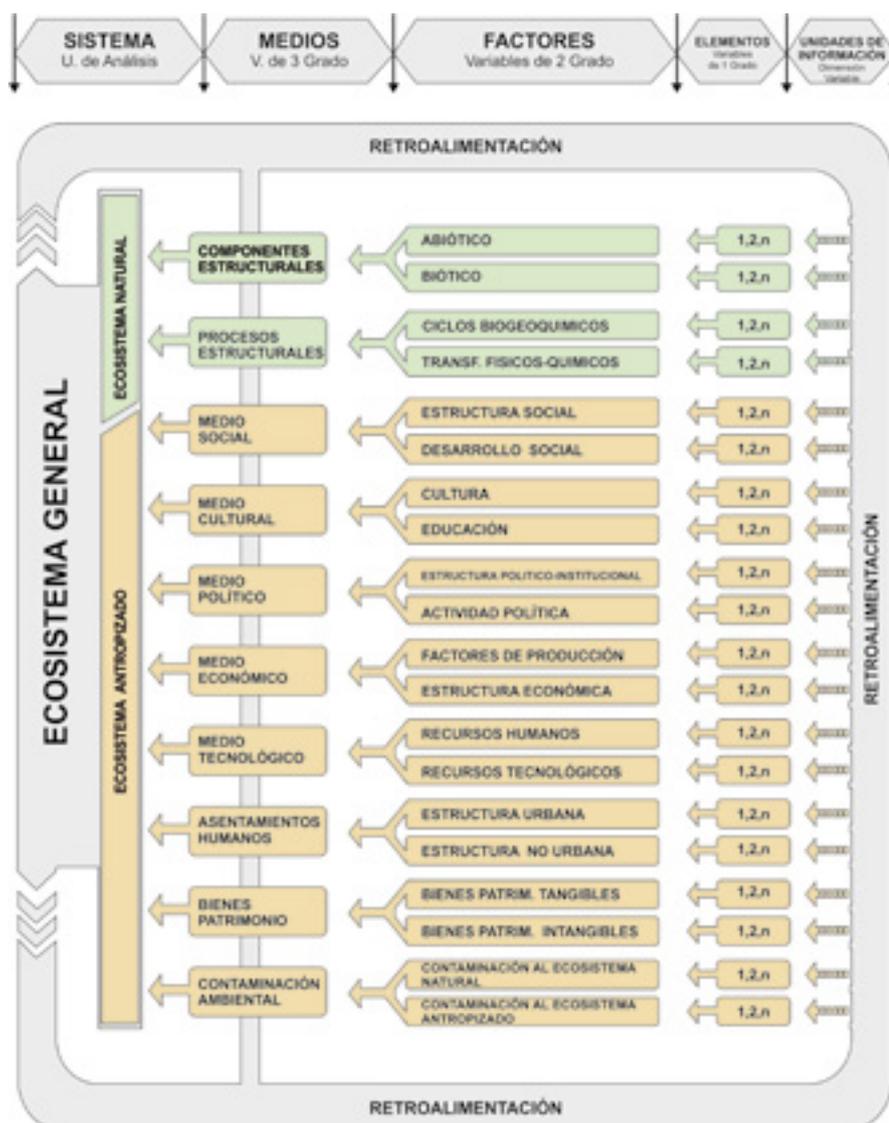


Figura 1: Estructura Conceptual de Referencia para la Caracterización y Diagnóstico Ambiental de un asentamiento humano. Fuente: Papparelli, et al. (2003).

La Estructura concibe el Ambiente como un sistema que considera la interrelación constante entre las unidades de información más pequeñas y desagregadas, con el Sistema General a través de distintos niveles de complejidad temática creciente, conformados por:

- Unidades de Análisis:
- Variables de 3er Grado: MEDIOS
- Variables de 2º Grado: FACTORES
- Variables de 1er Grado: ELEMENTOS
- Dimensión de Variables de 1er Grado: UNIDADES DE INFORMACION

El carácter cambiante de todos los procesos del sistema, al tratarse de una entidad totalizadora y abarcativa con características intrínsecas de dinámica y movilidad, genera información en cada uno de sus componentes y los modifica continuamente. De esta manera, se crea un permanente flujo de retroalimentación que vigoriza el Ecosistema General, permitiéndole su evolución, transformación y desarrollo.

2.1.2. La ciudad como estructura disipativa

Las ciudades son casos paradigmáticos de la generación de externalidades no deseadas (entropía) y de sistemas cuya generalización territorial resulta insostenible en el tiempo debido al enfoque analítico-parcelario característico de la civilización industrial aplicado a la solución de problemas y a la búsqueda de rentabilidad a corto plazo. Por tanto, los asentamientos humanos podrían concebirse como estructuras disipativas (Rees, 1998).

Estas estructuras, son coherentes, autoorganizadas. Reciben aporte energético del exterior y producen entropía. La economía humana es una de las más ordenadas y dinámicas estructuras disipativas en no-equilibrio. Ese concepto, le valió en el año 1977 el premio Nobel de Química a Ilya Prigoyine “por su gran contribución a la acertada extensión de la teoría termodinámica a sistemas alejados del equilibrio, que sólo pueden existir en conjunción con su entorno”

En las ciudades, las mejoras obtenidas en las condiciones de salubridad y habitabilidad que posibilitaron su enorme crecimiento, se consiguieron generalmente a costa de acentuar la explotación y el deterioro de otros territorios. A su vez el mismo crecimiento insustentable pone en peligro los logros en salubridad y habitabilidad.

No obstante, la entropía generada podría disminuir si se repensara la concepción de los asentamientos humanos, su planificación, el diseño urbano y el diseño arquitectónico, en términos tanto conceptuales como espaciales. De esa manera, algunas de las siguientes estrategias podrían aportar en las diferentes escalas de aplicación de la disciplina arquitectura (Kurbán, 2001):

- Conocer ambientalmente el lugar a intervenir, realizando diagnósticos integrales del sistema ambiental de inserción; identificar disfunciones; estudiar sus interrelaciones.
- Conocer la oferta ambiental disponible del lugar, para adoptar medidas que tiendan a potenciar su uso adecuado.

- Aplicar estrategias y prácticas constructivas que reemplacen el uso de fuentes de energía no renovables por otras renovables como la solar, eólica, térmica, biogás.
- Lograr un uso sustentable de los recursos naturales no renovables.
- Proponer el uso de tecnologías y materiales constructivos apropiados.
- Promover la reutilización de los materiales constructivos, capitalizando la existencia de edificios existentes.

2.2. ARIDEZ BIOCLIMÁTICA

De las tierras emergidas de nuestro planeta, aproximadamente el 47% corresponde a ecosistemas áridos y el 35% es de alto riesgo sísmico. En ellos vive el 14% de la población mundial. En nuestro país las zonas áridas componen el 69% del territorio, el porcentaje más alto de todos los países de Latinoamérica según el Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (UNESCO, 2010)⁹. Estas zonas disponen de sólo el 12% de los recursos hídricos superficiales y su población constituye aproximadamente el 30% del total nacional.

El concepto “aridez bioclimática”, consecuencia de la interrelación del clima con los seres vivos, está asociado principalmente al tipo de suelo, a la precipitación, la evapotranspiración potencial, la radiación solar, los vientos, la humedad atmosférica y la acción del hombre en el ambiente.

El grado de aridez bioclimática de una región depende de la relación entre la cantidad de agua precipitada en un año (P) y la cantidad perdida por evaporación y transpiración en un año (ETP), es decir la relación P/ETP denominada índice de aridez (UNESCO 1977).

UNESCO agrupa las zonas áridas de acuerdo con su índice de aridez, en cuatro categorías:

a) HIPERÁRIDA: $P/ETP < 0,03$

Corresponde a climas desérticos con muy bajas e irregulares lluvias (menos de 100mm al año), las que se producen en cualquier estación del año; no hay vegetación perenne, excepto algunos arbustos en el lecho de los ríos secos.

b) ÁRIDA: $0,03 < P/ETP < 0,20$

Corresponde a zonas con una precipitación entre 80-150 mm al año y 200-350

⁹ El orden de los tres primeros países en porcentaje de aridez son: Argentina con 69%; México con 65% y Chile con 58%. El Atlas constituye un proyecto realizado en el marco de UNESCO - PHI y del Gobierno de Flandes, Departamento de Ciencias e Innovaciones.

mm al año; hay estepas arbustivas y la vegetación es escasa. En algunas regiones la velocidad del viento y la sequedad del aire hacen imposible la agricultura.

c) SEMIÁRIDA: $0,20 < P/ETP < 0,50$

Son regiones de estepa, con sabanas y árboles achaparrados, en ellas es posible la agricultura de secano. La precipitación anual varía entre 300-400mm al año y 700-800 mm en regímenes estivales y entre 200-250 y 400-450 en regímenes invernales.

d) SUBHÚMEDA: $0,50 < P/ETP < 0,75$

Incluye ciertos tipos de sabanas tropicales, maquis y chaparrales en climas mediterráneos. En ella se manifiestan procesos de desertificación como resultado de la degradación del suelo y la vegetación.

Clima macroescalar de San Juan

La provincia de San Juan, se localiza dentro de la Diagonal Árida Sudamericana y según el citado Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe, en ella se encuentra la única Región Xérica de Argentina (Figura 2). Esta región cubre solo el 1% del territorio nacional y corresponde en su mayoría a la zona centro-este de la Provincia de San Juan y el noreste de la Provincia de Mendoza¹⁰.

San Juan posee uno de los climas más rigurosos de las zonas áridas sudamericanas: ocupa el primer lugar por su índice de continentalidad (40,5), temperaturas promedio máximas anuales (26,2°C) y mínimas anuales (10,2°C); el segundo lugar por los porcentajes de heliofanía relativa (71,8%) y el tercer lugar por sus índices hídricos y de aridez (-53,8 y 0,102, respectivamente); por la precipitación anual (96 mm) y por la radiación solar (anual: $456,3 \text{ cal} \times \text{cm}^{-2} \times \text{día}^{-1}$).

En función de los parámetros citados, puede caracterizarse el clima de San Juan como: árido continental mesotermal con elevadas oscilaciones diurnas y anuales de temperatura; fuerte radiación solar en verano y nubosidad moderada distribuida uniformemente a lo largo del año. Veranos calurosos, 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 tempestades de polvo luego del viento local Zonda (tipo foehn).

En las Figuras 3 a 8, se presentan sendos gráficos correspondientes a las principales

¹⁰ La clasificación Xérica, que se suma a las cuatro iniciales de UNESCO (1977), se obtiene por la aplicación del indicador Régimen de Aridez (que complementa el Índice de Aridez) calculado sobre la base de extensión del periodo seco. Este indicador considera la repartición de la evapotranspiración y la precipitación a nivel mensual, incorporando el efecto de la estacionalidad.

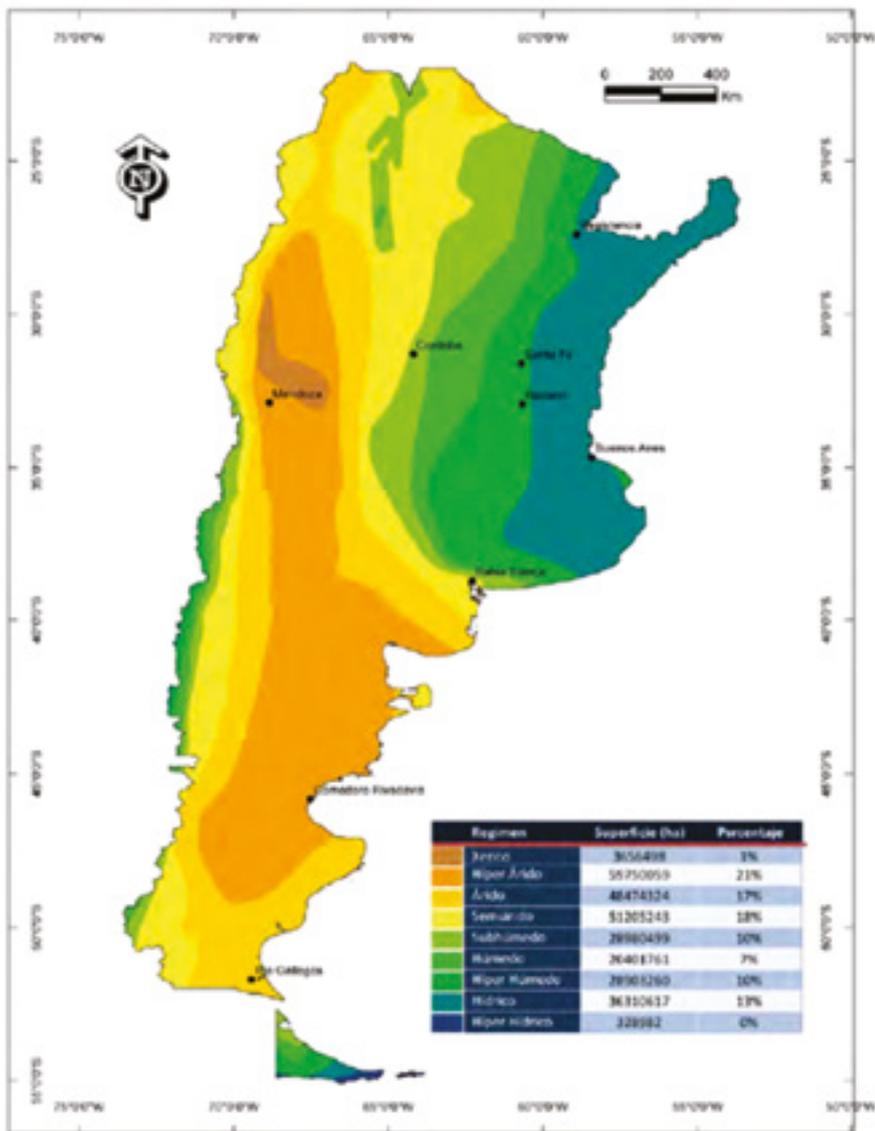


Figura 2: Zonificación de Regímenes de Aridez en Argentina.
Fuente: ATLAS de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (2010).

variables del clima macroescalar de San Juan¹¹, según la estadística treintaenal 1968-1997 de la Estación INTA San Juan (Cornejo y Silva, 2000).

¹¹ Procesamiento gráfico perteneciente al material digital del dictado del Módulo: Cualidades Ambientales Regionales. Maestría en Arquitectura de Zonas Áridas. FAUD-UNSJ 2014. Autora Arq. Alejandra Kurbán.

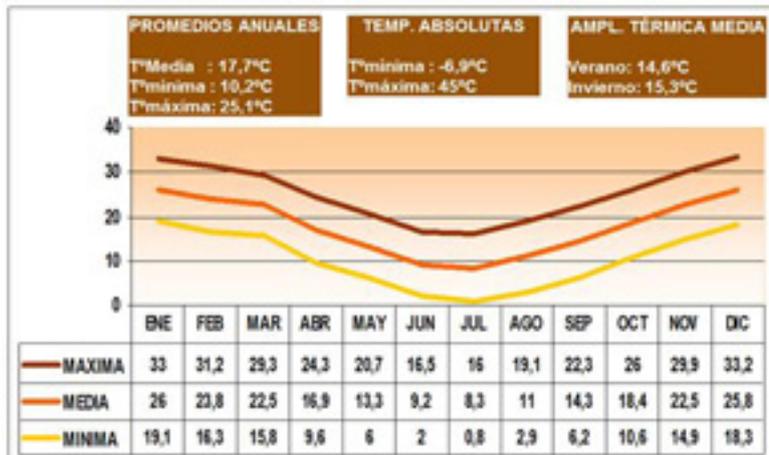


Figura 3: Temperatura del clima macroescalar de San Juan
 Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.



Figura 4: Humedad Relativa del clima macroescalar de San Juan
 Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

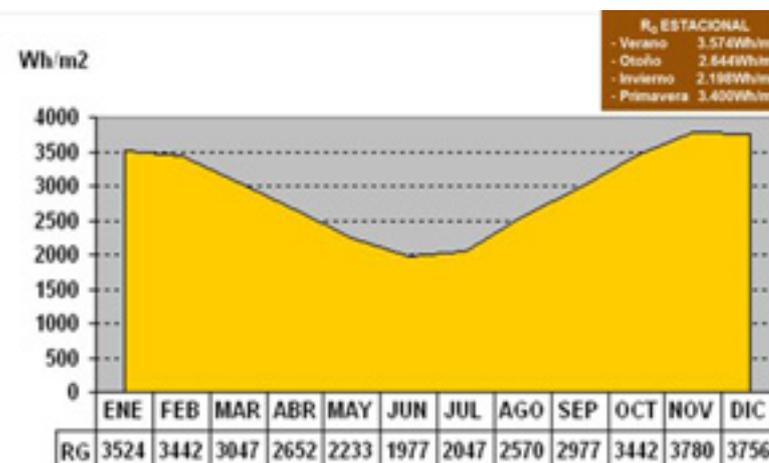


Figura 5: Radiación Solar Global Total Diaria clima macroescalar de San Juan
 Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

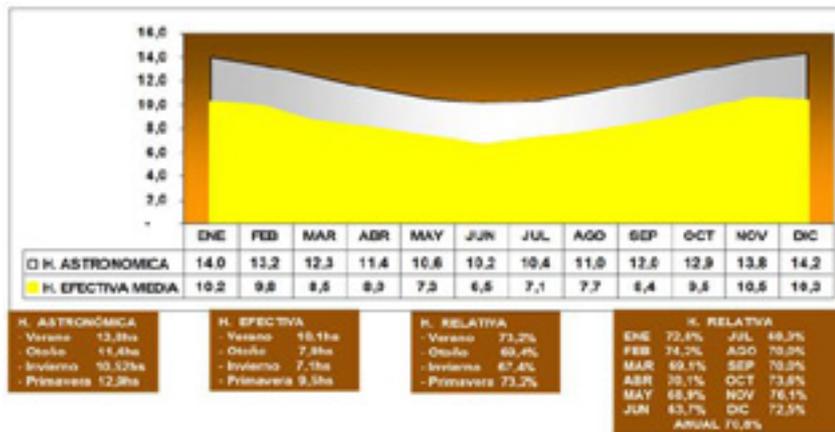


Figura 6: Heliofanía del clima macroescalar de San Juan
Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

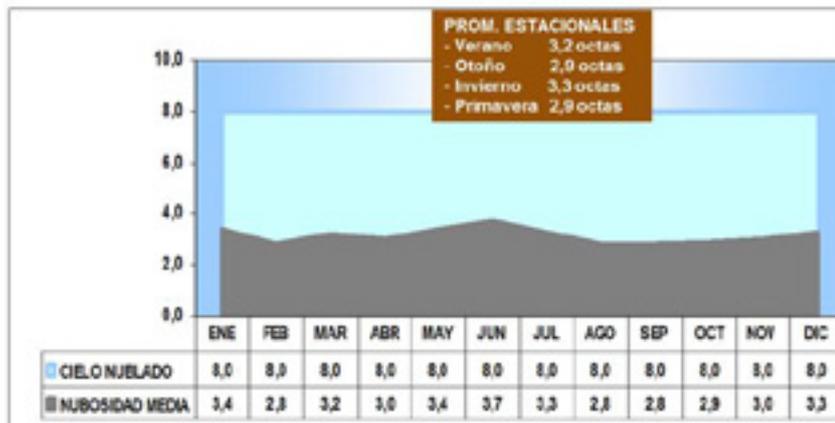


Figura 7: Nubosidad del clima macroescalar de San Juan
Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

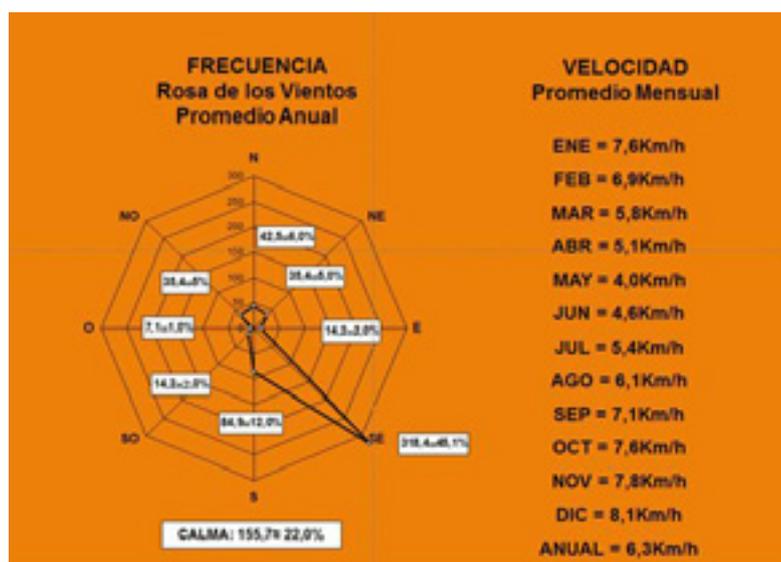


Figura 8: Rosa de los Vientos clima natural de San Juan
Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

El Balance Hídrico del clima macroescalar de San Juan, calculado sobre la estadística del INTA ya citada, se muestra en la Figura 9. Este Balance, integra los parámetros más característicos del clima y relaciona Precipitación (P), Evapotranspiración potencial (ETP), Exceso de agua y Déficit de agua.

Siendo:

- P: Cantidad de agua en estado líquido y sólido que cae a la tierra.
- ETP: Cantidad máxima de agua capaz de ser evaporada por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo¹².
- DA: Es igual a la diferencia entre ETR (Evapotranspiración Real) y ETP (mientras mayor es la diferencia mayor es el déficit).

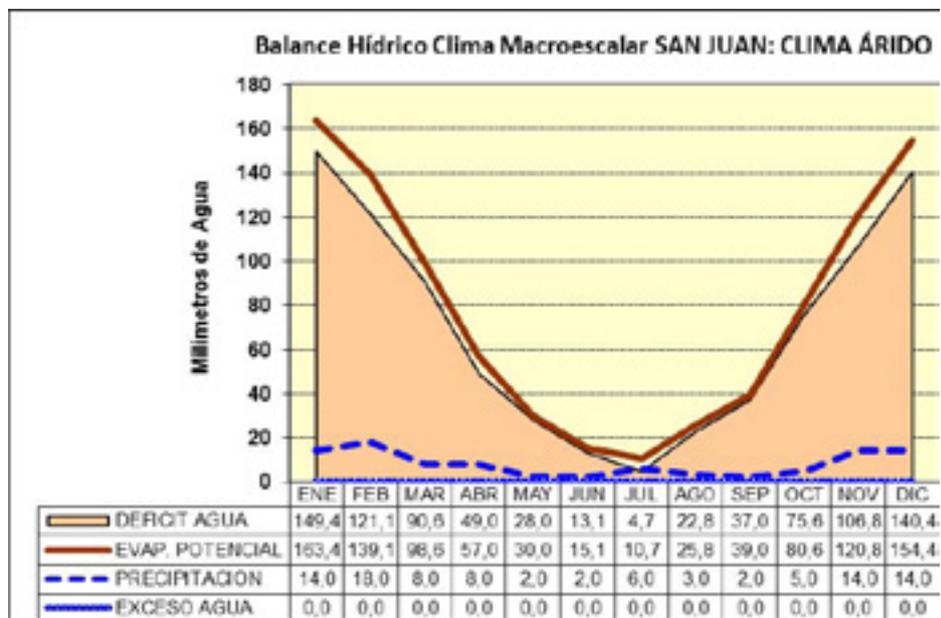


Figura 9: Balance hídrico del clima macroescalar de San Juan.
Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.

2.3. CLIMA URBANO

Los procesos de antropización en áreas urbanas, debido a los crecientes cambios en las condiciones del soporte físico original, conllevan una alteración del clima macroescalar producida por los volúmenes edilicios, las características de la infraestructura vial, la forestación urbana y el calor antropogénico (población, contaminación atmosférica por automóviles, emanaciones de calor a la atmósfera por uso de sistemas de acondicionamiento ambiental).

¹² Este valor se calcula integrando datos de radiación solar, temperatura, humedad atmosférica y vientos.

Al superar ciertos niveles de densidad urbana, dichos cambios son más marcados e influyen en las condiciones higrotérmicas, tanto en los espacios abiertos como en los interiores edilicios.

Este estado final del clima macroescalar modificado, es denominado *clima urbano* y su conocimiento científico constituye el punto de partida para ser incorporado como dato real al diseño bioclimático, para obtener condiciones de confort higrotérmico para la población. De esta manera, el *clima urbano* se constituye en una herramienta esencial para la planificación y diseño urbano-arquitectónico.

2.3.1. Clima Urbano del Área Metropolitana de San Juan

La distribución espacial del clima urbano se corresponde con las características de la distribución espacial en la ciudad. Por ello, en las zonas con mayor densificación edilicia los valores de temperatura ascienden en correspondencia con el descenso de la humedad relativa. A su vez, en presencia de espacios verdes arbolados, el comportamiento higrotérmico se modifica, invirtiéndose.

En las Figuras 10 y 11 se muestran las isotermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan (AMSJ), correspondientes al verano e invierno del año 2011. Fueron obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales Landsat 5 TM+, referenciada con datos térmicos in situ del área urbana, por Cúnsulo *et al.* (2013) en base a datos tridiurnos estacionales distribuidos aleatoriamente en la ciudad, según el método PCK (2009), obtenidas con registros itinerantes en 64 puntos de la ciudad. El programa colorea con una escala del verde al rojo, según los datos térmicos de cada isolínea. Puede observarse que se presentan “islas” frescas, las que superpuestas al catastro de la ciudad, coinciden con los espacios verdes urbanos (Figuras 12 y 13).

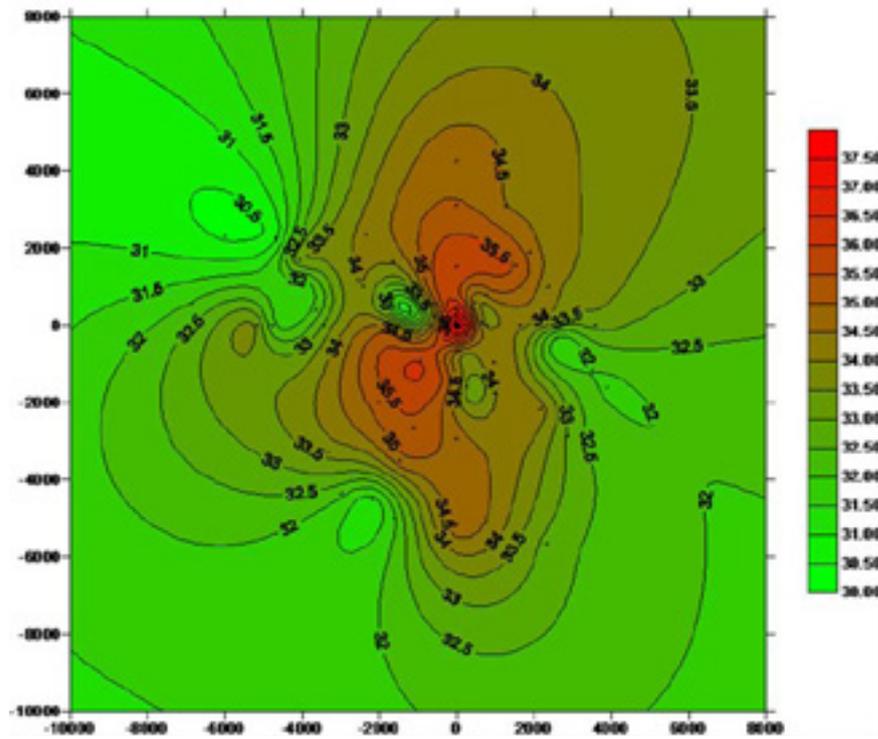


Figura 10: Isothermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales - Verano, año 2011
Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

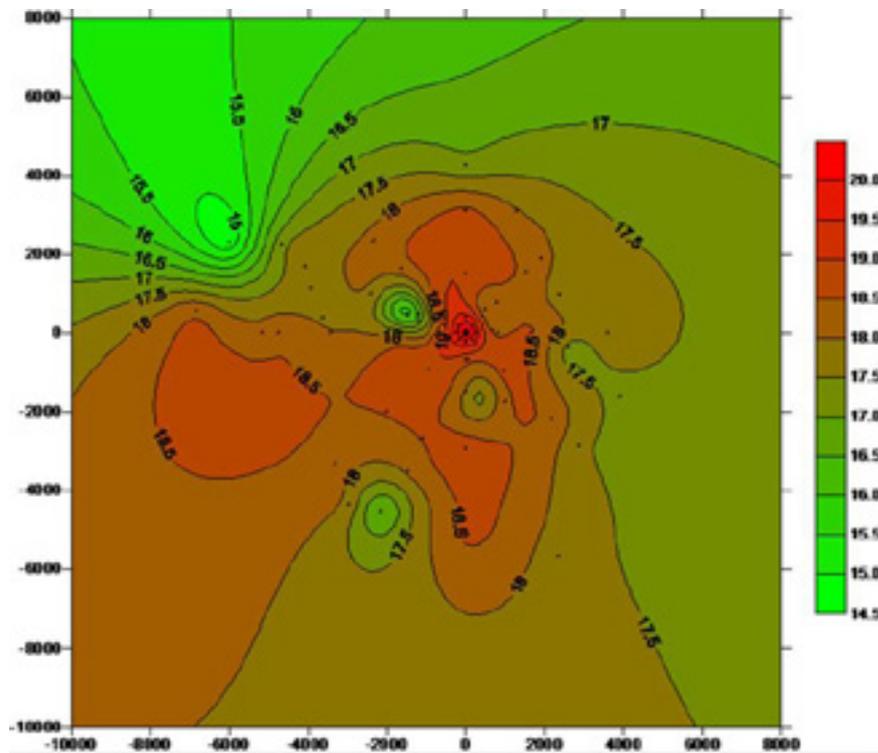


Figura 11: Isothermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales. Invierno año 2011
Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

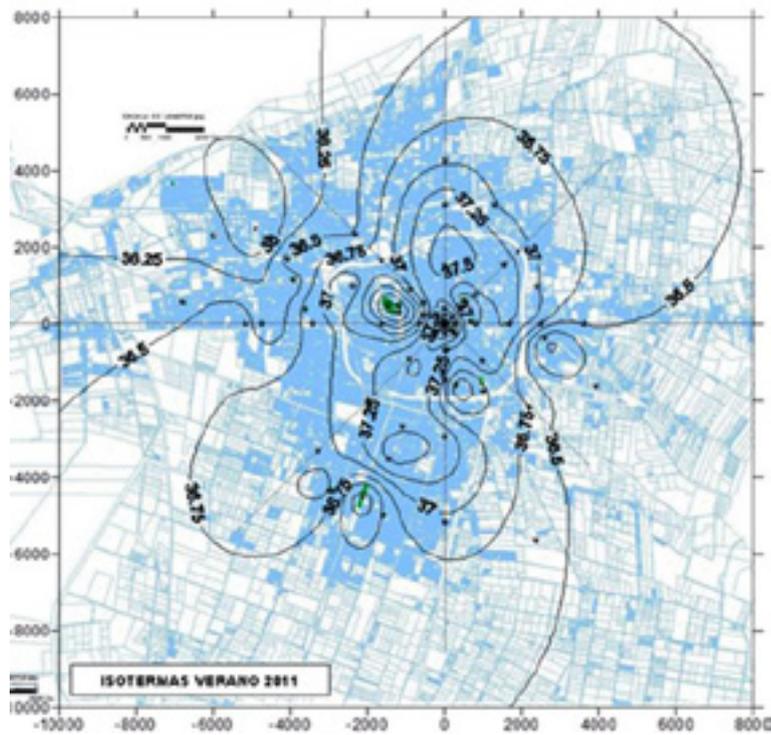


Figura 12: Isothermas del clima urbano del AMSJ obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales, sobre el catastro de la ciudad. Verano año 2011. Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

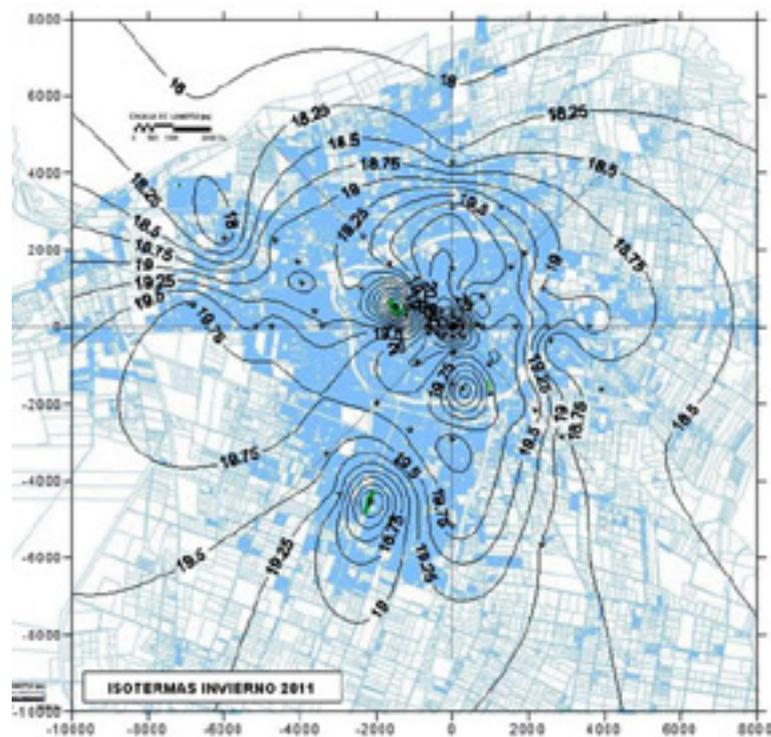


Figura 13: Isothermas del clima urbano del AMSJ obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales, sobre el catastro de la ciudad. Invierno año 2011. Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

En la Figura 14 se muestra un perfil esquemático de la distribución de la temperatura urbana en el AMSJ, en la dirección este-oeste y en la Figura 15 se presentan los promedios anuales de Temperatura, Humedad Relativa y Radiación Solar Global, del período 1995-2010 (Ortega *et al.*, 2013). La Figura 16 muestra el gráfico del Balance Hídrico del Clima Urbano Árido de la ciudad, estadística 1995-2013 (Cúnsulo *et al.*, 2013 y Kurbán *et al.*, 2014).

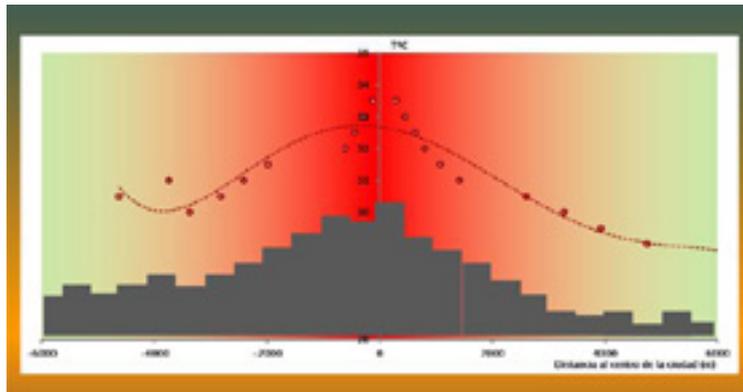


Figura 14: Perfil de la distribución de la temperatura urbana en el AMSJ, Verano 2011. Dirección Este-Oeste. Fuente: Cúnsulo et al. (2013). Elaboración propia.

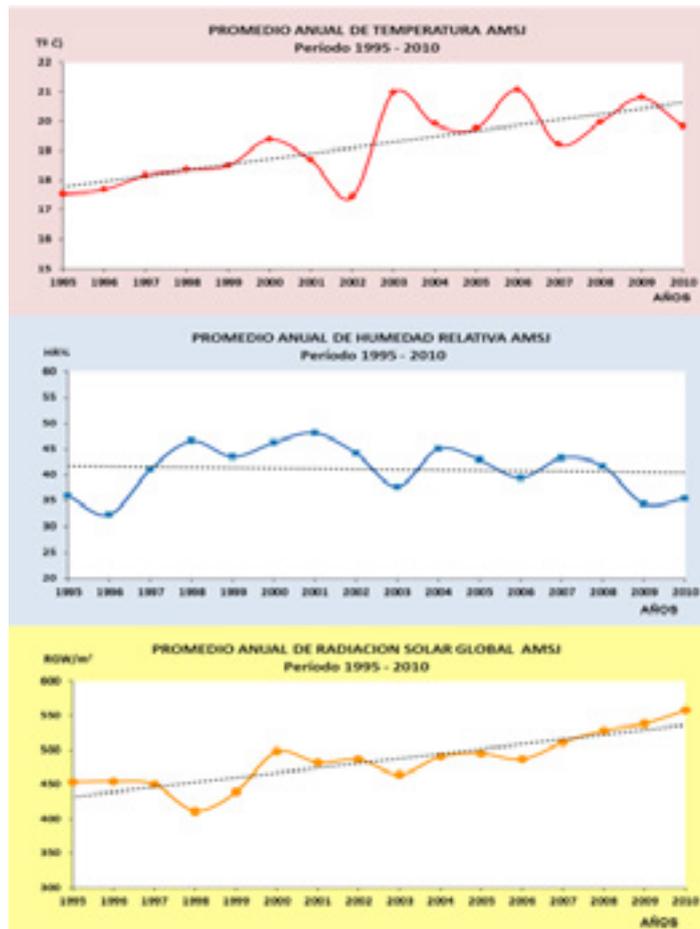
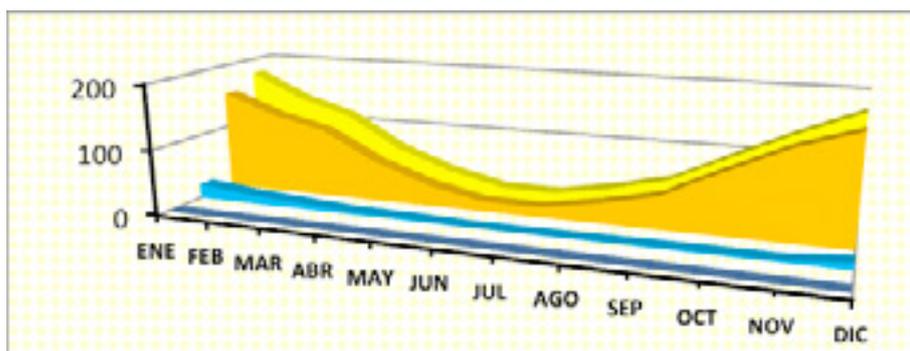


Figura 15: Promedios anuales de T°C, HR% y RGW/m² del Área metropolitana de San Juan. Estadística 1995-2010. Fuente: Ortega et al. (2013).



VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
EXCESO AGUA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRECIPITACION	21,14	14,04	8,85	3,92	3,01	0,64	0,64	1,2	2,23	2,67	2,57	10,45	77,72
DEFICIT AGUA	155,76	125,06	105,65	61,68	32,59	15,76	15,56	30,5	50,27	93,13	135,03	164,75	979,28
ETP	176,9	139,1	114,5	65,6	35,6	16,4	16,2	31,7	52,5	95,8	137,6	175,2	1057

Figura 16: Balance Hídrico del AMSJ. Estadística 1995-2013.
Fuente: Cúnsulo et al. (2013) y Kurbán et al. (2014). Elaboración propia.

2.4. MASA TÉRMICA - BANDAS URBANAS CARACTERÍSTICAS

La experiencia obtenida en diagnósticos ambientales ejecutados para varios casos-problema de asentamientos humanos (Papparelli *et al.*, 2003), detectó que en las curvas representativas del comportamiento modelizado de la distribución espacial centro-periferia de los índices urbanísticos y en especial las del Factor de Ocupación del Suelo (FOS) se presentan tramos con curvaturas bien diferenciadas. De estos modelos se pudo inferir la existencia de comportamientos generalizados en sus curvas de ajuste y visualizar en general cuatro tramos de curvaturas distintas.

Lo anterior indicó la presencia de cuatro áreas o zonas típicas en cuanto a las características y el comportamiento de la condición urbanística del asentamiento. A estas zonas se las denominó: Bandas Urbanas Características (BUC), definidas como: “Áreas homogéneas y continuas del ejido urbano, con índices urbanísticos de similar valor que identifican su condición territorial y su estado de situación espacial, comprendidas entre dos isolíneas representativas de Factores de Ocupación del Suelo, las que actuando como límites, determinan una superficie circunvalar al centro principal de la ciudad” (Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, 2009). Cada BUC se denomina: Banda Eminentemente Urbana (EU); Banda Urbana (UR); Banda Suburbana (SU); y Banda No Urbana (NU). Para el año 2010, las BUC en la ciudad de San Juan, presentan los siguientes valores y distribución espacial (Tabla 1; Figura 17).

BANDAS URBANAS CARACTERÍSTICAS	FACTOR DE OCUPACIÓN DEL SUELO	DENSIDAD VOLUMÉTRICA EDILICIA	SUPERFICIE	POBLACIÓN
BANDA EMINENT. URBANA	FOS \geq 40%	DV \geq 15.000m ³ /Ha	12.324.721	42.366
BANDA URBANA	40% > FOS \geq 20%	15.000m ³ /Ha > DV \geq 8.000m ³ /Ha	57.159.230	253.415
BANDA SUUBURBANA	20% > FOS \geq 5%	8.000m ³ /Ha > DV \geq 1.000m ³ /Ha	57.074.178	162.445
BANDA NO URBANA	5% > FOS	1.000m ³ /Ha > DV	TOTAL AMSJ 126.558.129	TOTAL AMSJ 458.230

Tabla 1: Valores límite de FOS y DV de las Bandas Urbanas Características en el AMSJ. Superficie y Población en cada BUC. Fuente: Kurbán, et al (2013); Papparelli, et al., (2015).

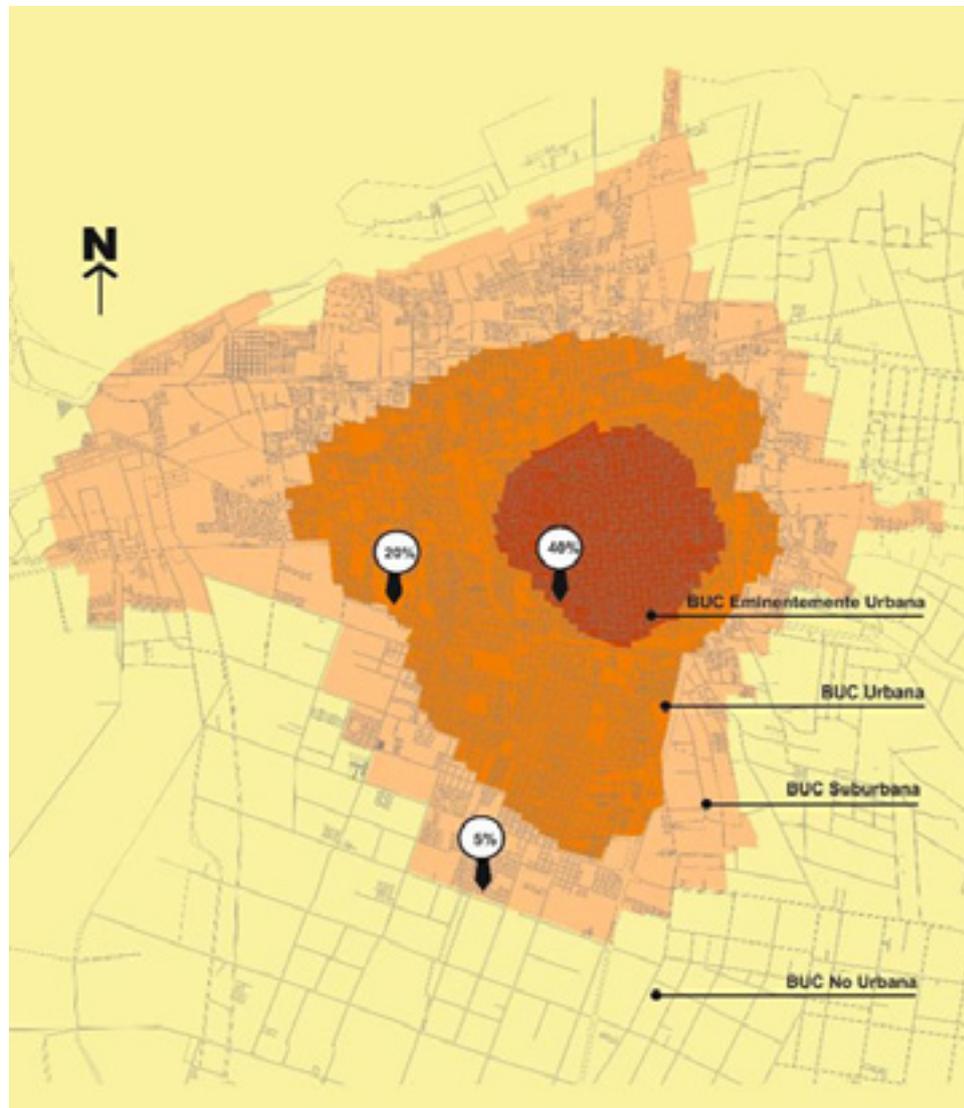


Figura 17: Bandas Urbanas Características en el AM San Juan Fuente: Kurbán et al. (2013) y Papparelli et al. (2015).

2.5. ISLA DE CALOR URBANA

Del análisis interrelacionado de las isotermas e isohumas de la ciudad, con las Bandas Urbanas Características, pudo inferirse cómo la modalidad de la distribución espacial de la ciudad, tiene su correlato en la modalidad y distribución espacial del clima urbano. De tal manera, uno de los aspectos más importantes de la climatología urbana lo constituye la *isla de calor urbana*, fenómeno que se produce por la alteración de cuatro mecanismos físicos (Mazzeo, 1984):

- a) Balance de radiación: está perturbado por los cambios en las propiedades de las superficies pues el paisaje natural es reemplazado por cemento y ladrillo.
- b) Flujo natural y turbulencia del aire: se modifican por la presencia de áreas construidas que constituyen obstáculos para el viento.
- c) Balance del vapor de agua: se modifica por el cambio de superficies húmedas por secas.
- d) Aumento de la emisión de calor, de vapor de agua y de contaminantes: estos efectos se emiten a la atmósfera provocada por las zonas urbanas respecto a las rurales.

Asimismo existen interacciones entre estos mecanismos: por ejemplo, la contaminación del aire afecta al balance de radiación y al régimen térmico.

De tal manera se define como *isla de calor urbana* al calentamiento relativo de la ciudad comparado con las condiciones pre-urbanas o no urbanas, o de otra manera, a las diferencias entre la temperatura urbana y la rural (Mazzeo, 1984). Algunos autores (Garland, 2011), la consignan como oasis *invertido* ya que las temperaturas del aire y de las superficies son más cálidas que aquellas en sus entornos rurales. Stewart y Oke (2012), identifican la Isla de Calor como la diferencia de temperatura entre dos zonas climáticas diferentes (LCZ)¹³, caracterizadas cada una por presentar uniformidad en su cobertura de suelo, estructura urbana y actividades humanas.

Estos fenómenos son los principales aspectos de la climatología urbana, por su directa incidencia en la calidad de vida de sus habitantes, principalmente aquellas localizadas en zonas áridas (Oke, 2006).

¹³ Stewart y Oke, definieron zonas urbanas homogéneas a las que denominaron Local Climate Zones, en relación con el uso del suelo y las características edilicias y arbóreas.

2.5.1. Isla de Calor Urbana en el Área Metropolitana de San Juan

En el período comprendido entre 1995 y 2009 la Isla de Calor en el Área Metropolitana de San Juan, tuvo un incremento de 0,1°C promedio en su intensidad, tanto para verano como invierno. En verano 2,95°C de ICU en el año 1995 y 4,35°C en 2009. En invierno 1,92°C en 1995 y 3,32°C en 2009. En relación a la Depresión Humídica, fenómeno asociado al de Isla de Calor, tuvo en verano, un incremento promedio en valor absoluto para el período de 0,04%HR; para invierno, de 0,01%HR. Los valores resultantes de Depresión Humídica fueron en verano de -4,91%HR en el año 1995 y -5,47% HR en 2009 (Cúnsulo, Papparelli y Kurbán, 2011).

Para el Área Metropolitana de San Juan, la Isla de Calor Urbana para el año 2011 fue calculada por Cúnsulo *et al.* (2013), a partir del procesamiento de imágenes satelitales. Los valores fueron de 5°C para el verano y 4,5°C para el invierno. Esto demuestra la incidencia de las características de la ocupación urbana, particularmente en superficie (Factor de Ocupación del Suelo) y en volumen (Densidad Volumétrica Edilicia). En los trabajos citados y en Papparelli *et al.* (2011), se concluye que existen correspondencias, en invierno y verano, entre la ocupación urbana y la modificación que la ciudad produce a la temperatura macroescalar. La isolínea representativa del límite urbano presenta un patrón similar a la isolínea límite de la Isla de Calor ($\Delta T = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$). Las curvas que representan la modificación térmica del clima macroescalar que se produce en un área urbana siempre exceden al límite urbano. Esto indica que el efecto térmico del área urbana no se limita sólo a su ejido, sino que afecta a sus zonas perimetrales colindantes. Para el año 2011, la Isla de Calor estacional del AM San Juan, resulta la que se muestra en las Figuras 18, 19 y 20 (Cúnsulo *et al.*, 2013).

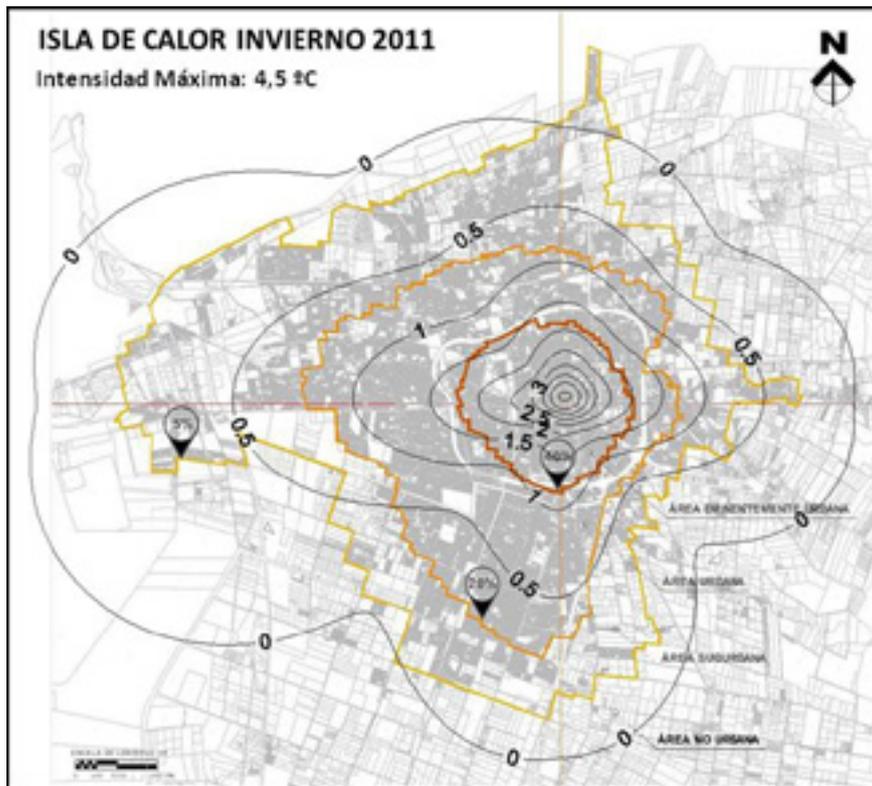


Figura 18: Isla de Calor Invierno del AMSJ obtenida con procesamiento de imágenes satelitales - Año 2011. Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

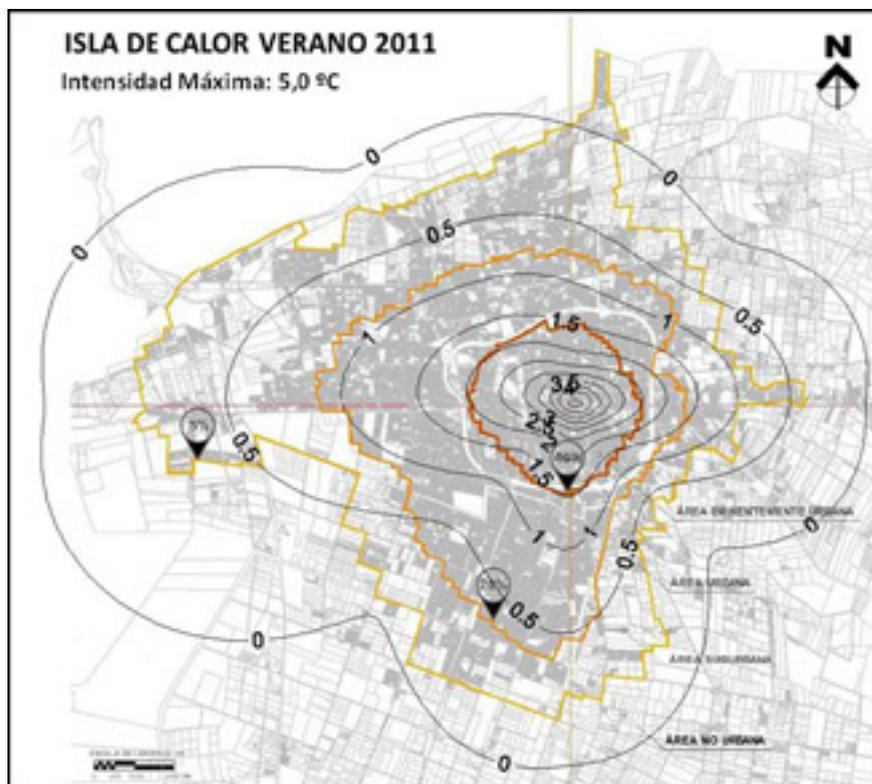


Figura 19: Isla de Calor Verano del AMSJ obtenida con procesamiento de imágenes satelitales - Año 2011. Fuente: Cúnsulo et al. (2013).

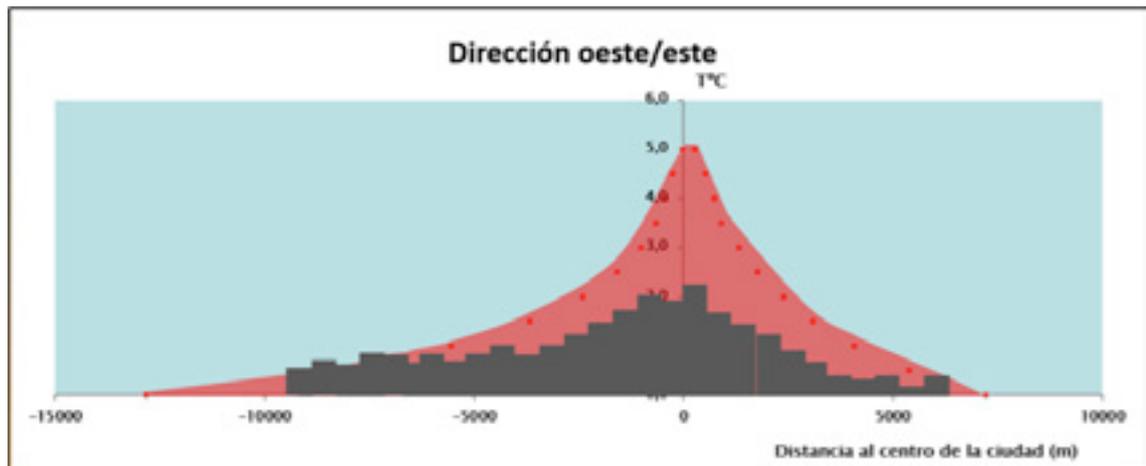


Figura 20: Perfil de la Isla de Calor del AMSJ, Verano 2011. Dirección Este-Oeste.
Fuente: Cúnsulo et al. (2013). Elaboración propia.

3. INTERRELACIONES BIOCLIMÁTICAS ENTRE LOS EVU Y EL SISTEMA URBANO

3.1. Intercambio energético entre los elementos del sistema urbano

Debido a la estrecha relación de la Isla de Calor Urbana con la masa térmica construida, el potencial térmico de la ciudad debe ser considerado en el diseño urbano, a fin de ser aprovechado para mejorar las condiciones de confort higrotérmicas en los espacios abiertos, lo que redundará en la disminución de la carga térmica sobre los interiores edilicios.

Esto involucra trabajar en componentes de la planificación urbana tales como la geometría y orientación de la trama urbana; la forma espacial de ocupación edilicia (en superficie y volumen); las características y tecnología de la red vial (calzadas y veredas) y áreas de estacionamiento vehicular; la distribución, superficie y características arbóreas de los espacios verdes; las particularidades del arbolado de alineación; la distribución de los usos del suelo.

Es muy generalizado que en zonas áridas se desarrollen rápidamente, y casi al azar, planificaciones urbanas que no tienen en cuenta las características climáticas de la región, sino que se basan casi con exclusividad en intereses socioeconómicos con marcada especulación inmobiliaria y, en el mejor de los casos, utilizan modelos morfológico-significativos transculturados de otros contextos espaciales y socioculturales.

Las disciplinas, climatología urbana y diseño urbano, se han interrelacionado, a fin de identificar, la afectación climática de la antropización urbana (Mills, 1999)¹⁴, en el intento de crear un ambiente confortable desde el punto de vista climático. El diseño urbano, lo hizo con una aproximación empírica, mientras que la climatología urbana se ha centrado en la modelización de los procesos físicos para determinar el efecto urbano, casi siempre sin propuestas de diseño. El punto de unión entre ambas disciplinas, el *diseño urbano bioclimático*, se ha desarrollado dentro de la biometeorología humana, mediante el estudio y mejora de índices de confort que modelan la interacción térmica entre el cuerpo humano y el ambiente a su alrededor.

En el marco de investigaciones del clima urbano árido de la ciudad de San Juan realizadas en el INEAA¹⁵ (Kurbán *et al.*, 2004), que cuantificaban los efectos de los diferentes elementos de la trama urbana con influencia en la carga climática de la ciudad¹⁶, los resultados demostraron que la forestación es el de mayor incidencia en la disminución de dicha carga. Contribuye a bajar la temperatura y aumenta la humedad relativa; es un indicador que se incrementa en verano y disminuye en invierno; y es el que más influye en la fluctuación estacional de la carga climática urbana.

3.2. Espacios Verdes Urbanos

En la presente Tesis, se define como Espacios Verdes Urbanos (EVU), aquellas zonas de uso público, predominantemente ocupadas con árboles, arbustos, plantas y césped, usualmente utilizadas con propósitos de recreación, esparcimiento, urbanísticos, sociales, culturales, ecológicos, ornamentación, protección, recuperación y rehabilitación del entorno, o similares.

Dentro del conjunto de elementos del sistema urbano de ciudades de clima árido, la Tesis aborda la forestación como recurso bioclimático accesible para incorporar en los espacios abiertos, a fin de proveer confort higrotérmico a la población y como contribución al ahorro energético regional.

La forestación urbana influye en la modificación del clima y en el consumo de energía en los edificios a través de: a) sombreado: reduce la cantidad de energía radiante absorbida

¹⁴ Citado por Tornero, Pérez Cueva, Gómez Lopera en "Ciudad y Confort Ambiental: Estado de la cuestión y Aportaciones Recientes". Cuadernos de Geografía 80. Pág. 162. Valencia. 2006.

¹⁵ Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental - FAUD * UNSJ

¹⁶ Los indicadores urbanísticos estudiados fueron: Indicador de Masa Térmica; Indicador Vial Urbano e Indicador Forestación Urbana.

y almacenada por las superficies construidas, b) evapotranspiración: convierte el agua de las plantas en vapor, enfriando de esta forma el aire, c) reducción de la velocidad del viento: disminuye a su vez la infiltración de aire exterior, la efectividad de la ventilación y el enfriamiento convectivo de las superficies edilicias (Simpson, 1998, 2002).

Los árboles pueden afectar el uso de energía en los edificios. La sombra densa sobre el suelo y las edificaciones pueden reducir sustancialmente los costos de enfriamiento de verano, así como proporcionar menores temperaturas de aire en las viviendas y edificios en general, sin sistemas mecánicos de enfriamiento (Heisler, 1986).

Durante el verano, en ciudades de clima árido, la alta radiación solar de los meses cálidos incrementa el discomfort higrotérmico y por consiguiente aumentan también los requisitos de enfriamiento en los espacios abiertos públicos y en los interiores edilicios. Durante los meses fríos, el recurso solar disminuye, siendo ineludible su mayor aprovechamiento. Por ello es necesario estudiar científicamente el aprovechamiento de las especies arbóreas urbanas como recurso bioclimático eficiente dentro del potencial higrotérmico de las ciudades.

3.3. Antecedentes de estudios del intercambio energético forestación/ciudad

En la década del '90 se ejecutaron en nuestro país y para zonas áridas, desarrollos científicos orientados al conocimiento del rol de la forestación en la microclimatología urbana.

Cantón *et al.* (1994), cuantificaron la permeabilidad a la radiación solar de las copas arbóreas más comúnmente usadas en la ciudad de Mendoza a lo largo de sus ciclos anuales. El método utilizado para determinar las especies más usuales en el medio urbano fue considerar aquellas en cantidad mayor al 1% del número total de árboles en el área investigada. De esta manera se estudiaron 4 especies de hojas caducas: la Mora blanca (*Morus alba*), el Plátano (*Platanus hispánica*), el Fresno (*Fraxinus excelsior*) y el Paraíso sombrilla (*Melia azedarach var. umbraculifera*). En la Tabla 2, se muestran los valores de permeabilidades promedio de la copa por especie, modo de radiación y estación.

Para la ciudad de San Juan, Papparelli *et al.* (1996), estudiaron la permeabilidad arbórea a la radiación de las especies predominantes en el arbolado público, aplicando un método que combinaba procedimientos radiativo-predictivos con fotométricos propios.

Durante el verano e invierno de los años 2001 y 2002, Kurbán *et al.* (2002) realizaron en el Área Metropolitana de San Juan mediciones de permeabilidad arbórea a la radiación

solar, con métodos solarimétricos y fotogramétricos. Estos datos se compararon con registros climáticos itinerantes propios de temperatura y humedad relativa del mismo período, observándose relaciones de dependencia funcional entre las condiciones higro-térmicas del entorno urbano y la forestación pública.

Nota: * Día Juliano en que se realizaron las mediciones

** Cálculo a partir de los valores medidos descartados. Permeabilidades a la radiación difusa aproximadas por interpolación.

ESPECIES	MODO DE RADIACIÓN	PERMEABILIDADES			
		PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Plátano		253*	338	117	188
	Global	60	9,8	23,9	41,1
	Difusa	75,3	13,7*	29,4	49,1
	Directa	56,5	8,9	22,7	39,3
Mora		296	51	132	210
	Global	34,3	31,4	38,7	66,4
	Difusa	44,8**	39,8	47,6	74,1
	Directa	31,9	29,5	36,7	64,6
Fresno		280	35	137	187
	Global	20,9	16,2	65,8	70,5
	Difusa	22,4	27,3*	61,1	68,3
	Directa	20,6	13,7	66,9	71
Paraíso sombrilla		286	51	125	198
	Global	30,5	25,8	41,2	45,6
	Difusa	21,3	17,2	36,1**	42,8
	Directa	32,4	22,9	42,4	46,2

Tabla 2: Valores de permeabilidades promedio de la copa por especie, modo de radiación y estación climática. Fuente: Cantón et al. (1994).

Para profundizar las relaciones climático-urbanísticas citadas y estudiar la influencia de la forestación urbana en la conformación de la carga climática urbana, se estudió la permeabilidad arbórea a la radiación solar global homogeneizada durante las cuatro estaciones climáticas, con el objetivo de identificar las especies arbóreas bioclimáticamente más eficientes para ser plantadas en espacios públicos y privados, en una zona árida (Kurbán et al., 2006).

El cálculo de las permeabilidades arbóreas a la radiación solar de algunas de las especies más plantadas en el Área Metropolitana de San Juan, se realizó a partir de dos métodos independientes no vinculados: a) Solarimétrico: midiendo la radiación solar global homogeneizada que atraviesa la copa arbórea; b) Fotogramétrico: fotografiando la copa arbórea.

Ambos métodos demostraron ser idóneos para obtener la permeabilidad arbórea a la radiación solar. En relación al instrumental de medición a usar, la especificidad intrínseca del solarímetro garantiza ampliamente los resultados. En la Tabla 3 constan los porcentajes de Permeabilidades arbóreas a la Radiación Solar, calculados con el método Solarimétrico.

ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PERMEABILIDAD A LA RADIACIÓN SOLAR (%)			
		Verano	Invierno	Otoño	Primavera
ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	16,2	53,0	23,4	18,5
ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	13,0	69,6	54,0	15,4
ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	10,8	48,8	27,9	12,6
FRESNO EUROPEO	<i>Fraxinus Excelsior</i>	7,5	57,5	40,4	13,9
LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	9,0	87,6	62,4	12,5
MORA	<i>Morus alba</i>	8,0	40,5	16,1	9,4
OLMO BOLA	<i>Ulmus procera</i>	16,7	35,9	18,2	18,3
OLMO COMUN	<i>Ulmus campestris</i>	9,4	53,4	41,5	16,9
PARAISO COMUN	<i>Melia</i>	20,1	61,2	59,0	23,1
PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	12,0	44,5	41,9	13,6
PLATANO	<i>Platanus hispanica acerifolia</i>	10,2	34,5	24,6	12,6
ROBLE	<i>Quercus robur</i>	9,1	63,8	40,8	11,8
TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	10,6	76,8	60,1	13,5

Tabla 3: Porcentajes de Permeabilidad arbórea a la Radiación Solar Global.
Fuente: Kurbán et al. (2006).

El resultado fue la obtención de un Indicador Bioclimático Arbóreo (Tabla 4), que pondera los requerimientos anuales de las estrategias de diseño bioclimático¹⁷ activas de refrescamiento por sobre las de calefacción ya que aquéllas las supera en un 60% en las horas anuales. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$IBA = (PV \times EEAV) + (PP \times EEAP) / (PI \times ECAI)$$

Donde:

PV: Permeabilidad Verano; PI: Permeabilidad Invierno; PP: Permeabilidad Primavera;
EEAV: % Estrategias Enfriamiento Activo Verano; EEAP: % Estrategias Enfriamiento Activo Primavera; ECAI: % Estrategias Calefacción Activa Invierno.

El IBA, identifica la eficiencia bioclimática de algunas de las especies arbóreas sobre otras, en relación con su aporte al clima urbano, a lo largo del año. Los valores más bajos

¹⁷ Las estrategias de diseño bioclimático, se calcularon sobre una estadística decádica (1995-2004), del clima urbano de la ciudad de San Juan, con el método de D. Watson (1983). Esto permitió cuantificar las horas anuales y estacionales de requerimientos bioclimáticos pasivos y activos que experimenta una persona en el interior edilicio con un índice de indumentaria igual a 1 clo.

de IBA implican una mayor eficiencia bioclimática. Es decir especies que permiten el paso de la radiación solar en los meses fríos y la bloquean en los cálidos.

En ese sentido, la especie que mejor IBA posee es el Fresno Común y la más desfavorable, el Paraíso Común.

ESPECIE	IBA
FRESNO COMÚN	0,68
MORA	0,72
LIQUIDAMBAR	0,81
ROBLE	0,82
OLMO COMÚN	0,85
PLATANO	0,92
TILO	0,95
ALAMO PLATEADO	0,97
PARAÍSO SOMBRILLA	1,08
ALAMO CAROLINO	1,17
ACACIA VISCO	1,46
OLMO BOLA	1,50
PARAÍSO COMÚN	1,81

Tabla 4: Indicador Bioclimático Arbóreo ponderado de 13 especies del Área Metropolitana de San Juan. Fuente: Kurbán et al. (2006).

4. ESPACIOS VERDES URBANOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

4.1. Distribución de los EVU en el área metropolitana de San Juan

La cantidad de espacios verdes urbanos (EVU) del AMSJ, es de 508. La superficie de dichos EVU totaliza 130,76Ha (Kurbán et al., 2007 a y b. Esta superficie conforma el 1,03% del total de la ciudad.¹⁸

La distribución de dichos EVU según sectores cardinales es (Figura 21):

- Sector Norte: 57 EVU; 10,70 Ha
- Sector Noreste: 36 EVU; 5,50 Ha
- Sector Este: 30 EVU; 6,27 Ha
- Sector Sureste 34 EVU; 5,46 Ha
- Sector Sur: 63 EVU; 13,96 Ha

¹⁸ El AMSJ posee una superficie de 12.655,81Ha (Papparelli et al., 2015)

- Sector Suroeste: 80 EVU; 21,31 Ha
- Sector Oeste: 136 EVU; 48,94 Ha
- Sector Noroeste: 73 EVU; 19,95 Ha

Si se tienen en cuenta las citadas Bandas Urbanas Características, la localización de los 508 EVU mencionados y sus respectivas superficies, es la siguiente:

- Banda Eminentemente Urbana (EU): 8 EVU; Sup. = 26,26Ha
- Banda Urbana (UR) : 195 EVU; Sup. = 50,62Ha
- Banda Suburbana (SU) : 295 EVU; Sup. = 53,89Ha

Porcentualmente y según su ubicación en cada BUC los 508 EVU están distribuidos de la siguiente manera: 3,55% en la BUC EU; 38,38% en la BUC UR; 58,07% en la BUC SU.

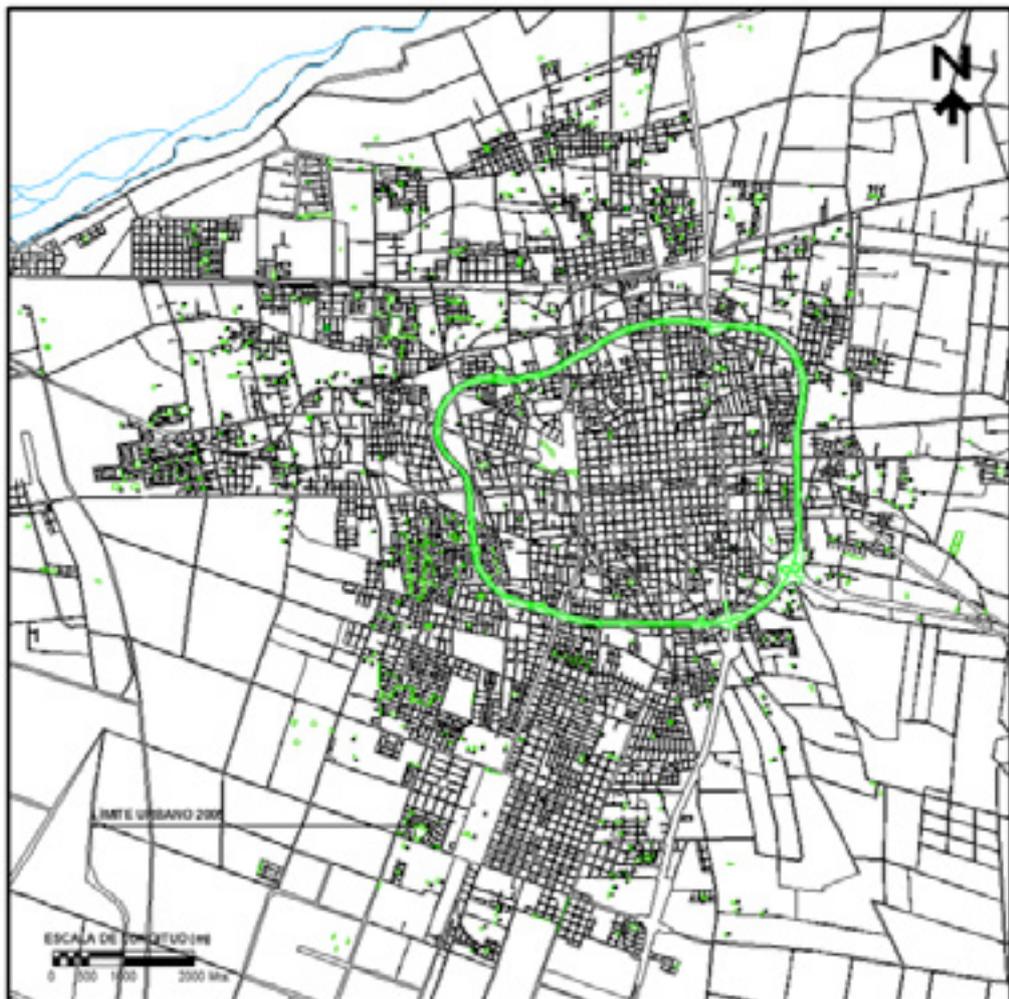


Figura 21: Espacios Verdes del AMSJ. Fuente Kurbán et al. (2007 a y b).

4.2. COMPONENTES DEL SUBSISTEMA DE EVU

Los espacios verdes y su rol en las ciudades constituyen un recorte de un sistema complejo tal cual son los asentamientos humanos, por tanto, es un subsistema que debe comprenderse y estudiarse en función de sus interrelaciones con el resto de los componentes del sistema urbano. Se agrupan a continuación los componentes aludidos, en dos categorías: Urbanísticos y Arbóreos.

4.2.1. Componentes Urbanísticos del subsistema de EVU

● Índices urbanísticos

Para analizar en forma integrada la ciudad y los espacios verdes, se consideran los siguientes índices urbanísticos:

a) Factor de Ocupación del Suelo: FOS (%)

Índice urbanístico obtenido por la razón matemática entre la superficie edilicia construida en planta baja (impronta edilicia) y la superficie de terreno parcelario al que pertenece, calculada para un sector o área determinada de la trama urbana y expresada en porcentaje.

b) Densidad Volumétrica edilicia: DV (m^3/Ha)

Índice urbanístico obtenido por la razón matemática entre el volumen construido de la edificación y la superficie de terreno parcelario al que pertenece, calculada para un sector o área determinada de la trama y expresada en m^3/Ha .

c) Canopia Urbana: CU (m)

Índice urbanístico que define la altura promedio de la edificación en un sector o área determinada de la trama urbana y expresada en metros.

● Población Urbana

Para su estudio en relación con los espacios verdes de la ciudad, se distingue la distribución de la población, según dos escalas espaciales: a) AM San Juan y b) Bandas Urbanas Características.

a) AM San Juan: el total de población de los 6 departamentos que componen el AMSJ (Capital, Chimbass, Santa Lucía, Rivadavia, Rawson y Pocito), según el Censo Nacional de Población y Vivienda INDEC 2010 es de 494.639 habitantes.

Esta cantidad involucra tanto la población urbana como la no urbana. A fin de discriminar ambos valores identificando la población por radios censales en función de su inclusión en las BUC EU, UR y SU, Álvarez *et al.* (2013) calcularon que el AMSJ posee 458.230 habitantes. Este valor indica un porcentaje de urbanización del 93%.

b) Bandas Urbanas Características: distribuida la población según las BUC, el trabajo citado estimó la cantidad de habitantes en cada una de ellas. Siendo:

- BUC Eminentemente Urbana: 42.366 habitantes
- BUC Urbana: 253.415 habitantes
- BUC Suburbana: 162.445 habitantes

4.2.2. Componentes arbóreos del subsistema de EVU

Las características de cada EVU, se sistematizan para obtener parámetros comparables entre sí. Las variables estudiadas son:

- *Superficie del EVU (m^2):* integrando a su área parcelaria, las veredas perimetrales.
- *Superficie de Proyección Arbórea (m^2):* sumatoria de las proyecciones arbóreas incluidos ejemplares de veredas perimetrales.
- *Altura Promedio Arbórea por especie (m):* promedio de las alturas de cada especie arbórea existente.
- *Altura Promedio del EVU (m):* sumatoria de las alturas promedio multiplicadas por el porcentaje de incidencia de cada especie.
- *Impronta Arbórea (%):* Porcentaje de superficie de proyección de las copas arbóreas en relación a la superficie del EVU.
- *Volumetría arbórea (por especie y total) (m^3):* producto de la altura arbórea promedio (según su especie), por su impronta.
- *Densidad Volumétrica Arbórea (m^3/Ha):* Volumen Arbóreo por hectárea.
- *Impronta Arbórea Neta y Volumen Arbóreo Neto:* calculada con los valores de permeabilidad arbórea a la radiación solar global (Kurbán, Papparelli, Cúnsulo, 2006).

4.3. EFECTOS TÉRMICO Y HUMÍDICO DE LOS EVU DEL AMSJ

4.3.1. Método con registros *in situ*

Durante los años 2006 al 2009 Kurbán *et al.* (2007 a y b; 2009; 2010a), realizaron en el AMSJ mediciones de temperatura y humedad relativa en una muestra de 4 EVU y sus respectivos entornos urbanos.

Las mediciones se realizaron en días despejados con brisa B-1¹⁹, del cuadrante sur o sureste. Estas consideraciones se adoptaron debido a la relación del efecto de la variación de la temperatura de cada EVU con la dirección y velocidad de los vientos (Honjo y Takakura, 1991). Por tanto, el programa de mediciones se diseñó en función de la estadística de vientos del AM San Juan.

La cantidad y ubicación de los puntos de medición estuvo en directa relación con la superficie de cada EVU, su entorno urbano y la dirección prevalente de los vientos estadísticos. Las mediciones se efectuaron aproximadamente cada 100 metros; el área monitoreada, cuyo tamaño dependió de las dimensiones del EVU, cubrió una superficie que se extendía hacia el sur del EVU, como mínimo 350m. Dicha área de mediciones comprendió una superficie mayor hacia el sector Norte por la dirección del viento prevalente (S y SE). Las principales conclusiones de los trabajos citados se relacionaron con el Efecto Térmico y Humídico de los EVU, los cuales se sintetizan a continuación.

a) Efecto Térmico

Características del Efecto Térmico

En EVU con hasta aproximadamente 40.000m² de impronta arbórea y 600.000m³ de volumen arbóreo, a un aumento de ambas variables le corresponde un marcado crecimiento del *alcance* y la *intensidad* del efecto térmico. A partir de este valor el EVU pierde eficiencia bioclimática. El radio del *alcance* (medido desde el baricentro del EVU) a partir del cual se produce esta situación es de $\approx 500\text{m}$ y su *intensidad* de $-2,95^{\circ}\text{C}$.

Para un EVU tipo de una manzana en una trama urbana en damero, la intensidad del efecto térmico es de $-1,3^{\circ}\text{C}$ y la longitud del alcance de $\approx 300\text{m}$ a partir de su centro geométrico.

¹⁹ Clasificación según la escala de Beaufort.

Relación de la impronta arbórea con la intensidad y el alcance del efecto térmico

Existe una estrecha relación entre la superficie de impronta arbórea de cada EVU y la *intensidad* y el *alcance* del efecto térmico en su entorno urbano. La impronta arbórea genera una diferencia de temperatura del EVU respecto de su entorno, recién a partir de un valor de $\approx 2.800 \text{ m}^2$. No obstante, el alcance de dicho efecto se manifiesta con improntas arbóreas mayores a 5.000 m^2 lo que indica que a valores menores, el efecto bioclimático se limita al ámbito del propio EVU.

Relación del volumen arbóreo con el alcance y la intensidad del efecto térmico

La influencia del volumen arbóreo en la intensidad del efecto térmico comienza a partir aproximadamente de los 26.500 m^3 , no obstante, el alcance de dicho efecto se manifiesta con volúmenes arbóreos mayores a 48.000 m^3 . Con valores menores el efecto térmico se limita al ámbito del propio EVU.

De lo anterior se desprende que para que un EVU produzca un efecto térmico de intensidad y alcance significativos desde el punto de vista bioclimático, debe tener una superficie total mayor a 8.000 m^2 . Además la dimensión mínima del EVU debe ser igual o superior a 50m.

b) Efecto Humídico**Relación de la impronta arbórea con la intensidad y el alcance del Efecto Humídico**

La superficie de impronta arbórea y la *intensidad* del efecto húmedo muestran una correspondencia fuerte a partir de superficies mínimas, hasta un área de 12.000 m^2 . A su vez, el aumento de la impronta arbórea produce un importante incremento del *alcance* de dicho efecto recién a partir de los 2.500 m^2 y hasta un valor de 30.000 m^2 .

Relación del volumen arbóreo con el alcance y la intensidad del Efecto Humídico

El volumen arbóreo y la intensidad del efecto húmedo demuestran una correspondencia fuerte desde mínimos volúmenes arbóreos hasta un valor de 170.000 m^3 . El aumento del volumen arbóreo produce un importante incremento del alcance del efecto húmedo, desde un valor de 18.000 m^3 , hasta 400.000 m^3 , a partir del cual, la curva se hace asintótica.

Una mínima superficie forestada produce un aumento de humedad relativa cuyo alcance se limita al ámbito del propio EVU; sólo incrementando dicha superficie a valores mayores a 2.500 m^2 el alcance del efecto húmedo abarcará el área urbana circundante. Dicho efecto se manifestará hasta una superficie de EVU de 20Ha.

c) Efecto Combinado Higrotérmico Verano

Para aumentar la Humedad Relativa en entornos urbanos se requiere menores superficies de espacios verdes que para disminuir la Temperatura: 4.000m² para HR% y 8.000m² para T°C.

Para un EVU tipo de una manzana en una trama urbana en damero, los valores son:

- intensidad del efecto térmico = -1,3°C
- longitud del alcance del efecto térmico \approx 300m
- intensidad del efecto húmedico = +3,02%
- longitud del alcance del efecto húmedico \approx 270m

4.3.2. Espacios Verdes Bioclimáticamente Eficientes del AMSJ, según métodos con registros in situ

De los 508 espacios verdes de la ciudad de San Juan, solo 19 cumplen con las características arbóreas citadas en el ítem anterior, para garantizar su eficiencia bioclimática (Figura 22). La distribución de los 19 EVU según el sector cardinal es la siguiente:

- Centro de ejes: 1 EVU - Sector Norte: sin EVU - Sector Noreste: 1 EVU
- Sector Este: 2 EVU - Sector Sureste: 1 EVU - Sector Sur: 3 EVU
- Sector Suroeste: 2 EVU - Sector Oeste: 7 EVU - Sector Noroeste: 2 EVU

El detalle de los EVU con denominación, Superficie, BUC y Sector Cardinal, se presenta en la Tabla 5.

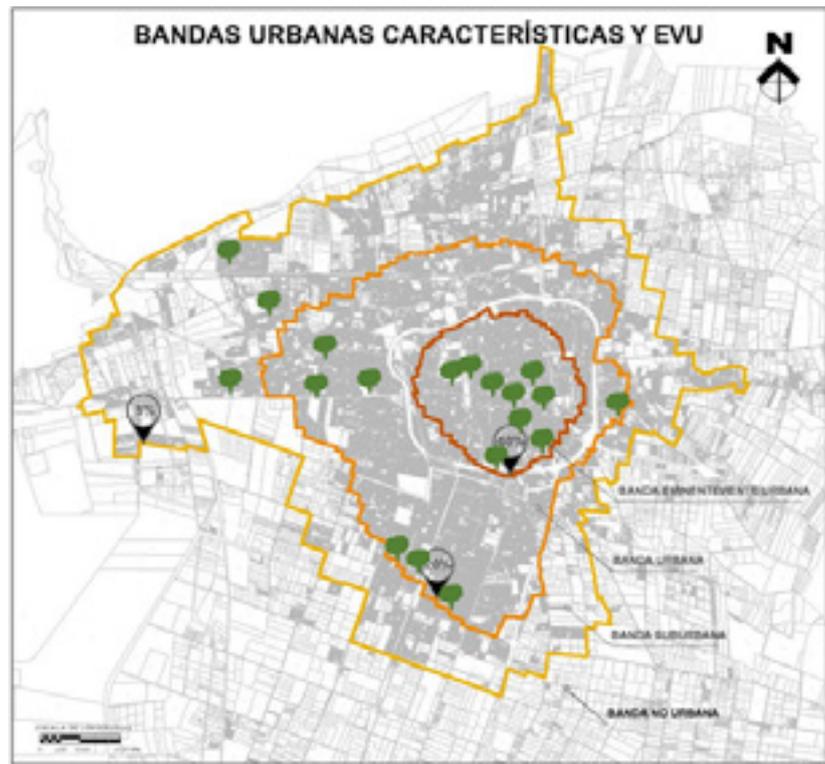


Figura 22: Espacios Verdes bioclimáticamente eficientes del AMSJ y BUC.
Fuente: Kurbán et al. (2007, 2010 y 2013).

Nº	DENOMINACIÓN EVU	SUPERFICIE (m ²)	BUC	SECTOR CARDINAL
1	Plaza 25 de Mayo	11.755,12	EU	CENTRO DE EJES
2	Plaza Gertrudis Funes	13.202,02	EU	NORESTE
3	Plaza Antonino Aberastain	11.852,99	EU	ESTE
4	Plaza Gral. San Martín	16.037,76	UR	
5	Plaza Acceso Sur	13.776,95	EU	SURESTE
6	Plaza Hipólito Irigoyen	17.216,56	EU	SUR
7	Plaza Almirante Brown	17.846,63	EU	
8	Plaza Villa Krause	15.163,38	UR	SUROESTE
9	Plaza Bº San Damián	11.111,19	UR	
10	Parque Rawson	70.800,73	UR	
11	Plaza Narciso Laprida	12.409,73	EU	OESTE
12	Plaza España	14.983,90	EU	
13	Parque de Mayo	125.303,50	EU	
14	Plaza Salvador Mº del Carril	12.926,88	UR	
15	Plaza Manuel Belgrano	13.837,35	UR	
16	Plaza San Roque	9.455,64	UR	NOROESTE
17	Plaza Bº Camus	16.160,88	SU	
18	Plaza Huaziul	8.876,35	SU	
19	Plaza Bº Villa Obrera	11.793,66	SU	

Tabla 5: Espacios Verdes bioclimáticamente eficientes del AMSJ según Sector Cardinal y BUC. Fuente: Kurbán et al. (2007, 2010 y 2013).

De las 42,45Ha ocupadas por los EVU que apriorísticamente pueden caracterizarse como eficientes desde el punto de vista bioclimático, su distribución en el AMSJ conforme las BUC es la siguiente:

- BUC Eminentemente Urbana: 9 EVU (23,83Ha)
- BUC Urbana: 7 EVU (14,93Ha)
- BUC Suburbana: 3 EVU (3,68Ha)

La Tabla anterior indica que el 47% de los EVU se localiza en la BUC EU; el 37% en la BUC UR y el 16% en la BUC SU.

La superficie del AMSJ es de 12.656Ha (Papparelli *et al.*, 2015). La proporción de espacios verdes que apriorísticamente aportan desde el punto de vista bioclimático al clima urbano en relación con las BUC y la totalidad del suelo urbanizado se muestran en las Tablas 6 y 7.

ORIENTACIÓN CARDINAL	BUC EU (Ha)	EVU		BUC UR (Ha)	EVU		BUC SU (Ha)	EVU	
		(Ha)	%		(Ha)	(Ha)		%	(Ha)
Centro de Ejes	--	1,18	--	--	--	--	--	--	--
NORTE	150,28	--	--	590,72	--	--	861,99	--	--
NORESTE	115,44	1,32	1,14	409,64	--	--	284,49	--	--
ESTE	116,26	1,19	1,02	250,75	1,60	0,64	379,00	--	--
SURESTE	111,15	1,38	1,24	106,13	--	--	250,78	--	--
SUR	165,44	3,51	2,12	1.106,50	1,52	0,14	730,08	--	--
SUROESTE	152,28	--	--	1.001,12	8,19	0,82	544,09	--	--
OESTE	224,80	15,27	6,79	1.387,13	3,62	0,26	1.731,88	1,62	0,09
NOROESTE	196,81	--	--	863,94	--	--	925,11	2,07	0,22
TOTALES	1.232,47	23,83	12,31	5.715,92	14,93	1,86	5.707,42	3,69	0,31

Tabla 6: Superficie de EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ por BUC y sector cardinal. Fuente: Kurbán *et al.* (2010) y Papparelli *et al.* (2015).

ORIENTACIÓN CARDINAL	SECTOR CARDINAL	EVU	
	(Ha)	(Ha)	%
Centro de Ejes		1,18	--
NORTE	1.602,99	--	--
NORESTE	809,57	1,32	0,16
ESTE	746,01	2,79	0,37
SURESTE	468,06	1,38	0,29
SUR	2.002,02	5,02	0,25
SUROESTE	1.697,48	8,19	0,48
OESTE	3.343,81	20,51	0,61
NOROESTE	1.985,86	2,07	0,10
TOTALES	12.655,81	42,46	2,26

Tabla 7: Superficie de EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ según sector cardinal. Fuente: Kurbán *et al.* (2010) y Papparelli *et al.* (2015).

Espacializado el efecto higrotérmico sobre la ciudad, se detecta que la cobertura bioclimática de los 19 EVU, es por demás escasa: Cobertura térmica: 6,92% (Figura 23a) y Cobertura húmedica: 5,55% (Figura 23b). Esto indica que el déficit de espacios verdes bioclimáticamente es alto, espacializándose de la siguiente manera: Déficit total AMSJ = 93,08%. El déficit por BUC es el siguiente: BUC EU = 69,48%; BUC UR = 96,24% - BUC SU = 95,70%.

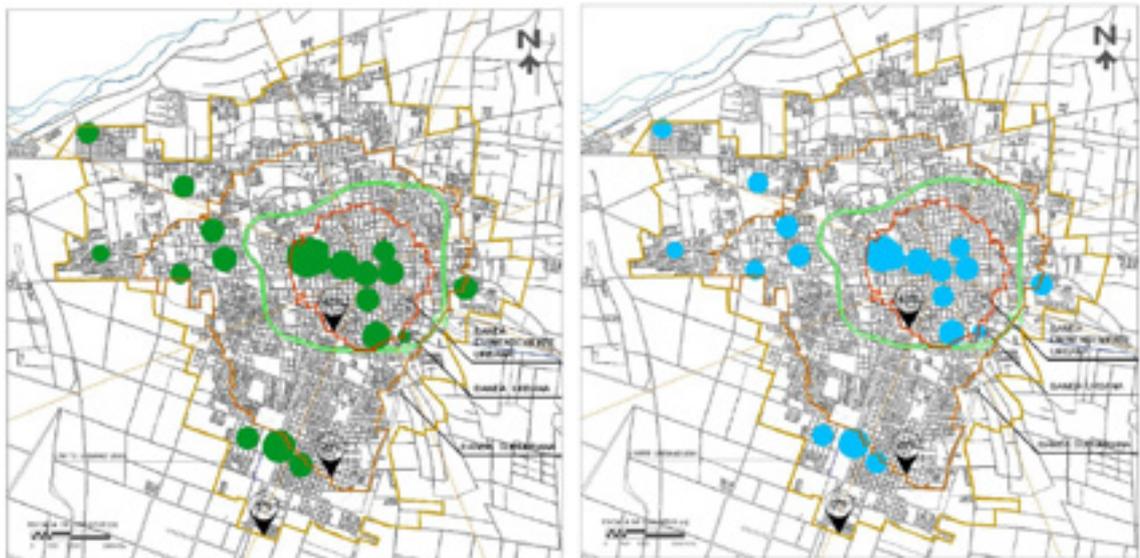


Figura 23 (a y b): Cobertura térmica y húmedica del AMSJ.
Fuente: Kurbán et al. (2010).

4.3.3. Método con registros obtenidos por teledetección

Debido a la utilidad del uso combinado de imágenes satelitales y estaciones meteorológicas para medir la distribución espacial e intensidad de los contrastes térmicos campo-ciudad, ampliamente reconocidos (Pérez González et al., 2003), Kurbán et al., (2013), profundizaron sus estudios sobre la influencia de los EVU en la carga climática urbana, combinando los datos obtenidos por sensores remotos con los registros de una estación meteorológica ubicada en el centro de la ciudad.

Las imágenes satelitales utilizadas (LANDSAT 5TM⁺ Thematic Mapper²⁰) correspondieron al año 2011 (verano e invierno). Las mediciones en estación meteorológica, se realizaron durante el verano e invierno de los años 2010 y 2011, con registros hora a hora. La estación meteorológica correspondió al sistema de adquisición de datos del INEAA, ubicada en la Banda Eminentemente Urbana de la ciudad de San Juan.

²⁰ Las imágenes satelitales utilizadas se seleccionaron según las siguientes consideraciones: no debían tener deficiencias de adquisición en sus Bandas; tenían que cubrir toda el área de la ciudad de San Juan; provenir de la banda del Infrarrojo Cercano o NIR; y poseer una resolución espacial conveniente a la escala de los espacios verdes a estudiar.

Con las imágenes satelitales procesadas con el software ENVI 4.7, se obtuvieron valores de temperatura en una superficie aproximada de 18Ha con centro en las plazas y 71Ha con centro en los parques (Figura 24). En las Figuras 25 y 26, se presentan las isotermas de verano, resultantes del procedimiento citado, correspondientes al Parque de Mayo y a la Plaza Gertrudis Funes.

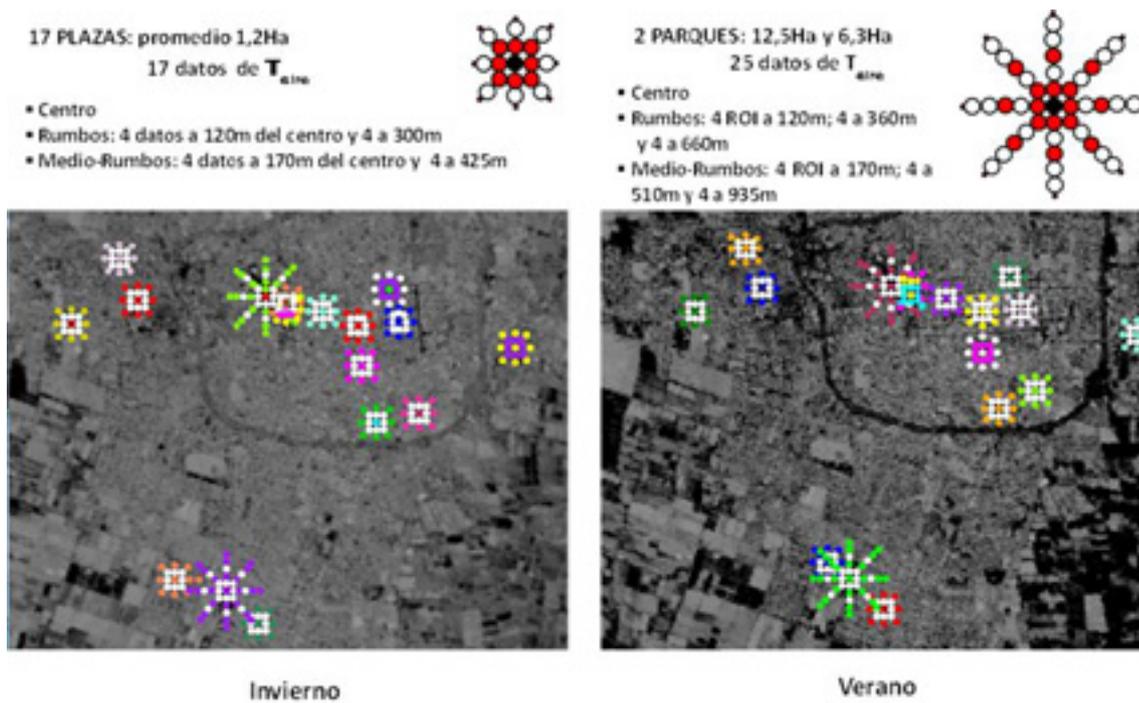


Figura 24: Identificación de las ROI y puntos de obtención de temperatura del aire en imágenes satelitales de verano e invierno de 2011. El gráfico superior izquierdo (17 puntos de medición) corresponde a las plazas; el superior derecho (24 puntos), a los parques. Fuente: Kurbán et al. (2013).

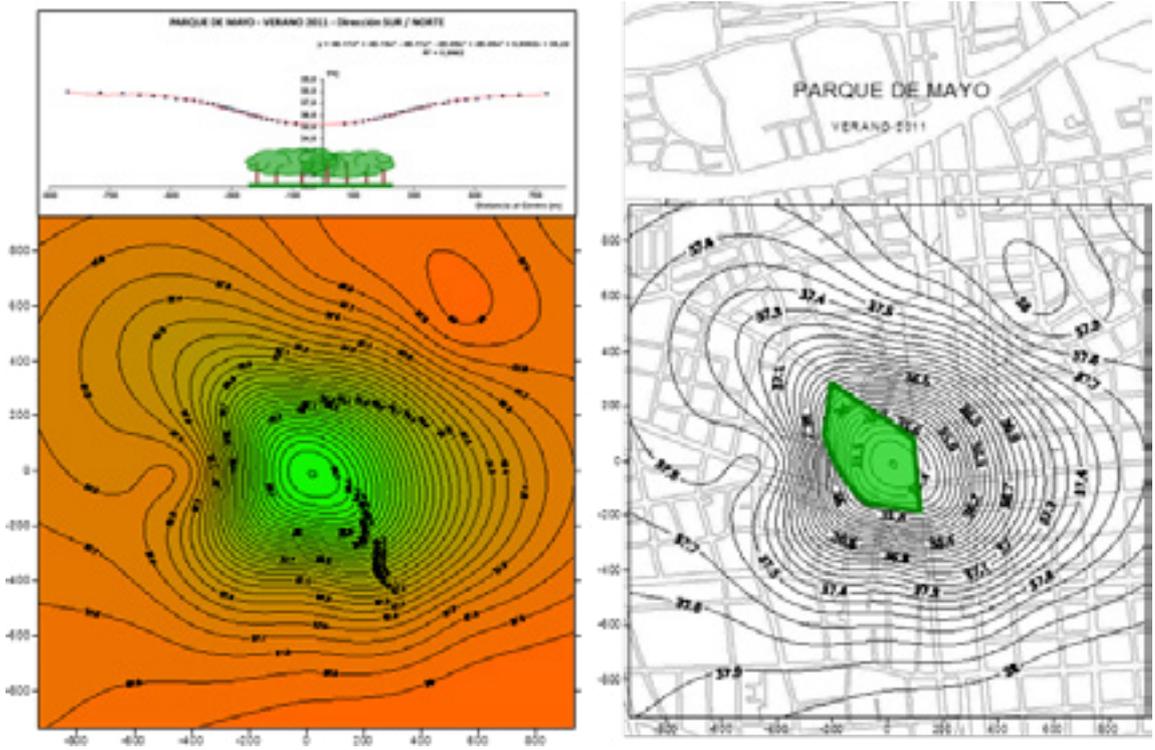


Figura 25: Isotermas de Verano del Parque de Mayo, sobre el catastro de la ciudad y con colores para identificar las zonas más frescas y las más cálidas. Equidistancias de 0,1°C. Fuente: Kurbán et al. (2013).

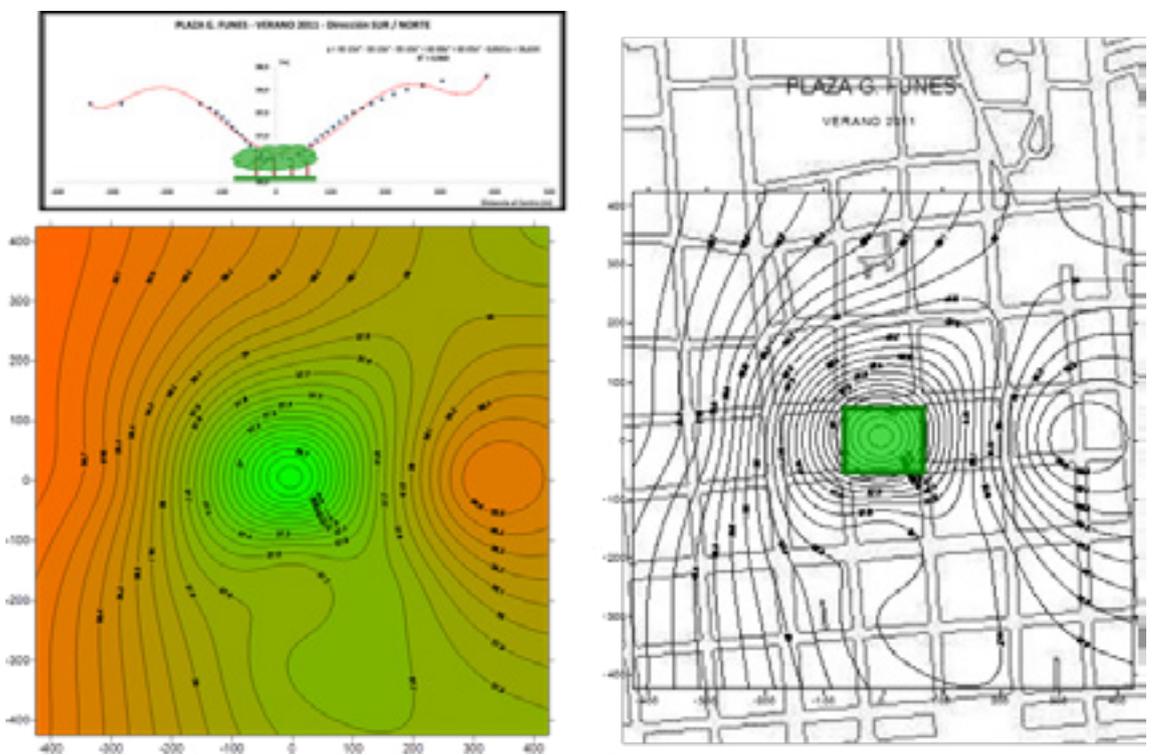


Figura 26: Isotermas de Verano 2011 de Plaza G. Funes, sobre el catastro de la ciudad y con colores para identificar las zonas más frescas y las más cálidas. Equidistancias de 0,1°C Fuente: Kurbán et al. (2013).

Se identificó que el efecto térmico de los EVU está fuertemente asociado a la Isla de Calor de la ciudad, ya que la intensidad de dicho efecto disminuye del centro urbano a la periferia, coincidiendo con el decrecimiento de la Isla de Calor. Disminuir el mismo rango de temperatura del centro urbano a la periferia, es decir lograr el mismo efecto térmico que el centro urbano, requiere aumentar la Impronta Arbórea entre un 30% a un 50%. Por otra parte, el alcance del efecto térmico se mantiene constante o disminuye, del centro a la periferia.

Para compensar la intensidad promedio de la Isla de Calor, utilizando árboles con una altura media, la impronta arbórea necesaria en invierno y verano en la Banda Suburbana se reduce a 1/3 de la correspondiente a la Banda Eminentemente Urbana. (Kurbán y Cúnsulo, 2015).

La Densidad Volumétrica Arbórea necesaria para absorber la Isla de Calor, se mantiene casi constante en las zonas más urbanizadas, en relación con las de menor intensidad de Isla de Calor. Esto podría suponer que la Impronta Arbórea, tendría mayor influencia en el efecto térmico, que la Volumetría Arbórea. Es decir, la cantidad de ejemplares distribuidos en los espacios verdes, incide más que la altura de cada uno de ellos.

No obstante que la cantidad de EVU de la Banda Urbana y Suburbana, es menor que la de la Banda Eminentemente Urbana, la Isla de Calor tanto en verano como en invierno, es absorbida por los espacios verdes existentes.

4.4. ARCHIVO DE DATOS URBANÍSTICOS Y ARBÓREOS DE LOS EVU BIOCLIMÁTICAMENTE EFICIENTES DEL AMSJ

Los datos urbanísticos y arbóreos de la 19 EVU identificados como bioclimáticamente eficientes, se organizan en Fichas que se presentan en el ANEXO I. Los datos se obtuvieron a partir del catastro urbano de la provincia de San Juan²¹, de fotografías satelitales (Google Earth) y de relevamientos *in situ*. Las Fichas detallan los siguientes aspectos:

- Identificación del EVU
- Imagen de Google Earth en verano
- Representación en ACAD en base a la imagen satelital
- Volumetrías de su entorno urbano inmediato: del catastro provincial y relevamientos *in situ*.
- Volumen arbóreo esquemático: altura de acuerdo con cálculo ponderado de ejemplares y especies relevadas *in situ*.

²¹ Dirección General de Catastro de la provincia de San Juan. Año 2012.

- Corte urbano esquemático en dos direcciones cardinales principales: E-O y N-S.
- Planilla con banco de datos de relevamiento *in situ* y cálculo de indicadores.

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Abordar los espacios verdes urbanos en su interrelación con los múltiples aspectos que conforman el sistema ambiental de la ciudad, permite conocer la complejidad de su rol en el clima urbano árido.

El Capítulo resume los avances concretados en estudios propios en coautoría, orientados a conocer el comportamiento bioclimático de los espacios verdes, como parte del sistema urbano del Área Metropolitana de San Juan.

La influencia de la masa térmica de la ciudad en el fenómeno de Isla de Calor Urbana, se cuantifica a partir de mediciones *in situ* y con teledetección, espacializándola conforme las características de la distribución de la ciudad.

Del estudio de las interrelaciones bioclimáticas entre los espacios verdes y la ciudad, se identifican, describen y caracterizan, aquellos que potencialmente aportan a mitigar la rigurosidad del clima urbano árido. Se describe el efecto térmico y húmedo que generan en su entorno y con ello se cuantifica, la cobertura bioclimática de la ciudad.

Los componentes de cada espacio verde, se integran en un Archivo de Datos Urbanísticos y Arbóreos que se adjunta en ANEXO I.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A., Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2013) Tipologías constructivas residenciales y consumo energético. *AVERMA*. Volumen 16. 2012 ISSN 0329-5184; Págs. 05.43 a 05.50.
- Cantón, A., Cortegoso, J., de Rosa C. (1994) Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina. *Energy and Buildings*, 20(3):219-230.
- Cornejo, R., Silva, S. (2000) Estadística San Juan años 1968-1997. Estadística INTA – San Juan.
- Cúnsulo, M., Kurbán, A., Papparelli, A., Montilla, E. (2013) Procesamiento de datos térmicos satelitales para la obtención de la Isla de Calor Urbana. *AVERMA*, Vol. 1. 2013 ISSN 0329-5184; Págs. 11.11 a 11.18.

- Cúnsulo, M., Papparelli, A., Kurbán, A. (2011) Variación temporal de la isla de calor y de la ocupación urbana en San Juan – Argentina. *AVERMA*, Vol. 15, ISSN 0329-5184, Págs. 01.27 a 01.36.
- Garland, L. (2011). *Heat islands*. London: Earthscan.
- Heisler, G. (1986) Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. *Urban Ecology*, 9. 337-359 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Honjo T. y Takakura T. (1989) Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. *Energy and Buildings*, Vol 15 443-446. Elsevier Sequoia. Holanda
- Simpson, J. (1998) Urban forest impacts on regional cooling and heating energy use: Sacramento County case study. *J. Arboric*, 24(4):201-214.
- Kurbán, A. (2001) Arquitectura y Sustentabilidad en una Zona Árida. Tesis de Maestría en Arquitectura y Diseño. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. *et al.*, (2006) Efecto Bioclimático de la Forestación en áreas urbanas de Clima Árido. *AVERMA*, ISSN 0329-5184 Vol. 10. Pp 11-45 a 51
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Ripoll, V. *et al* (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.
- Kurbán, A., Cúnsulo, Papparelli, A., M., Montilla, E., Ortega, A., Roca, G., Álvarez, A. (2013) *Aplicación de sensores remotos en el estudio térmico de espacios verdes urbanos del árido*. *AVERMA*, Vol. 1. 2013 ISSN 0329-5184, Págs. 11.71 a 11.78.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ortega, A., Roca, G., Ripoll, V. (2009) Cobertura bioclimática arbórea en una ciudad de zona árida. *AVERMA*, Vol. 13 ISSN 0329-5184 Pág. 11.85 a 11.91.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ríos, E. (2007a) Espacios Verdes y Temperatura Urbana en ecosistemas áridos. *AVERMA*, ISSN 0329-5184, Vol. 11 Págs 11.09 a 11.15.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ríos, E. (2007b) Espacios Verdes y variación de la Humedad Relativa en entornos urbanos áridos. *Actas del XXX Congreso de ASADES 2007*, Pág. 11.01 a 11.06. San Luis.
- Kurbán, A., Cúnsulo M. (2015) Estudio del efecto térmico de espacios verdes urbanos del árido con sensores remotos. *Revista Hábitat Sustentable*, Vol. 5 N° 2. Págs. 42 - 55. ISSN 0719-0700, Universidad de Bío Bío. Chile.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ortega, A., Roca, G., Ripoll, V. (2010a) Espacios verdes forestados y población en clima urbano árido. *AVERMA*, Vol. 14. ISSN 0329-5184, Págs 11.85 a 11.92.
- Kurbán, A. Papparelli, A., Cúnsulo, M., Roca, G., Ripoll, V., Montilla, E., Ortega, A., Álvarez, A. (2010b) Déficit bioclimático arbóreo en espacios verdes de zona urbana árida. *CD Institucional UNSJ*, ISBN N°978-950-605-623-0. San Juan.

- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2002) Aporte de la forestación al control del clima urbano en zona árida. *AVERMA*, ISSN 0329-5184 Vol. 6. Págs. 05.43 a 05.48.
- Mazzeo, N. (1984) Aplicaciones del diagnóstico climático a problemas relacionados con el urbanismo. Apuntes de cátedra, UBA. Buenos Aires.
- Oke, T. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 179-190.
- Ortega, A., Montilla, E., Cúnsulo, M. (2013) Clima urbano árido. Base de datos para estudios del Área Metropolitana de San Juan. *AVERMA*, Vol. 1. 2013 ISSN 0329-5184, Págs. 11.29 a 11.36.
- Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, Eduardo, Kurbán, A. (1996) Eficiencia bioclimática arbórea en entornos urbanos de zona árida. *Actas de la XIX Reunión de Trabajo de ASADES'96*, Tomo II - Págs. 9.05 a 9.09 Mar del Plata.
- Papparelli, A., De Rosa, C., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Lelio G., Vilapriño, R. Solanes, F. (2001) *Arquitectura y Clima en Zonas Áridas*, 2da Edición: 1 Vol. 602 páginas. Editorial Fundación UNSJ. Argentina. ISBN 950-605-136-4.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. (2009) Planificación Sustentable del Espacio Urbano. ISBN 978-987-584-196-5. Editorial Nobuko. Bs.As.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. (2011) Isla de calor y ocupación espacial urbana en San Juan - Argentina. Análisis evolutivo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo* - Universidad Javeriana, Vol. 4 N°7 Págs. 110 a 120. ISSN 2145-0226. Colombia.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. (2003) *Diagnóstico Ambiental de Ecosistemas Humanos*. ISBN 987-1135-47-5. Editorial Nobuko. Bs. As.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. (2015) *Características de la distribución espacial en el Área Metropolitana de San Juan - Estadística año 2010*. ISBN 978-987-3607-84-4 - Editorial NOBUKO - Bs. As.
- Pérez González, M., García Rodríguez M., Guerra Zeballos, A. (2003) Análisis del clima urbano a partir de satélite en el centro peninsular español. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. Vol. 23. Pág 187-206.
- Rees, W. (1998) The built environment and the Ecosphere: a global perspective Conference. *Proceedings Green Building Challenge '98*. Vol. 1, p. 3-14. Vancouver.
- Simpson, R (2002) Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, Vol.34, págs. 1067-1076. Elsevier Science. London.
- Stewart, I., Oke, T. (2012). Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93: 1879-1900. Vancouver.
- Tornero, J., Pérez Cueva, A., Gómez Lopera, F. (2006). Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de Geografía N° 80*, págs. 147 - 182. Valencia.

Torres, J. (2010) Climatización considerando el ahorro de energía y el confort térmico de las personas en ambientes dedicados a tareas de oficina. Tesis de Maestría en Ingeniería. Editorial de la Universidad *Tecnológica Nacional - edUTecNe*.

UNESCO (1977) Map of the world distribution of arid regions. MAB Technical Notes 7. ISBN 92-3-101548-6. France.

UNESCO (2010) Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe. Programa biológico internacional para América Latina y el Caribe. Documento Técnico N°5. Autores: Verbist K., Santibañez, F., Gabriels, D., Soto G.

Von Bertalanffy, L. (1976) *Teoría General de los Sistemas*. Fundamentos, desarrollo aplicaciones. Fondo de Cultura Económica. México D.F.

Watson, D., Faia Y Kenneth Labs. (1983). *Climatic design*. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company. USA.

CAPÍTULO II

CONFORT BIOCLIMÁTICO DE LOS
ESPACIOS VERDES URBANOS

CAPÍTULO II

CONFORT BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

2. CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS

- 2.1. Conceptualizaciones sobre Confort Térmico
- 2.2. Índices de Confort Térmico
- 2.3. Índices de confort térmico para espacios abiertos seleccionados para el presente estudio.

3. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFORT TÉRMICOS DE LOS EVU DEL AMSJ

- 3.1. Mediciones climáticas de los EVU del AMSJ
- 3.2. Método de traslado de valores al mediodía solar
- 3.3. Ponderación de valores trasladados según período de medición
- 3.4. Valores climáticos para cálculo de índices de confort
- 3.5. Cálculo de índices de confort en los EVU del AMSJ
- 3.6. Correlaciones de índices de confort con variables climáticas
- 3.7. Consideraciones sobre los índices de confort
- 3.8. Categorización de los EVU según el índice de confort UTCI

4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO II

CONFORT BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

Las modificaciones a la temperatura y humedad relativa que producen los espacios verdes urbanos, se complementan con la percepción de las personas respecto a las condiciones de frío o calor que experimentan en dichos espacios o en su zona de influencia.

De los índices de confort térmico utilizados a nivel internacional para espacios abiertos, se seleccionan los que se aplicarán al cálculo de confort en los EVU del Área Metropolitana de San Juan.

Procesados y analizados los resultados, se categorizan los EVU en orden a identificar las características de sus componentes arbóreos que proporcionan mejores condiciones de confort.

2. CONFORT TÉRMICO EN ESPACIOS ABIERTOS

2.1. CONCEPTUALIZACIONES SOBRE CONFORT TÉRMICO

El confort es considerado como la ausencia de malestar con el ambiente térmico. Las personas se sienten incómodas cuando están con demasiado calor o demasiado frío. La sensación de confort en general se basa en una red de órganos sensoriales: ojos, oídos, nariz, sensores táctiles, sensores de calor y el cerebro (Torres, 2010).

El Manual ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, editado inicialmente en 1966), define al confort térmico como “la condición mental en la que se expresa satisfacción con el ambiente térmico”.

Por lo dicho, el concepto de confort es un término preciso y ambiguo a la vez. Casi todos los autores coinciden en que hace referencia a una situación de bienestar, pero precisamente esa amplitud de la definición dificulta su precisión científica. Los distintos autores convienen en entender que normalmente el término “confort” hace referencia a un estado de bienestar climático o térmico, sin excluir otras condiciones de satisfacción material. Ese estado de bienestar es consecuencia de un cierto equilibrio entre el hombre y su medio, entre sus condiciones fisiológicas y las ambientales, y como expresión de tal equilibrio es un tema susceptible de variadas perspectivas y permanente interés (Tornero *et al.*, 2006).

Desde antiguo se ha tratado de medir dicho “estado de bienestar”, es decir encontrar un índice que cuantifique la temperatura que efectivamente tiene la piel. Es decir la sensación que experimenta realmente el organismo. Pero según distintos autores, dicha temperatura no sólo es la temperatura ambiente, sino también la biológica y sobre todo, aquella resultante de la intensidad de enfriamiento, ya que en ella interviene el viento y la humedad, que al actuar sobre la evapotranspiración, modifican el proceso térmico.

Desde las primeras décadas del siglo veinte, muchos esfuerzos de grupos de científicos han abordado diversas posibilidades de cuantificación de dicho “estado de bienestar”.

En 1923, Houghton y Yaglou elaboraron una “escala de temperatura efectiva”, combinando los efectos de la temperatura, la humedad y el movimiento del aire. En el mismo sentido Missenard utilizó, diez años después, la “temperatura resultante”, que ya incluía la radiación. Givoni (1976) incorporó la producción de sudor como instrumento de medición en su “índice de tensión térmica”.

Son numerosos los trabajos orientados en esa dirección. Entre ellos destaca Víctor Olgyay, precursor en la investigación sobre la relación entre arquitectura y energía. Su libro “Design with Climate” (1ª Edición de 1963 – Edición en español 1988), constituye un elemento de referencia clave para aquellos arquitectos y urbanistas interesados en estos temas. Los principios básicos enunciados en ese libro, así como los procesos de diseño que recomiendan, son directamente aplicables a cualquier proyecto actual. En él, Olgyay definió con precisión, el polígono de confort de su Carta Bioclimática, tan útil para el estudio del confort en espacios abiertos de la ciudad. En relación a los espacios interiores, pueden citarse los aportes de Givoni (1976 - 1ª Edición de 1969) y Watson (1983), realizados sobre el diagrama psicrométrico, definiendo diferentes estrategias de diseño edilicio, que permitan obtener condiciones de confort en su interior.

Posteriormente se realizaron estudios de interacción entre los parámetros microclimáticos y el confort térmico, aplicados al diseño de conjuntos de edificios (Brown y Gillespie, 1995).

2.2. INDICES DE CONFORT TÉRMICO

Los intercambios de energía entre una persona y el medio que lo rodea, están expresados por la ecuación de balance de energía calórica del cuerpo humano (Tornero *et al.*, 2006):

$$M + W + Q^* + Q_H + Q_L + Q_{SW} + Q_{RE} = S$$

donde:

- M es la proporción metabólica
- W el trabajo físico exterior
- Q* el saldo de radiación neta del cuerpo
- Q_H el flujo de calor convectivo (sensible)
- Q_L el flujo de calor latente por la difusión del vapor de agua
- Q_{SW} el flujo de calor latente debido a la evaporación del sudor
- Q_{RE} el flujo de calor por la respiración (la suma del flujo de calor para calentar y humedecer el aire inspirado)
- S es el almacenamiento del flujo de calor para calentar (valor positivo) o enfriar el cuerpo (valor negativo).

Los estudios sobre el confort bioclimático, actualmente tienen los dos enfoques señalados ya en 1974 por Morgan y Baskett: el enfoque sintético o empírico, basado en combinaciones de diversas variables meteorológicas y el analítico o racional, basado en el balance energético humano.

Los índices empíricos ignoran la fisiología humana, la actividad, la ropa y otros datos personales, tales como la altura, peso, edad, sexo.

Los índices racionales son más recientes, suelen estar desarrollados por técnicas informáticas, y dependen del equilibrio de energía humano. En ellos, la teoría de transferencia de calor, se aplica como punto de partida racional para describir los diversos intercambios del flujo de radiación sensible y latente, junto con algunas expresiones empíricas, que describen los efectos fisiológicos de control reguladores.

● **Índices empíricos**

- ET (*Effective Temperature comfort index*): uno de los más antiguos índices todavía utilizados: sensación que se experimenta a una temperatura y humedad dadas y en calma. Este índice relaciona la temperatura ambiente (T°C) y la humedad relativa (HR%), para calcular la Temperatura Efectiva (ET):

$$ET = T - 0.4 (T-10) * (1 - HR/100)$$

Revisado a lo largo de los años, el aporte de Gagge, *et al.* (1971), lo convirtió en un índice racional: el ET*

- Wind Chill (*Sensación Térmica*): desarrollado por Siple y Passel (1945). Índice que no obstante haber recibido frecuentes críticas, sigue siendo ampliamente revisado y utilizado. El actual índice desarrollado por el NOAA (National Oceanic and atmospheric administration), es aplicable sobre condiciones invernales (sometidas a vientos fríos y temperaturas de congelamiento).
- THI (*Thermohygrometric Index*): parte del índice de desconfort (DI) de Thom (1959). Unger (1999) lo utiliza para comparar de un modo sencillo las condiciones de confort de un ámbito rural frente a uno urbano. Los rangos utilizados para la clasificación del grado de confort, se han desarrollado en ciudades de latitudes medias; constituye un índice aplicado particularmente para establecer las condiciones de confort en espacios abiertos (Tricoire, 2003; Correa *et al.*, 2010).
- TGI o EQI (*Thermohygrometric Global Index o Environmental Quality Index*): propuesto por Cannistraro *et al.* (2014) resulta una herramienta innovadora para evaluar la calidad del medio ambiente exterior. Estudia parámetros climáticos tales como temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento. Estos parámetros objetivos, se comparan con el bienestar subjetivo, a través de parámetros obtenidos por medio de cuestionarios. Al no tener en cuenta aspectos específicos de una ciudad tales como el tránsito, el grado de urbanización, la contaminación del aire, sus resultados se proponen como comparables a nivel internacional. Al mismo tiempo puede obtenerse para diferentes lugares de la misma ciudad permitiendo la construcción de un mapa de confort higrométrico, orientado al logro de una mejor planificación urbana, por ejemplo mejorar el confort térmico a través de la construcción de áreas verdes.
- ASV (*Actual Sensation Vote*): analiza espacios abiertos en contextos urbanos, al combinar el ambiente físico con requisitos de satisfacción de los usuarios, y genera herramientas que permiten evaluar varios aspectos que influyen en la percepción del espacio. Fue desarrollado en el marco del proyecto RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), coordinado por el Centre for Renewable Energy Sources, Greece (2004). Se ha aplicado hasta el momento solo en países europeos, por lo que las fórmulas utilizadas, se adaptan a ciudades con temperaturas entre 5°C y 35°C.

- **Índices racionales**

- PMV (*Predicted Main Vote*) y PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*): desarrollados por Fanger para la valoración del confort térmico. El método fue propuesto por Fanger (1973) y Fanger *et al.*, 1974). Este método es en la actualidad uno de los más extendidos para la estimación del confort térmico, la optimización de sistemas de calor, ventilación y aire acondicionado. A partir de la información relativa a la vestimenta, la tasa metabólica, la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la velocidad relativa del aire y la humedad relativa o la presión parcial del vapor de agua, el método calcula el PMV y PPD. La importancia y aplicación generalizada del método se manifiesta en su inclusión como parte de la norma ISO 7730 relativa a la evaluación del ambiente térmico. Según las recomendaciones de la norma ISO 7730 “*Ergonomía del ambiente térmico*”, el índice del Voto medio estimado sólo debería utilizarse para evaluar ambientes térmicos en los que las variables implicadas en el cálculo permanecieran comprendidas dentro de los siguientes rangos: Tasa metabólica entre 46 y 232 W/m² (0,8 met. a 4 met); Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31m² °K/W (0 clo y 2 clo); Temperatura del aire entre 10°C y 30°C; Temperatura radiante media entre 10°C y 40°C; Velocidad del aire entre 0m/s y 1 m/s; Presión del vapor de agua entre 0 y 2700 Pa. El método está especialmente diseñado para el estudio de condiciones ambientales estacionarias, aunque resulta una buena aproximación ante pequeñas variaciones de las condiciones en estudio.

- PET (*Physiological Equivalent Temperature*): se define como la temperatura fisiológica equivalente en un lugar dado (bajo techo o a cielo abierto). Es equivalente a la temperatura del aire a la cual, en un lugar bajo techo típico, sin viento ni radiación solar, el balance del cuerpo humano se mantiene con temperaturas interiores y cutáneas iguales a aquellas bajo las condiciones que son evaluadas. El PET fue introducido por Höpfe y Mayer (Höpfe y Mayer, 1987). El índice PET también ha sido uno de los más aplicados y sigue siendo en la actualidad un índice de referencia fundamental.

- OUT-SET* (*Out Standard Effective Temperature*): es similar al índice de temperatura efectiva revisado (ET*), pero con la inclusión de la variable “vestimenta”. Es una versión del SET*, que para analizar el confort en espacios abiertos, incorpora además la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa, velocidad del aire, aislamiento de la vestimenta y grado de actividad.

- COMfort FormULA (COMFA): es un modelo térmico propuesto para la evaluación de las condiciones de confort en espacios abiertos, basado en el balance de energía de una persona. Originalmente de autoría de Brown y Gillespie (1995), fue actualizado por Dessi (2007) y renombrado como COMFA+. Es un modelo de evaluación del confort al aire libre, pero también sensible a las variaciones físicas para mitigar las condiciones microclimáticas.
- UTCI (*Universal Thermal Climatic Index*): basado en la valoración de la respuesta fisiológica (Jendrizky, 2012). Se originó en la revisión encomendada por la Sociedad Internacional de Biometeorología, con el objetivo de integrar la diversidad de índices existentes. Un requisito fundamental fue que dicho índice siempre tuviera el mismo significado termofisiológico, con independencia de la combinación de los valores intervinientes.
- THSW (*Temperature Humidity Sun Wind*): su fórmula fue inicialmente desarrollada por Steadman (1979) y utiliza la humedad para calcular la sensación térmica. Integra valores que se obtienen mediante sensores meteorológicos: temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento; a los que se les adiciona la latitud y longitud, hora y fecha. Puede ser obtenido mediante la estación meteorológica digital Vantage Pro2.
- IZA (*Índice de Confort Térmico para ciudades de zonas áridas*): desarrollado por Ruiz y Correa (2015) para Mendoza, Argentina. Predice las condiciones de confort térmico en invierno y verano, de la población adaptada a esta “ciudad oasis” de clima árido. El seguimiento de los parámetros microclimáticos y estudios de campo sobre la percepción de la gente se llevó a cabo en una calle peatonal. La fórmula considera la temperatura del aire, humedad relativa y viento.

A los dos tipos de índices anteriores, *Empíricos* y *Racionales*, Tumini (2010) incorpora los *Directos*, basados en mediciones directas de variables ambientales. Estos son de fácil aplicación, ya que pueden obtenerse de datos registrados en estaciones meteorológicas. Entre ellos se encuentran los ya citados THI, UTCI y THSW.

Otra clasificación de los índices térmicos es la de Scudo (2002) que los agrupa en 4:

- Índices térmicos empíricos: correlacionan unos pocos parámetros climáticos. Por lo general se elaboran para climas específicos, tales como el Índice de Sensación Térmica y el Índice de Incomodidad.

- Índices Psico-sociológico-climáticos: correlacionan la percepción subjetiva de variables microclimáticas y el índice de confort.
- Índices de ecuación del balance energético: elaborados sobre la base de un modelo de dos nodos del cuerpo humano y en la evaluación de todos los parámetros climáticos relevantes térmicamente que conforman la ecuación de balance de calor, con un modelo simplificado para evaluar la Temperatura Media Radiante.
- Índices de ecuación del balance energético: elaborados sobre la base de un modelo de un solo nodo del cuerpo humano: modelo de temperatura percibida (PT) sobre la base de Fanger. Incorpora una ecuación de un modelo de evaluación radiante para espacios exteriores: Índice PMV y COMfort Formula-COMFA+, con un modelo de evaluación simplificado de la radiación.

2.3. ÍNDICES DE CONFORT TÉRMICO PARA ESPACIOS ABIERTOS SELECCIONADOS PARA EL PRESENTE ESTUDIO

2.3.1. Índices seleccionados para aplicar en el presente estudio

Para seleccionar el índice de confort térmico a aplicar en el estudio de los espacios verdes urbanos del Área Metropolitana de San Juan, se identifican aquellos que reúnen las siguientes condiciones:

- Representar los factores propios de los espacios abiertos y forestados.
- Permitir la comparación de sus resultados a nivel internacional.
- Ser valores numéricos.
- Incorporar evaluaciones fisiológicas del cuerpo humano.
- Resultar del cálculo de los valores registrados con sensores in situ.

En función de las condiciones anteriores, se seleccionan dos índices universales y uno regional:

- UTCI: *Universal Thermal Climatic Index*
- TGI o EQI: *Thermohygro-metric Global Index o Environmental Quality Index*
- IZA: *Índice de Confort Térmico para ciudades de Zonas Áridas*

2.3.2. Escala de valoración de los índices seleccionados

a) UTCI: *Universal Thermal Climatic Index* (Jendrizky, 2012)

Para la obtención del UTCI se utilizó el Programa de Cálculo UTCIWBGT²², en base a la planilla para cálculo con software on line de climatechip.org²³. Los parámetros intervinientes son: Temperatura del aire, Temperatura de globo o Radiación solar global, Punto de rocío o Humedad relativa, y Velocidad de viento. El UTCI define 10 escalas de estrés térmico, que abarcan desde el estrés por calor extremo al causado por mucho frío²⁴. La escala de valoración se presenta en la Tabla 1.

RANGOS DE UTCI (°C)	CATEGORÍA DE ESTRÉS
sobre +46	ESTRÉS TÉRMICO EXTREMO
+38 a +46	ESTRÉS TÉRMICO MUY SEVERO
+32 a +38	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO
+26 a +32	ESTRÉS TÉRMICO MODERADO
+9 a +26	SIN ESTRÉS TÉRMICO
+9 a 0	ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO LEVE
0 a -13	ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO MODERADO
-13 a -27	ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO FUERTE
-27 a -40	ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO MUY FUERTE
Debajo de -40	ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO EXTREMO

Tabla 1: Escala de Valoración UTCI, categorizado según el stres térmico. Fuente: Glossary of Terms for Thermal Physiology (2003).

b) TGI o EQI: *Thermohygro-metric Global Index o Environmental Quality Index*

(Cannistraro *et al.*, 2014)

El procedimiento para el cálculo del TGI, consiste en determinar para cada parámetro climático (Temperatura - Humedad relativa - Radiación solar -Velocidad del viento), los porcentajes de incidencia, o el “peso” que cada uno de éstos posee como indicativo del grado de confort. Para ello se definen indicadores cuya ponderación va de 0 a 100 (según sea el parámetro del que se trate). Cada indicador y luego el Índice de Confort, se califican conforme su grado de satisfacción, en 5 categorías, según la Tabla 2:

²² www.utci.org/utci.doku.php

²³ Liljegren J, Carhart R, Lawday P, Tschopp S. climatechip.org/sites/default/files/content/UTCIWBGT.xls

²⁴ Glossary of Terms for Thermal Physiology (2003). Journal of Thermal Biology 28, 75-106.

INDICADOR TGI	RANGO
85÷100	EXCELENTE
70÷85	BUENO
60÷70	ACEPTABLE
45÷60	NO ACEPTABLE
<45	INSOPORTABLE

Tabla 2: Escala de Valoración del TGI según grado de satisfacción.
Fuente: Cannistraro et al. (2014).

c) IZA: Índice de Confort Térmico para ciudades de zonas áridas (Ruiz et al, 2015)

El cálculo del IZA considera tres parámetros microclimáticos (Temperatura, Humedad relativa y Viento) y predice la percepción térmica para una población urbana adaptada a las condiciones climáticas de una determinada ciudad. La escala de valores de la percepción según el IZA es (Tabla 3):

INDICADOR IZA	PERCEPCIÓN
> 1.5	CALUROSO
0.5 a 1.5	CÁLIDO
- 0.5 a 0.5	NEUTRO
- 0.5 a -1.5	FRESCO
< -1.5	FRÍO

Tabla 3: Escala de Valoración del IZA según la percepción.
Fuente: Ruiz y Correa (2015).

3. CÁLCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFORT TÉRMICO DE LOS EVU DEL AMSJ

3.1 MEDICIONES CLIMÁTICAS DE LOS EVU DEL AMSJ

3.1.1. Programa de Mediciones climáticas

En noviembre de 2014 se realizaron mediciones climáticas piloto en tres EVU seleccionados conforme similitud de superficies y pertenencia a diferentes BUC. Estos fueron:

- BUC Eminentemente Urbana: Plaza Gertrudis Funes
- BUC Urbana: Plaza Manuel Belgrano
- BUC Suburbana: Plaza B⁹ Huazihul

Durante dichas mediciones se calibraron los instrumentos de medición, se ajustó el método para llevarlas a cabo como así también las ubicaciones para las tomas.

Durante el mes de diciembre de 2014, se efectuaron las mediciones definitivas de los

19 EVU, centradas en el mediodía solar (13:30HOA) y con cielo despejado, Índice de claridad = $K_t \geq 0,75$. El cronograma de mediciones fue el siguiente (Tabla 4):

DÍA DE MEDICIÓN	EVU MEDIDO
Día 11/12/2014	Parque de Mayo España San Martín
Día 17/12/2014	Villa Obrera Camus San Roque Huaziul Salvador M. del Carril Belgrano
Día 18/12/2014	Francisco Laprida 25 de Mayo Antonino Aberastain Gertrudis Funes Hipólito Yrigoyen
Día 19/12/2014	San Damián Parque Rawson Villa Krause Acceso Sur Almte. Brown

Tabla 4: Cronograma de mediciones climáticas de los EVU del AMSJ

3.1.2. Instrumental de medición

Las mediciones se efectuaron con el siguiente instrumental:

- MEDIDOR DE INDICE DE CALOR WBGR - Modelo: WBGT-2010SD ISO-9001, CE, IEC 1010. Marca Lutron. Con tarjeta de memoria.
- ANEMÓMETRO - Modelo: LM-81AM - Marca Lutron ISO-9001, CE, IEC 1010- Display LCD 8mm.
- ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE CONTROL
Las Estaciones son equipos de adquisición de datos marca DAVIS Vantage Pro2 Plus™. Poseen Alimentación dual (batería solar fotovoltaica), Software WeatherLink y Consola de registros.
Las Estaciones se encuentran localizadas a una altura sin obstrucción edilicia, lo cual garantiza una buena exposición y captación de las condiciones atmosféricas del área urbana. Sus respectivas localizaciones son:

- BUC EU: Estación INEAA. Ubicada a 12,00m sobre el nivel del terreno natural. Santa Fe esquina Sarmiento - Dpto. Capital. Sede INEAA
- BUC UR: Estación Capital. Ubicada a 5,00m sobre el nivel del terreno natural. Mitre 1668 oeste - Dpto. Capital. Vivienda Privada.
- BUC SU: Estación Rivadavia. Ubicada a 5,00m sobre el nivel del terreno natural. Calle 17 de noviembre - Bº Portal de Los Andes I - Dpto. Rivadavia. Vivienda Privada.

3.1.3. Esquema de las mediciones climáticas

En cada EVU, se registraron de 9 a 26 puntos, de acuerdo con su tamaño y geometría. El esquema de mediciones tipo simplificado en una hectárea de geometría cuadrada se muestra en la Figura 1. Los registros se efectuaron a una altura de 2,0m por sobre el nivel del suelo. En cada caso se hizo constar la particularidad de la superficie de cada punto de medición (césped, tierra, solado).

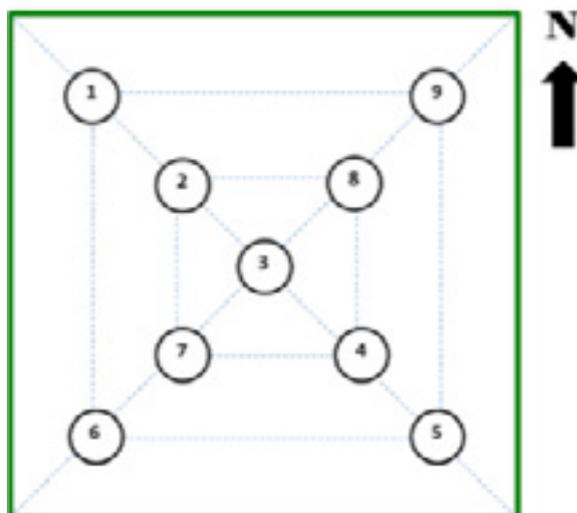


Figura 1: Distribución esquemática de los puntos de mediciones climáticas en cada EVU del AMSJ

3.1.4. Mediciones Climáticas en los EVU

Simultáneamente a la toma de datos, se configuraron tres Estaciones Meteorológicas ubicadas a una distancia no mayor a 1.500m de cada EVU, para medir a intervalos de 60 segundos. Esto permitió el traslado de los valores registrados en cada punto de los EVU, a la hora 13:30HOA, que corresponde a las 12:00HSV. Para cada día de medición, las Estaciones Meteorológicas de control, fueron:

- Día 11/12/2014: Estación Meteorológica INEAA
- Día 17/12/2014: Estación Meteorológica Rivadavia y Capital

- Día 18/12/2014: Estación Meteorológica INEAA
- Día 19/12/2014: Estación Meteorológica Capital y Estación Meteorológica INEAA

Los valores medidos *in situ*, registrados a la hora real se hacen constar en ANEXO II

3.2. MÉTODO DE TRASLADO DE VALORES AL MEDIODÍA SOLAR

3.2.1. Proceso Metodológico

Para asumir todas las mediciones realizadas en los EVU a la misma hora: 12:00 HSV, correspondiente a las 13:30HOA, se utilizaron los registros minuto a minuto de la Estación Meteorológica de control correspondiente a cada día de medición. El procedimiento de traslación de valores fue el siguiente:

a) Temperatura de bulbo seco trasladada (TT)

El valor en el EVU a la hora que correspondiere (hora n), se calcula como:

$$TT_{\text{EVU MS}} = T_{\text{EMC MS}} / T_{\text{EMC hora } n} * T_{\text{EVU hora } n}$$

Siendo:

$TT_{\text{EVU trasladada MS}}$ = Temperatura medida en el EVU trasladada al mediodía solar.

$T_{\text{EMC MS}}$ = Temperatura de Estación Meteorológica de Control al mediodía solar (13:30HSA).

$T_{\text{EMC hora } n}$ = Temperatura en Estación Meteorológica de Control a una hora n determinada

$T_{\text{EVU hora } n}$ = Temperatura medida en el EVU a una hora n determinada

b) Temperatura de globo negro Traslada (TGT)

1) Correlación Temperatura bulbo seco - Temperatura de globo

El valor en el EVU a la hora que correspondiere (hora n), se calcula a partir de la correlación Temperatura del aire - Temperatura de globo. Esta se obtiene del archivo de datos de las mediciones minuto a minuto del medidor WBGTG, correlacionando estadísticamente ambas temperaturas a partir de la línea de tendencia de la nube de puntos. El coeficiente de determinación R^2 , se calcula con la cuantía de error fijo de 1. Se ejemplifica con el EVU Plaza Villa Obrera (Figura 2). La ecuación en este caso resulta:

$$TG = 0,943 T + 2,8629 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,8216$$

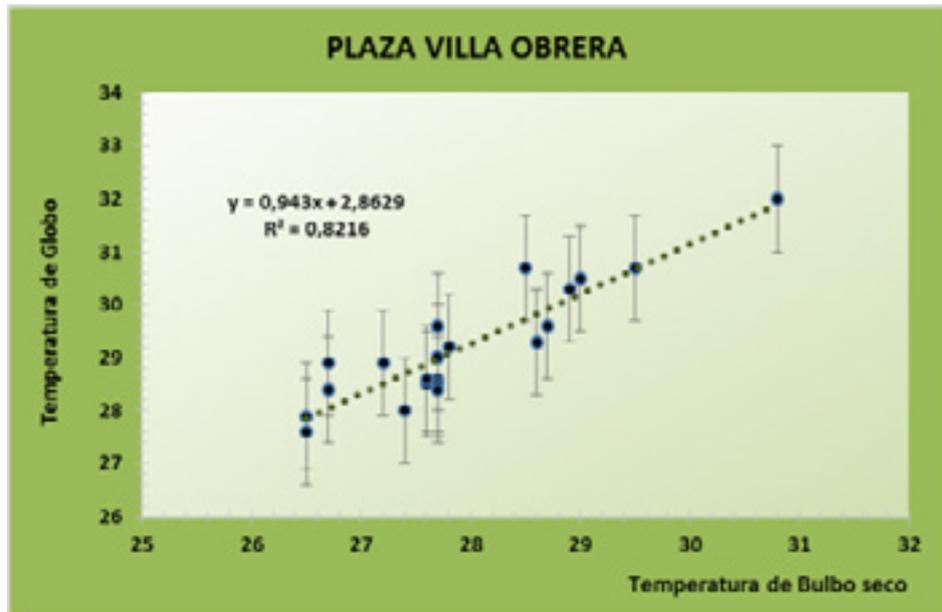


Figura 2: Correlación temperatura bulbo seco - Temperatura de Globo Plaza Vª Obrera

2) Cálculo Temperatura de globo Traslada

Con las ecuaciones de correlación (ej. Ecuación 1) y la Temperatura de bulbo seco Traslada (TT), se calculó la Temperatura de globo. Siguiendo el mismo ejemplo anterior, la ecuación queda:

$$TGT = 0,943 TT + 2,8629$$

c) Humedad Relativa trasladada (HRT)

El valor en el EVU a la hora que correspondiere (hora n), se calcula como:

$$HRT_{EVU MS} = HR_{EMC MS} / HR_{EMC hora n} * HR_{EVU hora n}$$

Siendo:

$HRT_{EVU trasladada MS}$ = Humedad Relativa medida en EVU trasladada al mediodía solar.

$HR_{EMC MS}$ = Humedad Relativa de Estación Meteorológica de Control al mediodía solar (13:30HSA).

$HR_{EMC hora n}$ = Humedad Relativa en Estación Meteorológica de Control a una hora n determinada

$HR_{EVU hora n}$ = Humedad Relativa medida en el EVU a una hora n determinada

3.2.2. Estaciones Meteorológicas de Control según EVU medido

De acuerdo con la distancia entre cada EVU y las estaciones meteorológicas, se definieron las que se desempeñarían como estaciones de control. La Tabla 5 indica el día de medición de cada EVU y su correspondiente Estación Meteorológica de Control.

DIA	EVU	ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE CONTROL
11/12/2014	Parque De Mayo	CAPITAL
	Plaza España	
	Plaza San Martín	
17/12/2014	Plaza Vº Obrera	RIVADAVIA
	Plaza San Roque	
	Plaza Bº Camus	
	Plaza Bº Huaziul	
	Plaza S. Mº Del Carril	CAPITAL
	Plaza M. Belgrano	
18/12/2014	Plaza Laprida	INEAA
	Plaza 25 de Mayo	
	Plaza Aberastain	
	Plaza Gertrudis Funes	
	Plaza H. Yrigoyen	
19/12/2014	Plaza Bº San Damián	CAPITAL
	Parque Rawson	
	Plaza Vº Krause	
	Plaza Acceso Sur	INEAA
	Plaza A. Brown	

Tabla 5: Día de medición de cada EVU y Estación Meteorológica de Control correspondiente

3.2.3. Ecuaciones de correlación para obtención de Temperatura de globo al mediodía solar

En la Tabla 6 se presentan por EVU, las ecuaciones de correlación entre las Temperaturas de bulbo seco y la Temperatura de globo, registradas con el medidor de WBTG.

DIA	EVU	ECUACIÓN DE CORRELACIÓN TBS - TG	COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN
11/12/2014	Parque de Mayo	$y = 1,1626x - 2,845$	$R^2 = 0,9114$
	Plaza España	$y = 1,2782x - 6,6628$	$R^2 = 0,8524$
	Plaza San Martín	$y = 0,8565x + 5,8791$	$R^2 = 0,8204$
17/12/2014	Plaza Vº Obrero	$y = 0,943x + 2,8629$	$R^2 = 0,8216$
	Plaza San Roque	$y = 0,8023x + 7,4176$	$R^2 = 0,8257$
	Plaza Bº Camus	$y = 0,8311x + 7,1759$	$R^2 = 0,8292$
	Plaza Bº Huaziul	$y = 0,7216x + 9,6933$	$R^2 = 0,8323$
	Plaza S. Mº Del Carril	$y = 1,2786x - 6,8194$	$R^2 = 0,9063$
	Plaza M. Belgrano	$y = 1,0204x + 2,4669$	$R^2 = 0,8226$
18/12/2014	Plaza Laprida	$y = 1,6506x - 18,064$	$R^2 = 0,845$
	Plaza 25 De Mayo	$y = 0,654x + 12,338$	$R^2 = 0,8246$
	Plaza Aberastain	$y = 1,3467x - 9,395$	$R^2 = 0,8739$
	Plaza Gertrudis Funes	$y = 1,2807x - 7,8795$	$R^2 = 0,8433$
	Plaza H. Yrigoyen	$y = 1,1315x - 3,2587$	$R^2 = 0,8317$
19/12/2014	Plaza Bº San Damián	$y = 1,0704x - 1,2925$	$R^2 = 0,9107$
	Parque Rawson	$y = 1,1389x - 3,6594$	$R^2 = 0,8803$
	Plaza Vº Krause	$y = 0,6674x + 13,336$	$R^2 = 0,8252$
	Plaza Acceso Sur	$y = 1,4122x - 14,16$	$R^2 = 0,9483$
	Plaza A. Brown	$y = 0,9852x + 0,9304$	$R^2 = 0,9176$

Tabla 6: Ecuaciones de correlación entre Temperaturas de bulbo seco y temperatura de Globo por EVU del AMSJ.

3.3. PONDERACIÓN DE VALORES TRASLADADOS SEGÚN PERÍODO DE MEDICIÓN

Para que estadísticamente los valores medidos trasladados al mediodía solar resultaran comparables entre sí para los diferentes días de medición, se los ponderó según el porcentaje de diferencia en más o menos que cada variable tenía con dicho valor medio. A los nuevos valores se los denominó “Trasladados y Ponderados”. En la Tabla 7 se muestran los valores de temperatura, humedad relativa, radiación solar global y vientos, registrados a la hora 12HSV todos los días de medición en las tres estaciones meteorológicas de control y los respectivos promedios.

DIA	EM	T	HR	RS _g	VIENTO	
		(°C)	(%)	(W/m ²)	(Km/h)	(m/s)
11/12/2014	Capital	31,8	45	967	6,4	1,8
17/12/2014	Rivadavia	31,2	35	1007	0	0
	Capital	30,5	45	980	4,8	1,3
18/12/2014	INEAA	34,4	32	953	6,4	1,8
19/12/2014	Capital	39,5	26,1	1001	4,8	1,3
	INEAA	41,2	12	1001	4,8	1,3
PROMEDIOS		34,8	32,5	985	4,5	1,3

Tabla 7: Registros y promedios de variables climáticas a las 12HSV en las Estaciones Meteorológicas de control.

Según los valores medios, los porcentajes de diferencia respectivos resultan (Tabla 8):

EM	% DE DIFERENCIA RESPECTO AL PROMEDIO		
	T	HR	RS _g
Capital	8,53	-29,43	2
Rivadavia	10,26	-0,67	-2
Capital	12,27	-29,43	0
INEAA	1,05	7,96	3
Capital	-13,61	24,93	-2
INEAA	-18,50	65,48	-2

Tabla 8: Porcentajes diferencia variables climáticas EM control, respecto a promedios respectivos.

Las fórmulas aplicadas a cada valor son las siguientes:

$$TT \text{ y } P = TT \cdot (1 + \text{porcentaje fijo } T/100)$$

Siendo:

- TTyP = temperatura trasladada y ponderada

Porcentaje fijo de T = variación del registro de temperatura de la EM en relación con el promedio de los días de medición

- $HRT \text{ y } P = HRT * (1 + \text{porcentaje fijo } HR / 100)$

Siendo:

- $HRTyP = \text{humedad relativa trasladada y ponderada}$

Porcentaje fijo de HR = variación del registro de humedad relativa de la EM en relación con el promedio de los días de medición

$TGT \text{ y } P = \text{correlación } TT \text{ con } TG \text{ (de fórmula 1)}$

3.4. VALORES CLIMÁTICOS PARA CÁLCULO DE INDICES DE CONFORT

Los valores medidos en cada EVU, trasladados y ponderados, según el procedimiento del ítem anterior, se presentan en las Tablas 9 a 15

PARQUE DE MAYO											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO m/seg	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Césped	28	28,6	31,0	29,4	33,24	0,2	38,3	38,3	27,0
	2	Césped	28,8	29,6	32,1	30,8	34,50	0,1	32,6	31,9	22,5
	3	Tierra	30,6	31,4	34,1	32,6	36,78	1,9	32,6	31,9	22,5
	4	Piso	29,8	30,1	32,7	32	35,14	0,6	32,7	32	22,6
	5	Césped	29,6	29,8	32,3	31,5	34,76	0,4	32,8	32,8	23,1
	6	Césped	29,6	29,7	32,2	32,2	34,63	0,6	33,7	33	23,3
	7	Césped	28,7	28,6	31,0	32,7	33,24	1,2	33,1	33,1	23,4
	8	Césped	29,8	29,6	32,1	32,6	34,50	0,3	32,5	32,5	22,9
	9	Césped	29,8	29,5	32,0	31,9	34,38	0,2	32,2	32,2	22,7
	10	Césped	29,8	29,3	31,8	32,7	34,13	1,6	35,5	35,5	25,1
	11	Césped	30,1	29,6	32,1	32,5	34,50	0,2	32,1	32,8	23,1
	12	Césped	30,1	29,7	32,2	32,3	34,63	0	31,8	31,8	22,4
	13	Césped	30,4	30	32,6	32,7	35,01	0,6	34	34,8	24,6
	14	Césped	29,9	29,6	32,1	31,1	34,50	0,4	33,1	33,1	23,4
	15	Césped	29,9	29,4	31,9	30,6	34,25	1,3	37,3	37,3	26,3
	16	Piso	29,5	29,1	31,6	31,1	33,87	0	34,1	34,9	24,6
	17	Césped	29,5	29	31,5	31,6	33,75	0,1	32,8	33,5	23,6
	18	Tierra	29,6	28,9	31,4	30,8	33,62	0	35,3	36,1	25,5
	19	Césped	30,1	29,2	31,7	32,1	34,00	1,1	31,8	32,5	22,9
	20	Césped	30,1	29	31,5	31,6	33,75	0	32,9	34,4	24,3
	21	Césped	30,2	29	31,5	31,9	33,75	0,1	35,7	38,3	27,0
	22	Césped	29,7	28,4	30,8	30,7	32,99	0,6	30,9	33,1	23,4
	23	Tierra	30,1	28,8	31,3	30,8	33,50	2,4	30	32,1	22,7
	24	Césped	30,1	28,8	31,3	31,8	33,50	0	33,5	35,1	24,8
	25	Césped	31,6	30,3	32,9	34,4	35,39	0,4	31,1	33,3	23,5
	26	Césped	33,1	31,6	34,3	34	37,03	0,3	29	31,1	21,9
Promedio			29,9	29,5	32,0	31,9	34,4	0,6	33,1	33,7	23,8

Tabla 9: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, del Parque de Mayo, trasladados al mediodía solar

PLAZA ESPAÑA												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Césped	31,2	29,7	32,2	33,4	34,6	0,7	28,7	31,5	22,2	
	2	Césped	31,3	29,6	32,1	32,9	34,5	0,0	30,4	32,6	23,0	
	3	Tierra	30,9	29,2	31,7	32,5	34,0	0,0	30,8	33,8	23,9	
	4	Césped	31,3	29,4	31,9	32,2	34,3	0,0	32,1	35,2	24,8	
	5	Césped	32,2	29,9	32,5	33,4	34,9	0,4	26,7	29,3	20,7	
	6	Césped	32,2	29,9	32,5	34,4	34,9	0,0	28,0	31,5	22,2	
	7	Césped	32,0	29,7	32,2	34,5	34,6	0,4	30,3	35,0	24,7	
	8	Césped	31,0	28,7	31,1	33,3	33,4	1,3	30,4	33,4	23,6	
	9	Tierra	31,7	29,4	31,9	33,1	34,3	1,2	33,1	36,3	25,6	
	10	Césped	32,7	30,1	32,7	34,5	35,1	0,6	29,9	34,5	24,3	
	11	Césped	31,8	29,1	31,6	33,4	33,9	0,0	29,7	34,3	24,2	
Promedio			31,7	29,5	32,0	33,4	34,4	0,4	30,0	33,4	23,6	

PLAZA SAN MARTÍN												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Césped	33,2	29,9	32,5	34,3	34,9	0	30,9	35,7	25,2	
	2	Césped	33,2	29,7	32,2	34,6	34,6	1	28,8	33,2	23,4	
	3	Laja	31,8	28,4	30,8	33,6	33,0	1,6	28,9	35,1	24,8	
	4	Césped	32,3	28,9	31,4	33	33,6	1,6	28,9	34,2	24,1	
	5	Césped	32,3	29,1	31,6	33,4	33,9	1,6	27,3	32,3	22,8	
	6	Césped	32,4	29,4	31,9	33,3	34,3	0,6	28,3	33,5	23,6	
	7	Césped	34,4	31,3	34,0	34,8	36,6	1,4	24,9	28,7	20,3	
	8	Césped	32,1	29,3	31,8	33,7	34,1	1,7	29,3	34,7	24,5	
	9	Césped	32,1	29,3	31,8	33,2	34,1	2,3	29,2	34,6	24,4	
	Promedio			32,6	29,5	32,0	33,8	34,4	1,3	28,5	33,6	23,7

PLAZA VILLA OBRERA												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	26,5	28	30,4	27,9	32,5	0,2	34,9	34,9	24,6	
	2	Césped	27,6	29,6	32,1	28,6	34,5	0,4	33,6	32,7	23,1	
	3	Césped	27,7	29,8	32,3	28,4	34,8	0,8	33,9	32,1	22,7	
	4	Tierra	28,7	30,7	33,3	29,6	35,9	0,8	31,4	29,7	21,0	
	5	Piso	28,6	30,5	33,1	29,3	35,6	1,6	32,4	31,5	22,2	
	6	Tierra	29,5	31,3	34,0	30,7	36,6	0,7	31,2	31,2	22,0	
	7	Tierra	28,5	30,1	32,7	30,7	35,1	0,6	33	32,1	22,7	
	8	Tierra	28,2	29,7	32,2	32	34,6	0,2	35,3	35,3	24,9	
	9	Tierra	29	30,7	33,3	31,5	35,9	1,4	33,2	32,3	22,8	
Promedio			28,3	30,0	32,6	29,9	35,1	0,7	32,4	32,4	22,9	

Tabla 10: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU España, San Martín y Vº Obrera, trasladados al mediodía solar.

PLAZA BARRIO CAMUS											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	28,2	28,9	31,4	29,3	33,6	0,3	33,2	33,2	23,4
	2	Césped	28,9	29,7	32,2	30,3	34,6	0,6	32,1	32,1	22,7
	3	Césped	28,4	29,1	31,6	30,4	33,9	2,1	37,8	37,8	26,7
	4	Césped	28,8	29,5	32,0	31,0	34,4	0,3	33,9	33,9	23,9
	5	Piso	29,3	30,0	32,6	31,8	35,0	0,3	31,8	31,8	22,4
	6	Césped	28,7	29,4	31,9	31,3	34,3	0,2	34,1	34,1	24,1
	7	Césped	28,0	28,5	30,9	31,1	33,1	1,2	33,6	33,6	23,7
	8	Piso	28,8	29,3	31,8	31,0	34,1	1,9	37,0	38,1	26,9
	9	Piso	30,0	30,3	32,9	32,0	35,4	0,8	32,4	33,4	23,5
	10	Césped	28,6	28,7	31,1	31,5	33,4	0,1	34,3	34,3	24,2
	Promedio		28,8	29,3	31,8	31,0	34,2	0,8	34,0	34,2	24,2
PLAZA BARRIO SAN ROQUE											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	30,1	29,9	32,5	31,9	34,9	1,1	30,9	32,8	23,1
	2	Tierra	29,4	29,3	31,8	31,0	34,1	0,2	31,5	33,4	23,6
	3	Piso	30,0	30,1	32,7	31,9	35,1	1,3	31,5	33,4	23,6
	4	Tierra	29,2	29,3	31,8	33,2	34,1	0,1	30,8	31,7	22,4
	5	Piso	30,2	30,3	32,9	33,2	35,4	1,6	30,5	31,4	22,2
	6	Césped	30,4	30,4	33,0	34,1	35,5	0,3	30,1	31,0	21,9
	7	Césped	30,8	30,7	33,3	32,9	35,9	0,9	29,6	31,4	22,2
	8	Tierra	30,9	30,9	33,5	32,9	36,1	0,0	30,8	32,7	23,1
	9	Piso	29,9	29,9	32,5	32,4	34,9	0,0	31,1	32,0	22,6
		Promedio		30,1	30,1	32,7	32,6	35,1	0,6	32,2	32,2
PLAZA BARRIO HAZIHUL											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Césped	30,8	29,8	32,4	31,7	34,8	0,2	30,1	32,9	23,2
	2	Tierra	29,7	28,8	31,2	31,2	33,5	1,1	32,3	34,3	24,2
	3	Piso	30,1	29,2	31,7	31,7	34,0	1,5	31,6	33,5	23,7
	4	Césped	30,0	29,0	31,5	32,0	33,7	0,0	32,9	34,9	24,6
	5	Tierra	30,3	29,4	31,9	31,5	34,2	0,9	30,9	33,8	23,8
	6	Piso	30,8	29,8	32,4	31,7	34,8	0,0	31	32,9	23,2
	7	Tierra	30,6	29,7	32,3	31,7	34,7	0,6	30,3	33,1	23,4
	8	Tierra	31,3	30,5	33,1	32,7	35,7	0,0	29,7	31,5	22,2
	9	Tierra	31,4	30,5	33,1	32,8	35,7	1,1	29,9	31,7	22,4
		Promedio		30,6	29,6	32,2	31,9	34,6	0,6	33,2	33,2

Tabla 11: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU B° Camus, San Roque y Huazihul, trasladados al mediodía solar.

PLAZA SALVADOR MARÍA DEL CARRIL											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Césped	29,4	27,3	29,6	31,0	31,5	1,0	31,1	32,5	23,0
	2	Tierra	30,5	28,1	30,5	32,3	32,6	1,6	31,0	32,4	22,9
	3	Piso	31,0	28,7	31,2	33,0	33,4	0,0	30,1	30,8	21,7
	4	Césped	30,4	28,2	30,6	32,2	32,7	1,1	31,1	31,8	22,4
	5	Césped	30,8	28,6	31,1	32,8	33,3	0,9	30,7	32,1	22,7
	6	Tierra	30,2	28,1	30,5	32,4	32,6	1,5	30,9	31,6	22,3
	7	Tierra	31,0	28,8	31,3	32,4	33,5	1,4	29,6	30,3	21,4
	8	Césped	32,1	29,9	32,5	34,0	34,9	0,2	28,2	28,8	20,4
	9	Césped	31,2	29,0	31,5	33,8	33,8	0,8	29,7	30,4	21,4
	10	Tierra	30,2	28,0	30,4	33,4	32,5	1,6	32,1	32,8	23,2
	11	Césped	29,5	27,4	29,8	31,4	31,8	0,0	33,1	33,9	23,9
Promedio			30,6	28,4	30,8	32,6	33,0	0,9	30,7	31,6	22,3

PLAZA MANUEL BELGRANO											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	30,4	27,9	30,3	33,2	32,4	1,5	31,3	32,0	22,6
	2	Césped	31,3	28,7	31,1	33,8	33,3	1,8	30,7	32,1	22,7
	3	Piso	30,7	28,2	30,6	33,3	32,7	0,3	30,4	31,8	22,4
	4	Césped	31,3	29,0	31,5	34,4	33,8	1,3	32	32,7	23,1
	5	Césped	31,3	28,9	31,4	33,2	33,7	0,6	30,6	31,3	22,1
	6	Tierra	32,0	29,4	31,9	35,3	34,2	1,8	30,2	31,6	22,3
	7	Césped	31,5	28,9	31,3	35,3	33,6	1,3	29,7	31,8	22,5
	8	Césped	30,8	28,3	30,7	35,1	32,9	0,0	29,8	31,2	22,0
	9	Piso	32,4	29,8	32,3	35,5	34,7	0,0	28,5	30,5	21,5
Promedio			31,3	28,8	31,2	34,3	33,5	1,0	31,7	31,7	22,4

PLAZA NARCISO LAPRIDA											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	29,9	31,4	34,0	30,8	36,7	0,0	35,8	30,1	21,3
	2	Piso	29,3	30,5	33,1	30,0	35,7	0,0	38,7	33,5	23,6
	3	Piso	29,7	31,0	33,6	30,4	36,2	0,0	36,2	31,3	22,1
	4	Césped	30,2	31,3	34,0	32,3	36,6	0,2	36	31,1	22,0
	5	Piso	30,4	31,4	34,1	34,0	36,8	0,0	34,5	29,8	21,1
	6	Piso	30,5	31,5	34,2	33,2	36,9	0,6	33,2	28,7	20,3
	7	Piso	29,7	30,6	33,2	31,8	35,8	2,3	36,7	32,6	23,0
	8	Piso	30,2	31,3	34,0	31,5	36,6	1,6	35,3	30,5	21,5
	9	Piso	30,8	32,0	34,7	32,3	37,5	0,0	34,1	29,5	20,8
Promedio			30,1	31,2	33,9	31,8	36,5	0,5	30,8	30,8	21,7

Tabla 12: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU Del carril, Belgrano y Laprida, trasladados al mediodía solar.

PLAZA 25 DE MAYO											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	31,5	32,7	35,5	32,8	38,5	0,7	32,1	28,5	20,1
	2	Piso	30,4	31,7	34,4	32,4	37,1	2,3	33,3	29,6	20,9
	3	Césped	30,7	31,8	34,5	32,1	37,3	0,0	33,2	29,5	20,8
	4	Césped	29,8	30,8	33,4	32,0	36,0	1,6	34,4	30,6	21,6
	5	Piso	31,0	31,9	34,7	32,0	37,4	0,4	32,6	29,0	20,4
	6	Piso	30,8	31,5	34,2	31,6	36,9	1,2	32,5	29,7	21,0
	7	Césped	31,0	31,7	34,4	31,7	37,2	1,3	32,2	30,3	21,4
	8	Césped	30,9	31,7	34,4	31,6	37,2	1,3	31,9	30,0	21,2
	9	Piso	31,1	31,8	34,6	32,2	37,3	0,3	30,6	28,8	20,3
	Promedio		30,8	31,8	34,5	32,0	37,2	1,0	29,6	29,6	20,9
PLAZA ANTONINO ABERASTAIN											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	32,5	33,0	35,8	34,3	38,8	0,0	29,7	28,8	20,3
	2	Césped	33,6	34,2	37,1	36,2	40,3	1,3	28,8	27,9	19,7
	3	Piso	33,2	33,8	36,7	34,9	39,8	1,1	27,6	26,8	18,9
	4	Tierra	32,3	32,8	35,6	33,0	38,5	1,3	29,3	28,4	20,0
	5	Piso	32,8	33,0	35,8	33,3	38,8	0,0	28,4	27,5	19,4
	6	Piso	32,4	32,4	35,2	33,8	38,0	1,7	29,6	28,7	20,3
	7	Tierra	31,2	31,0	33,7	32,2	36,3	0,0	31,9	30,9	21,8
	8	Césped	32,2	32,0	34,7	33,4	37,6	1,6	31,5	31,5	22,2
	9	Piso	32,5	32,6	35,4	33,5	38,3	1,4	28,7	28,7	20,3
	Promedio		32,5	32,8	35,5	33,8	38,5	0,9	28,8	28,8	20,3
PLAZA GERTRUDIS FUNES											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	31,8	31,2	33,8	31,5	36,5	0,1	29,2	31,1	22,0
	2	Césped	31,3	30,8	33,4	32,9	36,0	0,4	30,8	32,9	23,2
	3	Césped	31,2	30,8	33,4	31,9	36,0	1,3	30	32,0	22,6
	4	Césped	32,7	32,1	34,9	33,9	37,7	0,0	29,7	31,7	22,4
	5	Piso	32,9	32,1	34,8	33,8	37,6	0,2	27,9	30,8	21,7
	6	Piso	32,3	31,3	34,0	33,6	36,6	0,9	27,7	29,5	20,8
	7	Tierra	32,3	31,4	34,1	33,7	36,8	0,0	29,2	33,4	23,5
	8	Césped	33,0	32,3	35,0	35,4	37,8	0,3	28,3	31,2	22,0
	9	Piso	33,3	32,5	35,3	34,6	38,2	2,0	27,7	30,6	21,6
	Promedio		32,3	31,6	34,3	33,5	37,0	0,6	31,5	31,5	22,2

Tabla 13: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU 25 de Mayo, Aberastain y Funes, trasladados al mediodía solar.

PLAZA HIPÓLITO YRIGOYEN												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	31,8	30,5	33,1	32,6	35,6	0,0	28,6	32,7	23,1	
	2	Tierra	32,2	31,0	33,7	33,1	36,3	1,0	27,7	31,7	22,3	
	3	Tierra	33,8	32,3	35,1	35,9	37,9	0,1	26,3	30,1	21,2	
	4	Césped	33,6	32,0	34,7	36,0	37,6	0,7	27,3	32,4	22,8	
	5	Césped	32,2	30,6	33,2	34,0	35,8	0,4	27,6	32,7	23,1	
	6	Piso	33,3	31,6	34,3	35,2	37,1	0,1	25,5	30,2	21,3	
	7	Tierra	33,2	31,8	34,5	34,9	37,3	1,1	25,3	30,0	21,2	
	8	Tierra	33,2	31,6	34,3	35,4	37,1	1,7	25,3	30,0	21,2	
	9	Piso	33,6	31,8	34,6	34,3	37,3	1,1	24,6	30,3	21,4	
	Promedio		33,0	31,5	34,2	34,6	36,9	0,7	31,1	31,1	21,9	
PLAZA SAN DAMIÁN												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	34,2	37,8	41,0	35,1	44,8	1,2	21,3	30,9	21,8	
	2	Césped	34,5	37,8	41,0	35,7	44,9	0,3	20,5	30,8	21,7	
	3	Tierra	35,8	37,8	41,1	37,8	44,9	0,4	20,6	30,7	21,7	
	4	Piso	36,3	37,9	41,1	39,1	45,0	1,5	16,2	30,5	21,5	
	5	Césped	36,1	37,9	41,2	38,1	45,0	1,3	16	30,4	21,5	
	6	Tierra	36,8	38,0	41,2	39,5	45,1	1,8	15,8	30,3	21,4	
	7	Tierra	36,7	38,0	41,3	38,7	45,1	0,0	17	30,2	21,3	
	8	Tierra	36,5	38,1	41,3	38,7	45,2	1,3	15,7	30,1	21,2	
	9	Césped	36,6	38,1	41,3	37,7	45,2	1,2	16,3	30,0	21,1	
	Promedio		35,9	37,9	41,2	37,8	45,0	1,0	30,4	30,4	21,5	
PARQUE RAWSON												
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)			
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada	HRT y Ponderada
12:00	1	Piso	37,7	38,3	41,6	38,3	45,5	0,7	14,8	29,4	20,7	
	2	Césped	37,0	38,3	41,6	39,2	45,5	1,3	17,1	29,3	20,7	
	3	Césped	37,8	38,4	41,7	39,4	45,6	1,1	18,4	29,1	20,6	
	4	Césped	37,9	38,4	41,7	39,9	45,6	0,9	16,8	29,0	20,5	
	5	Césped	37,3	38,5	41,8	39,8	45,7	1,4	16,3	28,9	20,4	
	6	Césped	40,2	39,1	42,4	42,3	46,5	1,2	12	27,2	19,2	
	7	Césped	38,7	39,1	42,5	40,9	46,6	1,3	13	27,0	19,1	
	8	Césped	39,1	39,2	42,5	41,9	46,6	2,6	15,4	26,9	19,0	
	9	Césped	38,4	39,3	42,6	40,7	46,7	0,1	11,4	26,7	18,9	
	10	Césped	38,1	39,3	42,6	40	46,7	0,0	12,5	26,7	18,8	
	11	Césped	38,4	39,3	42,7	39,7	46,8	1,1	13,5	26,5	18,7	
	12	Césped	37,8	39,4	42,7	39,3	46,8	0,6	11,7	26,4	18,6	
	13	Césped	39,4	39,4	42,8	40,4	46,9	0,0	11,5	26,3	18,6	
	14	Césped	38,3	39,4	42,8	40,5	46,9	0,1	12	26,2	18,5	
	15	Césped	38,0	39,5	42,9	39,6	47,0	1,5	16,4	26,1	18,4	
	16	Césped	37,8	39,5	42,9	39,6	47,1	3,5	13,8	26,0	18,3	
	Promedio		38,2	39,0	42,4	40,1	46,4	1,1	14,2	27,4	19,3	

Tabla 14: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU Yrigoyen, San Damián y Rawson, trasladados al mediodía solar.

PLAZA VILLA KRAUSE											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	38,0	39,7	43,1	38,4	47,2	1,4	11,5	25,5	18,0
	2	Césped	37,6	39,8	43,2	38,8	47,4	0,4	12,4	25,4	17,9
	3	Césped	37,5	39,8	43,2	38,5	47,4	1,5	11,4	25,2	17,8
	4	Césped	37,8	39,9	43,3	39,3	47,5	1,8	11,8	25,2	17,8
	5	Césped	37,5	40,3	43,7	38,9	48,0	1,6	11,8	23,9	16,9
	6	Césped	38,2	40,4	43,8	39,9	48,1	0,7	13,9	23,9	16,9
	7	Césped	37,9	40,4	43,8	39,6	48,1	0,5	14,3	23,8	16,8
	8	Césped	37,7	40,4	43,8	39,4	48,1	0,8	12,8	23,7	16,7
	9	Césped	38,3	40,5	44,0	39,7	48,3	0,2	10,5	23,7	16,7
	Promedio		37,8	40,1	43,6	39,2	47,8	1,0	12,3	24,5	17,3
PLAZA ACCESO SUR											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Césped	35,7	35,2	38,2	36,0	41,6	0,3	11,7	15,6	11,0
	2	Césped	36,8	36,3	39,4	37,6	42,9	0,5	9,7	11,6	8,2
	3	Césped	37,4	36,9	40,0	39,3	43,7	0,4	9,8	11,8	8,3
	4	Césped	37,4	36,8	39,9	40,1	43,6	0,4	11,6	13,9	9,8
	5	Césped	38,8	38,2	41,4	40,1	45,3	0,2	10,5	12,6	8,9
	6	Césped	37,9	37,1	40,3	39,0	44,0	0,3	9,7	12,9	9,1
	7	Césped	37,9	37,1	40,3	40,3	44,0	0,3	12,6	16,8	11,9
	8	Césped	37,8	36,7	39,9	39,9	43,5	0,0	9	12,0	8,5
	9	Césped	38,8	37,7	40,9	41,0	44,7	0,0	10,9	14,5	10,3
	Promedio		37,6	36,9	40,0	39,3	43,7	0,3	10,6	13,5	9,5
PLAZA ALMIRANTE BROWN											
HSV	PUNTO	SUPERFICIE	TEMPERATURA del AIRE (°C)			TEMP. DE GLOBO NEGRO		VIENTO	HUMEDAD RELATIVA (%)		
			T medida	T trasladada	TT y Ponderada	TG medida	TG Trasl. y Ponderada		m/seg	HR medida	HR Traslada
12:00	1	Piso	37,1	36,0	39,1	37,3	42,6	0,0	13,6	18,1	12,8
	2	Tierra	36,4	35,4	38,4	36,9	41,8	0,0	12,6	18,9	13,3
	3	Piso	37,6	36,4	39,5	37,1	43,1	0,3	11,0	16,5	11,6
	4	Tierra	37,6	36,3	39,4	37,8	43,0	0,0	10,0	15,0	10,6
	5	Tierra	37,6	36,3	39,4	38,1	43,0	0,0	9,8	14,7	10,4
	6	Tierra	37,3	36,0	39,1	38,0	42,6	0,0	8,7	13,1	9,2
	7	Césped	37,3	35,9	39,0	37,5	42,5	0,1	9,5	14,3	10,1
	8	Piso	37,5	35,9	39,0	38,1	42,5	0,4	8,8	13,2	9,3
	9	Tierra	38,2	36,4	39,5	38,6	43,1	0,1	8,2	12,3	8,7
	Promedio		37,4	36,1	39,1	37,7	42,7	0,1	10,2	15,1	10,7

Tabla 15: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU Vº Krause, A. Sur y Brown, trasladados al mediodía solar.

3.5. CÁLCULO DE ÍNDICES DE CONFORT EN LOS EVU DEL AMSJ

3.5.1. Cálculo de índice de confort UTCI

Para cada EVU se calculó un solo índice de confort térmico UTCI (Tabla 16), promediando los valores obtenidos en los diferentes puntos de registro, trasladados al mediodía solar y ponderados en relación a los días medición.

CÁLCULO DEL ÍNDICE UTCI							
Nº	EVU	T (°C)	TG (°C)	VIENTO (m/seg)	HR (%)	UTCI	
						RANGO	PERCEPCIÓN
1	Parque de Mayo	32,0	34,4	0,56	23,8	32,2	E.T.S.
2	Plaza España	32,0	34,4	0,42	23,6	31,9	E.T.M.
3	Plaza San Martín	32,0	34,4	1,31	23,7	32,8	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO
4	Plaza Vº Obrera	32,6	35,1	0,74	22,9	33,7	
5	Plaza Bº Camus	31,8	34,2	0,77	24,2	32,2	
6	Plaza Bº San Roque	32,7	35,1	0,60	22,7	32,9	
7	Plaza Huazihul	32,2	34,6	0,60	23,4	32,4	
8	Plaza S. M. del Carril	30,8	33,0	0,93	22,3	31,0	ESTRÉS TÉRMICO MODERADO
9	Plaza Belgrano	31,2	33,5	0,96	22,4	31,5	
10	Plaza Laprida	33,9	36,5	0,52	21,7	34,2	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO
11	Plaza 25 de Mayo	34,5	37,2	0,98	20,9	35,4	
12	Plaza Aberastain	35,5	38,5	0,93	20,3	36,7	
13	Plaza G. Funes	34,3	37,0	0,59	22,2	34,8	
14	Plaza H. Yrigoyen	34,2	36,9	0,69	21,9	34,8	ESTRÉS TÉRMICO MUY SEVERO
15	Plaza San Damián	41,2	45,0	0,99	21,5	44,0	
16	Parque Rawson	42,4	46,4	1,09	19,3	45,4	
17	Plaza Vº Krause	43,6	47,8	1,00	17,3	46,4	E.T.E.
18	Plaza Acceso Sur	40,0	43,7	0,26	9,5	39,5	E.T.M.S.
19	Plaza A. Brown	39,1	42,7	0,08	10,7	38,0	E.T.S.

Tabla 16: Índice UTCI calculado para cada EVU.

3.5.2. Cálculo del índice de confort TGI

Para cada EVU se calculó un solo índice TGI (Tabla 17), promediando los valores trasladados al mediodía solar, obtenidos en los diferentes puntos de medición.

3.5.3. Cálculo del índice TGI

Para cada EVU se calculó un solo índice TGI (Tabla 19), promediando los valores trasladados al mediodía solar, obtenidos en los diferentes puntos de medición.

CÁLCULO DE ÍNDICE TGI							
Nº	EVU	T (°C)	RSG (W/m ²)	VIENTO (m/seg)	HR (%)	TGI EVU	
						RANGO	PERCEPCIÓN
1	Parque de Mayo	32	967	0,6	23,8	34	INSOPORTABLE
2	Plaza España	32	967	0,4	23,6	34	
3	Plaza San Martín	32	967	1,3	23,7	64	ACEPTABLE
4	Plaza Vº Obrera	32,6	1007	0,7	22,9	64	
5	Plaza San Roque	31,8	1007	0,8	24,2	64	
6	Plaza Bº Camus	32,7	1007	0,6	22,7	64	
7	Plaza Bº Huaziul	32,2	1007	0,6	23,4	64	
8	Plaza S. Mº Del Carril	30,8	980	0,9	22,3	64	
9	Plaza M. Belgrano	31,2	980	1	22,4	64	
10	Plaza Laprida	33,9	953	0,5	21,7	34	INSOPORTABLE
11	Plaza 25 De Mayo	34,5	953	1	20,9	64	ACEPTABLE
12	Plaza Aberastain	35,5	953	0,9	20,3	64	
13	Plaza Gertrudis Funes	34,3	953	0,6	22,2	64	
14	Plaza H. Yrigoyen	34,2	953	0,7	21,9	64	
15	Plaza Bº San Damián	41,2	1001	1	21,5	64	
16	Parque Rawson	42,4	1001	1,1	19,3	64	
17	Plaza Vº Krause	43,6	1001	1	17,3	64	
18	Plaza Acceso Sur	40	1001	0,3	9,5	34	INSOPORTABLE
19	Plaza A. Brown	39,1	1001	0,1	10,7	34	

Tabla 17: Índice TGI calculado para cada EVU.

3.5.4. Cálculo del índice de confort IZA

Para cada EVU se calculó un solo índice IZA (Tabla 18), promediando los valores trasladados al mediodía solar, obtenidos en los diferentes puntos de medición.

CÁLCULO DEL ÍNDICE UTCI							
Nº	EVU	T (°C)	TG (°C)	VIENTO (m/seg)	HR (%)	UTCI	
						RANGO	PERCEPCIÓN
1	Parque de Mayo	32,0	34,4	0,56	23,8	32,2	E.T.S.
2	Plaza España	32,0	34,4	0,42	23,6	31,9	E.T.M.
3	Plaza San Martín	32,0	34,4	1,31	23,7	32,8	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO
4	Plaza Vº Obrera	32,6	35,1	0,74	22,9	33,7	
5	Plaza Bº Camus	31,8	34,2	0,77	24,2	32,2	
6	Plaza Bº San Roque	32,7	35,1	0,60	22,7	32,9	
7	Plaza Huazihul	32,2	34,6	0,60	23,4	32,4	
8	Plaza S. M. del Carril	30,8	33,0	0,93	22,3	31,0	ESTRÉS TÉRMICO MODERADO
9	Plaza Belgrano	31,2	33,5	0,96	22,4	31,5	
10	Plaza Laprida	33,9	36,5	0,52	21,7	34,2	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO
11	Plaza 25 de Mayo	34,5	37,2	0,98	20,9	35,4	
12	Plaza Aberastain	35,5	38,5	0,93	20,3	36,7	
13	Plaza G. Funes	34,3	37,0	0,59	22,2	34,8	
14	Plaza H. Yrigoyen	34,2	36,9	0,69	21,9	34,8	
15	Plaza San Damián	41,2	45,0	0,99	21,5	44,0	ESTRÉS TÉRMICO MUY SEVERO
16	Parque Rawson	42,4	46,4	1,09	19,3	45,4	
17	Plaza Vº Krause	43,6	47,8	1,00	17,3	46,4	E.T.E.
18	Plaza Acceso Sur	40,0	43,7	0,26	9,5	39,5	E.T.M.S.
19	Plaza A. Brown	39,1	42,7	0,08	10,7	38,0	E.T.S.

Tabla 18: Índice IZA calculado para cada EVU.

3.6. CORRELACIONES DE INDICES DE CONFORT CON VARIABLES CLIMÁTICAS

Se realiza un análisis de los índices de confort en correlación con las variables climáticas intervinientes. En la Figura 3 se muestra la relación entre los tres índices con la temperatura, la humedad relativa y el viento.

El UTCI presenta un coeficiente de determinación R² de 0,97 en relación con la temperatura del aire y de globo negro, de cada EVU. El IZA tiene un coeficiente de correlación con la temperatura de 0,84 y el TGI de 0,3. Respecto a la humedad relativa, el coeficiente de determinación del UTCI es de 0,31; el del IZA 0,51 y el del TGI 0,19. En el caso de la correlación con el viento, el UTCI presenta un coeficiente de 0,02; el IZA de 0,13 y el TGI de 0,55.

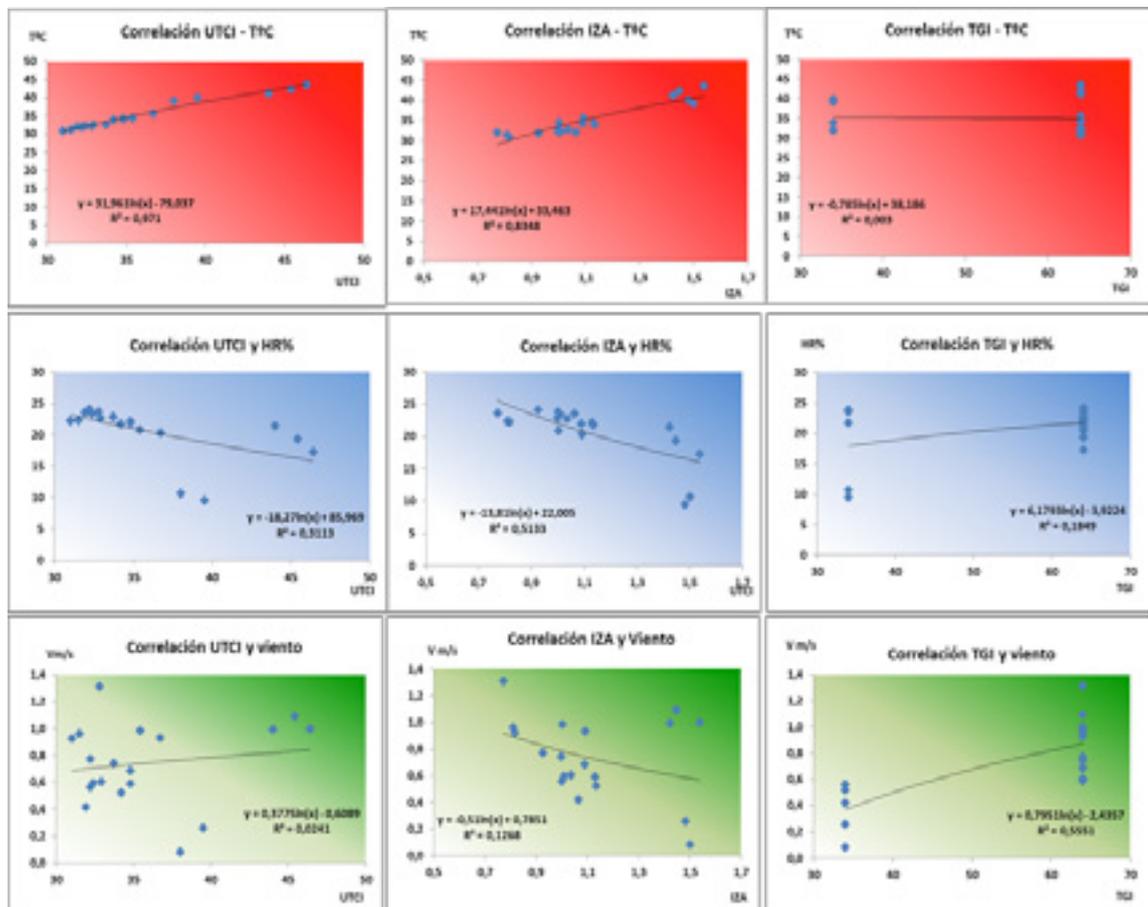


Figura 3: Correlaciones UTCI, IZA y TGI con Temperatura, Humedad Relativa y Viento.

3.7. CONSIDERACIONES SOBRE LOS ÍNDICES DE CONFORT

El cálculo de los índices de confort térmico UTCI, IZA y TGI aplicados en la estación de verano a 19 espacios verdes del AMSJ, muestra ciertas diferencias atribuibles al peso conferido a cada variable interviniente tanto como a los parámetros de percepción, que en cada caso integran sus respectivas fórmulas.

Los índices TGI calculados no resultaron representativos de la percepción empírica de los espacios verdes. Un ejemplo lo representa la Plaza España con una temperatura promedio de 32°C, cuyo índice es de 34: Insoportable; en contraste con plazas San Damián, Villa Krause y Parque Rawson con 41,2°C, 44,6°C y 42,4°C respectivamente, que tienen un TGI de 64: Aceptable. Esto se origina en el amplio rango atribuido a la Clase 5: de 26 a 45°C y a la baja ponderación que dicha Clase tiene: 10%. Ocurre asimismo con la Radiación Solar Global: la Clase 5²⁵ abarca de 250W/m² en adelante, valores que en San Juan se registran al mediodía solar de solo algunos meses de invierno, ya que el promedio invernal de los registros del clima urbano es de 403,74W/m² (Ortega *et al.*, 2013). Al mismo tiempo, esta alta radiación tiene solo un peso del 20%. Por otra parte, el viento tiene una alta ponderación (50%) y en los EVU, por la presencia de la forestación, su velocidad disminuye bajando el valor del índice.

En relación con el IZA, los valores calculados demuestran que la fórmula de cálculo del índice confiere un peso al viento, que en estas condiciones aparece como excesivo: 33%, en relación al 6% de la temperatura y al 0,8% de la humedad relativa. Lo anterior puede observarse por ejemplo en dos EVU con una importante diferencia de temperatura: 4,5°C entre la Plaza V^o Krause y la Plaza Almte. Brown. La casi calma del segundo (0,08m/s), aún con valores de humedad relativa menores que el primero (-6,6%), se traduce en los mismos niveles de discomfort. Es decir que aún en presencia de altas temperaturas, pequeñas variaciones en la velocidad del viento (en el ejemplo anterior 0,92m/s), disminuyen el rango del índice, debido al peso que el mismo tiene en la fórmula. Es justamente en relación con las variables arbóreas, que la velocidad del aire disminuye: la Plaza Almte. Brown presenta un 78% de impronta arbórea y una densidad volumétrica arbórea de 129.391m³/Ha, mientras que la Plaza V^o Krause posee un 16% de impronta arbórea y una densidad de 17.132m³/Ha.

²⁵ Se refiere a las 5 clases en las que el índice TGI categoriza los parámetros climáticos intervinientes: Radiación solar global, Temperatura, Humedad relativa y Velocidad de viento. La Clase 5 define los valores máximos de cada parámetro.

El UTCI posee una alta incidencia en su correlación con la temperatura de bulbo seco y de globo negro ($R^2 = 0,97$) y moderada con la humedad relativa ($R^2 = 0,31$). Aún sin correlación respecto al viento ($R^2 = 0,02$), los valores resultantes, manifiestan mayor acercamiento a la percepción de las reales condiciones de confort de los EVU.

Si bien el IZA muestra una aceptable correlación en promedio integrando las variables temperatura, humedad relativa y viento, el UTCI presenta mayor sensibilidad a las fluctuaciones de las variables intervinientes en cada espacio verde (Figura 4). Esto tiene estrecha relación con el rango de cada índice: el IZA es de 3; el TGI de 55; y el UTCI de un mínimo de 86.

Se asume que, en función de las características climáticas y ambientales del Área Metropolitana de San Juan, el índice de confort UTCI constituye el índice más adecuado para representar la percepción de las personas en diferentes espacios verdes de la ciudad.

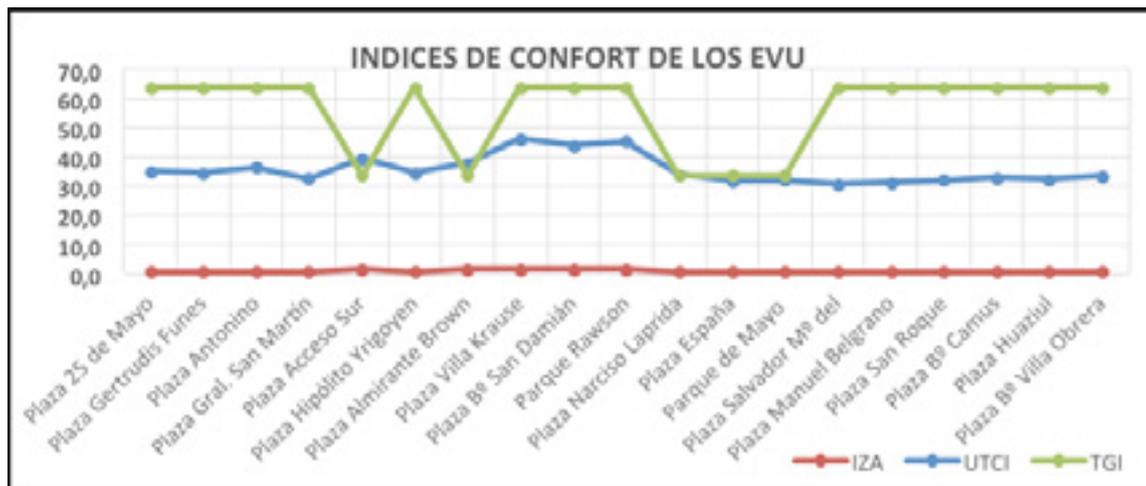


Figura 4: Representación gráfica de los Índices UTCI, IZA y TGI de los 19 EVU en estudio.

3.8. CATEGORIZACIÓN DE LOS EVU SEGÚN EL ÍNDICE DE CONFORT UTCI

El valor del índice UTCI de cada EVU se referencia con los calculados para el entorno urbano. Se obtiene así el porcentaje de diferencia entre ellos, para categorizarlos en función de su mayor divergencia con las condiciones climáticas generales (Tablas 19 y 20). La menor diferencia entre el UTCI del entorno urbano y el UTCI de cada EVU resulta de 1,1%. La mayor diferencia de 33,90%.

CÁLCULO ÍNDICES UTCI EVU Y UTCI ENTORNO URBANO (12HSV)									
Nº	EVU	UTCI		T °C	V (m/seg)	HR (%)	RG W/m ²	UTCI (°C)	
		(°C)	PERCEPCIÓN					RANGO	PERCEPCIÓN
1	Parque Mayo	32,2	E.T.S.	34,8	1,3	32,5	985	46,9	ESTRÉS TÉRMICO EXTREMO
2	Plaza España	31,9	E.T.M.						
3	Plaza S. Martín	32,8	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO						
4	Plaza Vº Obrera	33,7							
5	Plaza Bº Camus	32,2							
6	Plaza S. Roque	32,9							
7	Plaza Huazihul	32,4							
8	Plaza del Carril	31,0	ESTRÉS T. MODERADO						
9	Plaza Belgrano	31,5	ESTRÉS TÉRMICO SEVERO						
10	Plaza Laprida	34,2							
11	Plaza 25 Mayo	35,4							
12	Plaza Aberastain.	36,7							
13	Plaza G. Funes	34,8							
14	Plaza Yrigoyen	34,8	ESTRÉS T. M. SEVERO						
15	Plaza Damián	44,0							
16	Parque Rawson	45,4	E.T.E.						
17	Plaza Vº Krause	46,4	E.T.M.S.						
18	Plaza Acc.. Sur	39,5	E.T.S.						
19	Plaza A. Brown	38,0							

Tabla 19: Valor del índice UTCI de cada EVU y de sus entornos urbanos, al mediodía solar.

Nº	EVU	UTCI (°C)		DIFERENCIA UTCI EVU/ENTORNO	
		EVU	Entorno Urbano	Valor absoluto	%
1	Parque de Mayo	32,2	46,9	14,7	31,3
2	Plaza España	31,9		15	32,0
3	Plaza San Martín	32,8		14,1	30,1
4	Plaza Vº Obrera	33,7		13,2	28,1
5	Plaza San Roque	32,2		14,7	31,3
6	Plaza Bº Camus	32,9		14	29,9
7	Plaza Bº Huaziul	32,4		14,5	30,9
8	Plaza S. Mº Del Carril	31		15,9	33,9
9	Plaza M. Belgrano	31,5		15,4	32,8
10	Plaza Laprida	34,2		12,7	27,1
11	Plaza 25 De Mayo	35,4		11,5	24,5
12	Plaza Aberastain	36,7		10,2	21,7
13	Plaza Gertrudis Funes	34,8		12,1	25,8
14	Plaza H. Yrigoyen	34,8		12,1	25,8
15	Plaza Bº San Damián	44		2,9	6,2
16	Parque Rawson	45,4		1,5	3,2
17	Plaza Vº Krause	46,4		0,5	1,1
18	Plaza Acceso Sur	39,5		7,4	15,8
19	Plaza A. Brown	38		8,9	19,0

Tabla 20: Relación índices UTCI de cada EVU con UTCI del entorno urbano, al mediodía solar.

La condición bioclimática de cada EVU, de influir en la disminución de la rigurosidad del clima urbano árido del AMSJ, se manifiesta en la mayor o menor diferencia entre el confort térmico que se experimenta en cada uno de ellos, en relación con el percibido en su entorno urbano inmediato y mediato.

Aplicado el método estadístico de los rangos²⁶, los EVU se agrupan en 5:

- 1º Grupo: de 27,34% a 33,9% de diferencia el UTCI del EVU y el del entorno urbano
- 2º Grupo: de 20,78 a 27,34% de diferencia el UTCI del EVU y el del entorno urbano
- 3º Grupo: de 14,22 a 20,78% de diferencia el UTCI del EVU y el del entorno urbano
- 4º Grupo: de 7,66% a 14,22% diferencia el UTCI del EVU y el del entorno urbano
- 5º Grupo: hasta 7,66% de diferencia entre el UTCI del EVU y el del entorno urbano

La Tabla 21 muestra los grupos, ordenados en orden decreciente según el porcentaje de diferencia entre el UTCI del espacio verde y el de su entorno. El 4º grupo no presenta espacios verdes que lo representen.

CATEGORIZACIÓN DE EVU SEGÚN PORCENTAJE DE DIFERENCIA UTCI EVU/ENTORNO									
1º GRUPO		2º GRUPO		3º GRUPO		4º GRUPO		5º GRUPO	
% Δ	EVU	% Δ	EVU	% Δ	EVU	% Δ	EVU	% Δ	EVU
-33,9	Plaza S. M. del Carril	-27,1	Plaza Laprida	-19,0	Plaza Almte. Brown			-6,2	Plaza Bº San Damián
-32,8	Plaza Belgrano	-25,8	Plaza G. Funes	-15,8	Plaza Acceso Sur			-3,2	Parque Rawson
-32,0	Plaza España	-25,8	Plaza H. Yrigoyen					-1,1	Plaza Vº Krause
-31,3	Parque Mayo	-24,5	Plaza 25 Mayo						
-31,3	Plaza Bº Camus	-21,7	Plaza A. Aberastain						
-30,9	Plaza Huazihul								
-30,1	Plaza S. Martín								
-29,9	Plaza S. Roque								
-28,1	Plaza Vº Obrera								

Tabla 21: Categorización de los EVU en función de los porcentajes de diferencia con el UTCI del entorno urbano.

²⁶ El método consiste en dividir en cinco la diferencia entre el número mayor y el menor que representa el aspecto estudiado. El número resultante se suma al valor menor para obtener el primer límite; para obtener el segundo límite se suma al primer límite, la misma diferencia; para obtener el tercer límite se suma al segundo límite, la misma diferencia; para obtener el cuarto límite se suma al tercer límite, la misma diferencia. El resultado define los límites de la muestra estadística.

De las Tablas 19, 20 y 21 se deduce que los EVU de índice de confort más extremo (Estrés Térmico Extremo y Estrés Térmico Muy Severo), se ubican en el 5º grupo, con porcentajes de diferencia con su entorno, menores al 6%. Una excepción la constituye la Plaza Acceso Sur, que no obstante presentar Estrés Térmico Muy Severo, posee el 15,8% de diferencia con el entorno y se ubica en el 3º grupo.

Por lo anterior, se asume el límite del rango 14% como el valor piso de los que pueden considerarse espacios verdes con adecuados parámetros arbóreos para proporcionar condiciones de confort mínimos a su entorno urbano. Es decir que el límite de los EVU con buena respuesta de confort térmico estaría en los que conforman el 3º Grupo.

De acuerdo con las fichas que constan en el ANEXO I, los espacios verdes que pertenecen al 3º Grupo están caracterizados por los siguientes parámetros arbóreos, los que podrían identificar los EVU de desempeño bioclimático mínimo. Estos son:

- Superficie mínima: 8.000m²
- Impronta Arbórea igual o mayor a 15%
- Impronta prado: 70%
- Impronta Solados igual o menor a 30%
- Altura arbórea promedio: 14m
- Densidad volumétrica arbórea: 23.000m³/Ha
- Permeabilidad solarimétrica verano: 12%
- Bloqueo solar verano: 88%

4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Previo análisis de los índices de confort térmicos para espacios abiertos de uso a nivel internacional, se identifican tres para su aplicación en los EVU del Área Metropolitana de San Juan: UTCI: Universal Thermal Climatic Index; TGI o EQI: Thermohygrometric Global Index o Environmental Quality Index e IZA: Índice de Confort Térmico para ciudades de zonas áridas.

Las mediciones climáticas en los 19 EVU para el cálculo de los índices se realizan en diciembre del año 2014, con instrumental móvil y estaciones meteorológicas fijas de control. Para hacer comparables los registros, los parámetros climáticos se trasladan estadísticamente al mediodía solar y se ponderan en función del promedio obtenido de los días medidos.

El análisis de los índices señala disímiles resultados cuando se relacionan con las variables climáticas de temperatura de bulbo seco, humedad relativa y viento. El índice que mayor relación presenta con dichos parámetros y con la real percepción de las personas en los diferentes espacios verdes analizados, resulta el UTCI. Por esta razón se lo selecciona para categorizar la eficiencia bioclimática de los EVU.

Los EVU se agrupan en 5 categorías priorizadas en relación a la diferencia del índice UTCI calculado en el espacio verde, respecto al calculado en su entorno urbano.

El primer grupo, de mayor eficiencia bioclimática, presenta más de 27% de diferencia entre el valor del UTCI en el entorno respecto al experimentado en el espacio verde. El segundo grupo entre 21% y 27%. El tercer grupo entre 14% y 21%. No hay EVU en el cuarto grupo. En el quinto grupo la diferencia es menor al 8%.

El límite del confort se asume en una diferencia mínima de 14% con su entorno urbano. De los 19 EVU analizados, 16 quedan dentro de los que bioclimáticamente aportan a su entorno urbano. De ellos, 9 poseen un buen desempeño, 5 un desempeño medio y dos un desempeño mínimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE (2014) (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Brown, R., Gillespie, T.J. (1995) *Microclimate landscape design*. New York: Wiley.
- Cannistraro, G., Cannistraro, M., Restivo, R. (2014). A Smart Thermo-hygrometric.Global Index for the Evaluation of Particularly Critical Urban Areas Quality: the City of Messina Chosen as a Case Study. *Smart Science*, Vol. 2, N°. 1, pp. 29-35.
- Correa E., Ruiz M., Cantón A. (2010). Morfología forestal y confort térmico en “ciudades oasis” de zonas áridas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, Vol. 10, N° 4, pp. 119-137, out./dez. ISSN 1678-8621 © 2005, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.
- Dessì, V. (2007). *Progettare il comfort urbano, Soluzione per un'integrazione tra società e territorio*. Sistemi Editoriali.
- Fanger, P. (1973) *Thermal Comfort*. McGraw-Hill, New York.
- Fanger, P., Ostergaard, J., Olesen, S., Lund Madsen, T. (1974) The effect on Man's Comfort of a Uniform Air Flow from Different Directions. *ASHRAE Transaction*, 2, pp.142-157.
- Gagge, A., Stolwijk, J., Nishi, Y. (1971) An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response, *ASHRAE Trans* 77: 247-257.

- Givoni, B. (1976) *Man, Climate and Architecture*. Applied Science Publishers Ltd. London.
- Höppe, P. y Mayer, H. (1987) Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. *Landschaft and Stadt* 19:22-29.
- Houghton, F., Yaglou, C. (1923) Determining equal comfort lines. *Journal American Society Heat*. Vent Engrs, 29, 165-76.
- Jendritzky, G., de Dear, R., Havenith, G., (2012) UTCI--Why another thermal index? *International Journal Biometeorology*, 56, 421-428.
- Olgay, V. (1963) *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press, New Jersey. LC Card 61 7423.
- Olgay, V. (1988) *Arquitectura y clima*. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. ISBN 84-252-1488-2 Edit. GG S.A. Barcelona.
- Ruiz, M. y Correa, E. (2015) Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate. *Building and Environment*, Vol. 85, pp. 40-51
- Scudo, G. (2002) Built environment sciences & technology (BEST). Politécnico di Milano.
- Siple, P., and Passel, C. (1945) Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings American Philosophy Society*, 89, 177-199.
- Steadman R. G. (1979) The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature. *Journal Applied Meteorology*, Vol. 18. Pp. 874-885
- Thom, E. (1959) *The discomfort index*, *Weatherwise* 12(2), 57-60.
- Tornero, J., Pérez Cueva, A., Gómez Lopera, F. (2006) *Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes*. *Cuadernos de Geografía Nº 80*, pp. 147 - 182. Valencia.
- Tricoire, E. (2003) Comfort Association EspacesTemps.net ISSN(s): 1777-5477. Switzerland.
- Tumini, I. (2010) El microclima urbano en los espacios abiertos. Estudio de casos en Madrid. Tesis Doctoral Arquitecto-Ingeniero. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
- Unger, S. (1999), The assault on IEEE ethics support. *IEEE Technology and Society Magazine*, 18(1) 36-40
- Watson, D., Faia Y Kenneth Labs. 1983. *Climatic design*. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company. USA.
- www.utci.org/utci.doku.php Programa de Cálculo UTCIWBGT: Índice de Confort (Universal Thermal Climatic Index).

CAPÍTULO III

TIPOLOGÍAS COMPOSITIVAS DE LOS
ESPACIOS VERDES URBANOS

CAPÍTULO III

TIPOLOGÍAS COMPOSITIVAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

2. TIPO, TIPOLOGÍA, MODELO

3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS EVU EN AMBIENTES ÁRIDOS: ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

3.1. Criterio de análisis adoptado

3.2. Dimensiones de la variable Morfología en los EVU del AMSJ

4. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS DEL AMSJ

4.1. Dimensiones Perceptuales

4.2. Dimensiones Lógicas Geométricas

4.3. Dimensiones Significativas

5. TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS DEL AMSJ

5.1. Resumen de la codificación de atributos

5.2. Caracterización de las tipologías morfológicas

5.3. Matriz de dimensiones morfológicas

6. ANÁLISIS MORFO-BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS EN EL AMSJ

6.1. Método de análisis

6.2. Dimensiones bio-perceptuales

6.3. Dimensiones bio-geométricas

6.4. Dimensión confort-térmico

6.5. Matriz de atributos morfo-bioclimáticos

6.6. Caracterización de las tipologías morfo-bioclimáticas

6.7. Categorías de eficiencia morfo-bioclimática

7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO III

TIPOLOGÍAS COMPOSITIVAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

Los EVU bioclimáticamente eficientes del Área Metropolitana de San Juan se estudian conforme su estructura concreta, lógico-geométrica y significativa, en función de las tres dimensiones de la variable morfológica: Perceptuales, Geométricas y Significativas.

Cada dimensión se codifica para obtener una matriz que permite clasificar tipológicamente los espacios verdes en estudio, caracterizando sus morfologías.

Asimismo, las dimensiones morfológicas citadas, se analizan desde el punto de vista bioclimático y se identifican las variables de la estructura perceptual y geométrica de los EVU que afectan el confort higrotérmico de la población.

Se obtiene una clasificación tipológica morfo-bioclimática, que permite categorizar la eficiencia de los espacios verdes como modificadores del clima árido en la ciudad y caracterizar sus morfologías.

2. TIPO, TIPOLOGÍA, MODELO: ABORDAJES TEÓRICOS

Cualquier tipología alude a la construcción de entes abstractos. Según Rossi (1984, citado por Deiana *et al.*, 2014) los tipos expresan “una red de relaciones topológicas y estructurales que dan por resultado una determinada organización volumétrica espacial y una precisa relación con el entorno”.

Al significar etimológicamente impresión (del griego *typos*) la palabra tipología inicialmente designó el carácter de imprenta, el carácter tipográfico. De esto se infiere que el tipo es el medio concreto de la reproducción. Recién en el siglo XVIII se concretó su uso como concepto que expresa la esencia de un conjunto de objetos (Acuña Vigil *et al.*, 2005).

Aymonino (1977) definió la tipología de edificación como el estudio de las posibles asociaciones de los elementos para unir a una clasificación por tipos de los organismos arquitectónicos; reconociendo que no hay una única definición de la tipología de la construcción, sino que poco a poco ella va siendo redefinida en función de la investigación

que se quiere completar. Las numerosas contribuciones a una definición tipológica pueden agruparse según dos clasificaciones con finalidades diferentes:

- La que a través de tipos formales (o tipología independiente), tiene como fin un método crítico para el análisis y la comparación de los fenómenos de arte, y
- La que a través de tipos funcionales (o tipología aplicada), con intentos cognoscitivos, tiene como fin un análisis de los fenómenos constitutivos de un conjunto, independiente por tanto de un juicio de valor de tipo estético.

Las disquisiciones precedentes requieren profundizar términos tales como “tipo” y “modelo”.

El precursor del abordaje teórico a este tema fue Quatremère de Quincy (1755-1849) quien definió tipo y modelo: *“La palabra tipo no representa tanto la imagen de una cosa que copiar o que imitar perfectamente, como la idea de un elemento que debe servir de regla al modelo. (...) “El modelo entendido según la ejecución práctica del arte es un objeto que tiene que repetirse tal cual es; el tipo es, por el contrario, un objeto según el cual cada uno puede concebir obras que no se asemejen en absoluto entre ellas. Todo es preciso y dado en el modelo; todo es más o menos vago en el tipo”.*

Para Rico Ortega (1996), existe ambigüedad en el uso que el lenguaje arquitectónico ha hecho de los términos “tipo y modelo”. Considera que deben delimitarse sus contenidos dándoles precisión y claridad a ambos términos, para lo cual éstos no deben ceñirse a la investigación etimológica ni a su significación asignada en relación a su contexto. Asume que “tipología” es el método de análisis basado en la construcción de “tipos” (es decir, clasificaciones). Por tanto, el tipo tiene un carácter descriptivo y no interpretativo. La necesidad de definir un tipo, emana del propósito de clasificación.

Rossi (1966, 1984) afirma que el tipo es constante y se presenta con caracteres de necesidad y universalidad. El concepto de tipo refiere *“a algo permanente y complejo, un enunciado lógico que se antepone a la forma y que la constituye”.* Respecto al modelo, relacionado con determinado fenómeno del mundo, supone que *“... es un conjunto orgánico de relaciones que vinculan aspectos singulares del fenómeno que se examina, que no sean todas de identidad y que no contengan tautologías.”.*

Argan (1980) considera que si se analiza qué es el tipo, deben establecerse niveles. La tipología arquitectónica tiene niveles distintos. Hay un nivel de la tipología, relacionado esencialmente con la función de los edificios y en el que se consideran sobre todo las formas generales de los edificios en conjunto, en relación con su función o su destino.

El proceso de selección para obtener el tipo, resultará de separar las constantes que se repiten en todos los ejemplos que se analicen. Refiere que ese esquema no tiene valor de forma artística ya que no se observa en su realidad de forma plástica, sino como un esquema de distribución de elementos relacionados con una determinada idea de espacio, con una función específica.

Moneo (1978, citado por Dávila Romano, 2012) afirma que preguntarse acerca del significado de la noción de tipo en arquitectura, es como preguntarse sobre la naturaleza de la obra de arquitectura: paso obligado para poder definir la disciplina y poder establecer una teoría que dé soporte a la práctica profesional en que aquélla se prolonga. O de otro modo, responder a la primera y fundamental pregunta, “¿qué clase de objeto es una obra de arquitectura?, lleva, sin otra alternativa, a considerar qué entendemos por tipo (...).” Es decir que ese interrogante, se refiere a la esencia de la arquitectura, tal cual lo planteaba Rossi (1980): “tipo es la idea misma de la arquitectura; lo que está más cerca de su esencia...”

¿Esencia o estructura? ¿Cuál de ellas identifica al tipo?

En la obra citada, Dávila Romano (2012) se pregunta si el tipo debe atender sólo a las relaciones estructurales entre las partes que lo configuran, o también a elementos o contenidos esenciales de la obra arquitectónica. Finalmente concluye en que es más conveniente extender el concepto de tipo a todas aquellas dimensiones en las que pueda ser de utilidad, aunque esa utilidad sea de carácter práctico o inmediato.

Martí Arís (1993) sostiene que el concepto de tipo se refiere a la estructura formal. Habla de tipos desde el momento en que se reconoce la existencia de «*similitudes estructurales*» entre ciertos objetos arquitectónicos, sin atender a las diferencias en el nivel más aparente.

3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS EVU EN AMBIENTES ÁRIDOS: Área Metropolitana de San Juan

3.1. CRITERIO DE ANÁLISIS ADOPTADO

En atención a los conceptos anteriores, en el presente trabajo se propone clasificar los EVU, según el concepto de “tipo” conforme su estructura morfológica, la cual comprende la lectura e interpretación de tres aspectos (Deiana *et al.* 2014):

- Estructura perceptual: aspectos perceptivo-sensibles. Organización de llenos y vacíos, colores, texturas y características de delimitación.

- Estructura lógico-geométrica: elementos y lógicas de sus espacios y volúmenes, orden compositivo, dimensiones, relaciones y coherencia interna.
- Estructura significativa: funciones, usos y comportamientos sociales en sus espacios, estilos, tipos, valores culturales y estéticos de la sociedad.

Lo anterior coincide con el concepto de Lynch (1985), en relación a que una imagen espacial puede diferenciarse según tres partes: identidad, estructura y significado (aunque siempre aparecen en forma conjunta). En primer término, la identificación de un objeto que implica su distinción con respecto de otras cosas, su reconocimiento como entidad separable. En segundo término, la imagen debe incluir la relación espacial del objeto con el observador y con otros objetos. Por último, este objeto debe tener cierto significado, práctico o emotivo, para el observador. A su vez, el significado es asimismo una relación, pero se trata de una relación completamente diferente de la espacial.

3.2. DIMENSIONES DE LA VARIABLE MORFOLOGÍA EN LOS EVU DEL AMSJ

Los EVU del Área Metropolitana de San Juan se estudian conforme los tres aspectos citados, en función de las tres dimensiones de la variable morfológica: Perceptuales, Lógicas Geométricas y Significativas. Por tanto, cada EVU se considera una Unidad de Análisis. Sus variables de estudio son (Tabla 1):

- Unidad de Análisis: EVU
- Variable de 3º grado: DIMENSIONES
- Variable de 2º grado: ASPECTOS
- Variable de 1º grado: PROPIEDADES
- Atributos: UNIDADES DE INFORMACIÓN

Las Unidades de Información o Atributos de los EVU, correspondientes a sus Dimensiones Perceptuales y Lógicas Geométricas, se obtienen del ANEXO II, que presenta los datos urbanísticos y arbóreos de los EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ.

Estructura de variables a estudiar en cada EVU del AMSJ

EVU Unidades de Análisis	DIMENSIONES Variables de 3º grado	ASPECTOS Variables de 2º grado	PROPIEDADES Variables de 1º grado	ATRIBUTOS Unidades de Información
25 de Mayo G. Funes Aberastain San Martín Acceso Sur H. Yrigoyen A. Brown	PERCEPTUALES	a) Forma Visual	a1) Formas gráficas a2) Peso Visual a3) Condiciones de borde	1,2,3, n
		b) Color/Brillo	b2) Permeabilidad visual b3) Elementos reflectantes	
		c) Textura	c1) Naturales c2) Artificiales	
Villa Krause San Damián P. Rawson N. Laprida España P. de Mayo S. M. Carril M. Belgrano	LÓGICAS GEOMÉTRICAS	a) Topología	a1) Direccionalidad de los puntos de interés a2) Criterios de organización	1,2,3, n
		b) Geometría	b1) Figuras b2) Cuerpos geométricos	
		c) Tamaño	c1) Superficie c2) Proporción	
San Roque Bº Camus Bº Huazihul Vº Obrera	SIGNIFICATIVAS	a) Principal Plano Significación	a1) Rol o Función propia a2) Función del Equipamiento urbano inmediato	1,2,3, n
		b) Otros Planos Significación	b1) Bienes Patrimoniales tangibles b2) Bienes Patrimoniales intangibles	

Tabla 1: Estructura de variables a estudiar en cada EVU del AMSJ.

4. ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS EN EL AMSJ

4.1. MÉTODO DE ANÁLISIS MORFOLÓGICO

En el marco de las aportaciones teóricas previas y debido a que cuando se habla de tipología se hace referencia a la dimensión operativa de los tipos, es decir, a su estructuración teórica dentro de una concepción racional y lógica de la arquitectura (UCSF, 2011), en el presente estudio los espacios verdes del AMSJ se clasifican tipológicamente, agrupándolos según las características de sus elementos constitutivos, teniendo en cuenta:

- Similitudes estructurales
- Características que se repiten y que por ello son constantes del tipo.

Cada aspecto analizado se codifica para luego integrarlo a una matriz que permita un análisis interrelacionado de las Dimensiones de cada EVU. La codificación consiste en diferenciar cinco categorías en sus atributos es decir, las Unidades de Información de cada Dimensión. Estas categorizaciones se efectúan por medio del método estadístico de los rangos²⁷.

El banco de datos urbanísticos, catastrales y arbóreos, con el que se realiza el análisis morfológico de los EVU, consta en las Fichas del ANEXO I. A modo de ejemplo, en las Figuras 1, 2 y 3 se representan las tres dimensiones estudiadas: Perceptuales, Geométricas y Significativas, en EVU localizados en cada Banda Urbana Característica, es decir en zonas con diferentes factores de ocupación del suelo, densidad volumétrica edilicia, canopia urbana y densidad habitacional.

²⁷ Método estadístico descrito en el Capítulo II de la presente Tesis.



Figura 1: representación gráfica de las características morfológicas de Plaza 25 de Mayo. Localización: BUC Eminentemente Urbana.

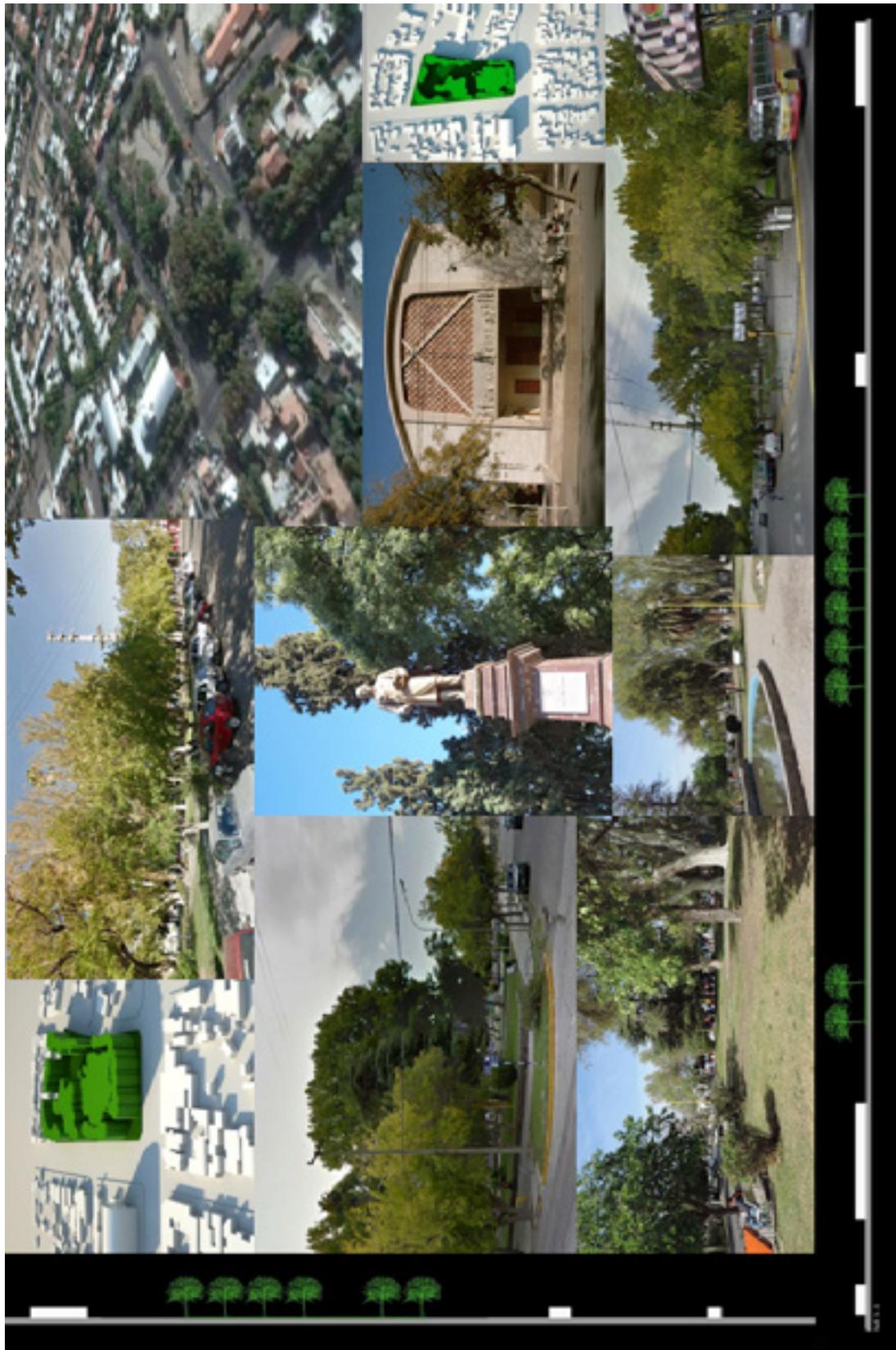


Figura 2: representación gráfica de las características morfológicas de Plaza Salvador María del Carril.. Localización: BUC Urbana.



Figura 3: representación gráfica de las características morfológicas de Plaza Barrio Huazihul. Localización: BUC Suburbana.

4.2. DIMENSIONES PERCEPTUALES

Para Acuña Vigil *et al.* (2005) las percepciones visuales son integraciones de las percepciones de forma, luz y color, hechos que definen su naturaleza y que al utilizar la Psicología de la Percepción en el diseño urbano, deben considerarse factores de la percepción; leyes de la forma, atributos de la forma visual y modalidades de percepción. Es decir todas aquellas formas vistas desde el observador.

En relación con el primero de los parámetros, este autor diferencia 3 clases de Factores de la percepción:

- Factores Primarios: Direcciones pregnantes, Líneas, Ángulos.
- Factores Secundarios: Superposición, Tamaño y Perspectiva, Luz y Sombra, Distancia Llena y Vacía, Paralaje, Ubicación.
- Factores formativos de las formas: Adyacencia, Dirección, Similitud, Movimiento común, Simetría, Cierre, Experiencia.

Respecto a la Forma visual, sus atributos son:

- La proporción
- La simetría
- La articulación
- El equilibrio

Considerando la Modalidad de la percepción visual de los objetos urbano-arquitectónicos, ésta puede ser:

- Color: Atributos, Escalas, Fenómenos del color, Colores pregnantes
- Textura: Tiempo y movimiento, Superficie táctica y forma háptica
- Propiedades auditivas: Localización, Eco, Reverberación, Articulación acústica, Enmascaramiento, Estímulos, Tono, Intervalo.

4.2.1. Análisis de las dimensiones Perceptuales en los EVU

Según el marco conceptual anterior, las dimensiones perceptuales de los 19 EVU se estudian en función de las siguientes categorías:

a) Forma Visual:

- a1) Formas gráficas
- a3) Peso visual
- a4) Condiciones de borde

b) Color/Brillo

b2) Permeabilidad visual: permeabilidad arbórea a la radiación solar global.

b3) Elementos reflectantes, propios y del entorno construido: Impronta Arbórea
- Densidad Volumétrica Arbórea - Impronta de prados + senderos - Permeabilidad arbórea a la radiación solar en verano - Impronta solados - Impronta cuerpos de agua - BUC de ubicación de cada EVU.

c) Textura

c1) Naturales: Impronta prado - Impronta árboles - Impronta agua

c2) Artificiales: Impronta solados

Cada variable Perceptual se estudia desagregándola de la siguiente manera:

a) Forma Visual

a1) Formas gráficas: se analizan en relación con la mayor o menor regularidad de la conformación de sus límites. A su vez se identifica la orientación de su lado mayor. Las respectivas codificaciones son (Tabla 2):

- FG1: Forma Gráfica Regular
- FG2: Forma Gráfica Irregular E-O
- FG3: Forma Gráfica Irregular N-S
- FG4: Forma Gráfica Compuesta
- FG5: Forma Gráfica Orgánica

Nº	ESPACIO VERDE	FORMA GRÁFICA	ORIENTACIÓN LADO MAYOR	CODIFICACIÓN
1	Plaza 25 de Mayo	Regular	-,-	FG1
2	Plaza Gertrudis Funes	Irregular	E - O	FG3
3	Plaza Antonino Aberastain	Irregular	N - S	FG4
4	Plaza Gral. San Martín	Irregular	N - S	FG4
5	Plaza Acceso Sur	Irregular	N - S	FG4
6	Plaza Hipólito Irigoyen	Regular	-,-	FG1
7	Plaza Almirante Brown	Regular	-,-	FG1
8	Plaza Villa Krause	Regular	-,-	FG1
9	Plaza Bº San Damián	Regular	-,-	FG1
10	Parque Rawson	Irregular	N - S	FG4
11	Plaza Narciso Laprida	Regular	-,-	FG1
12	Plaza España	Irregular	E - O	FG3
13	Parque de Mayo	Orgánica	-,-	FG5
14	Plaza Salvador Mº del Carril	Irregular	N - S	FG4
15	Plaza Manuel Belgrano	Irregular	N - S	FG4
16	Plaza San Roque	Regular	-,-	FG1
17	Plaza Bº Camus	Irregular	E-O	FG3
18	Plaza Huazihui	Irregular	N - S	FG4
19	Plaza Bº Villa Obrera	Regular	-,-	FG1

Tabla 2: Codificaciones de los EVU estudiados en función de la variable Forma Visual.

a2) Peso Visual

- **Proporción prados/senderos:** se analiza cuantitativamente la proporción existente en cada EVU de su Superficie de Prado, Superficie de Senderos peatonales u otros espacios peatonales (construidos) y Superficie de Proyección Arbórea (a 90°). En relación con la superficie total del EVU, cada una de dichas dimensiones, se identifica como Impronta. Las superficies respectivas y sus improntas se muestran en la Tabla 3:

Nº	ESPACIO VERDE	SUPERFICIE TOTAL EVU (m ²)	SUPERFICIE SOLADOS (m ²)	SUPERFICIE PRADO (m ²)	IMPR. PRADO %	IMPR. SOLADOS %	IMPR. ARBÓREA VERANO %
1	Plaza 25 de Mayo	11.755,12	7.868,41	3.886,71	33	67	62
2	Plaza Gertrudis Funes	15.368,83	5.442,50	9.926,33	65	35	56
3	Plaza Antonino	11.852,99	4.102,37	7.750,62	65	35	83
4	Plaza Gral. San	16.037,76	6.673,87	9.363,89	58	42	61
5	Plaza Acceso Sur	13.776,95	2.714,93	11.062,02	80	20	15
6	Plaza Hipólito	17.216,56	7.295,49	9.921,07	58	42	28
7	Plaza Almirante	17.846,63	5.100,53	12746,10	71	29	78
8	Plaza Villa Krause	15.163,38	7.204,86	7888,52	52	48	16
9	Plaza Bº San Damián	11.111,19	3330,19	7781,00	70	30	34
10	Parque Rawson	70.800,73	12783,15	56.509,82	80	18	14
11	Plaza Narciso Laprida	12.409,73	7.348,66	5.061,07	41	59	34
12	Plaza España	14.983,90	3.569,66	11.414,24	76	24	35
13	Parque de Mayo	125.303,50	35.204,74	80.000,27	64	28	43
14	Plaza S. Mº del Carril	12.926,88	5.483,02	7.443,86	58	42	39
15	Plaza Manuel	13.837,35	2.274,20	11.563,15	84	16	32
16	Plaza San Roque	9.455,64	2.318,29	7.137,35	75	25	62
17	Plaza Bº Camus	16.160,88	2.919,80	13.241,08	82	18	21
18	Plaza Huazihul	8.876,35	3.838,86	5.037,49	57	43	67
19	Plaza Bº Villa Obrera	11.793,66	3.850,67	7.942,99	67	33	54

Tabla 3: Superficies de los EVU analizados e Improntas de Prado, Solados y Arbórea.

La codificación de las improntas se efectuó diferenciando cinco grupos, a partir del método estadístico de los Rangos. La codificación identifica 5 Rangos:

- 1 = Impronta Muy baja
- 2 = Impronta Baja
- 3 = impronta Media
- 4 = Impronta Alta
- 5= Impronta Muy Alta

Las Improntas según cada Rango constan en la Tabla 4.

- **Llenos y vacíos:** la mayor o menor densidad de elementos del EVU se analiza en función de:

- Impronta Arbórea (Llenos)
- Densidad Volumétrica Arbórea (Llenos)
- Impronta de prados +solados no sombreados (vacíos)

Nº	ESPACIO VERDE	IMPRONTA PRADO		IMPRONTA SOLADOS		IMPRONTA ARBÓREA VERANO	
		%	CÓDIGO	%	CÓDIGO	%	CÓDIGO
1	Plaza 25 de	33	IP1	67	IS5	62	IA4
2	Plaza G. Funes	65	IP4	35	IS2	56	IA4
3	Plaza	65	IP4	35	IS2	83	IA5
4	Plaza G. S.	58	IP3	42	IS3	61	IA4
5	Plaza Acceso Sur	80	IP5	20	IS1	15	IA1
6	Plaza H.	58	IP3	42	IS3	28	IA1
7	Plaza A. Brown	71	IP4	29	IS2	78	IA5
8	Plaza Villa	52	IP2	48	IS3	16	IA1
9	Plaza Bº Damián	70	IP4	30	IS2	34	IA2
10	Parque Rawson	80	IP5	18	IS1	14	IA1
11	Plaza N. Laprida	41	IP1	59	IS4	34	IA2
12	Plaza España	76	IP4	24	IS1	35	IA2
13	Parque de Mayo	64	IP4	28	IS2	43	IA3
14	Plaza S. Mº	58	IP3	42	IS3	39	IA2
15	Plaza M.	84	IP5	16	IS1	32	IA2
16	Plaza San Roque	75	IP5	25	IS1	62	IA4
17	Plaza Bº Camus	82	IP5	18	IS1	21	IA1
18	Plaza Huazihul	57	IP3	43	IS3	67	IA4
19	Plaza Vº Obrera	67	IP4	33	IS2	54	IA3

Tabla 4: Improntas y codificación de los EVU agrupados en cinco, según el método estadístico de los Rangos.

Los valores respectivos constan en Tabla 5 y el cálculo de los Rangos, en ANEXO III.

Nº	ESPACIO VERDE	IMPRONTA PRADO + SOLADOS NO SOMBREADOS		DENSIDAD VOLUMÉTRICA ARBÓREA		IMPRONTA ARBÓREA VERANO	
		%	CÓDIGO	m ³ /Ha	CÓDIGO	%	CÓDIGO
1	Plaza 25 de	38	IP+S2	83.938	DVA4	62	IA4
2	Plaza G. Funes	44	IP+S2	69.147	DVA3	56	IA4
3	Plaza Aberastain	17	IP+S1	116.864	DVA4	83	IA5
4	Plaza G. S.	39	IP+S2	72.243	DVA3	61	IA4
5	Plaza Acceso Sur	85	IP+S5	22.743	DVA1	15	IA1
6	Plaza H. Yrigoyen	72	IP+S4	35.000	DVA1	28	IA1
7	Plaza A. Brown	22	IP+S1	129.381	DVA4	78	IA5
8	Plaza Villa Krause	84	IP+S5	17.132	DVA1	16	IA1
9	Plaza Bº Damián	66	IP+S4	45.611	DVA2	34	IA2
10	Parque Rawson	86	IP+S5	14.104	DVA1	14	IA1
11	Plaza N. Laprida	66	IP+S4	40.301	DVA2	34	IA2
12	Plaza España	65	IP+S4	31.111	DVA1	35	IA2
13	Parque de Mayo	57	IP+S5	67.268	DVA3	43	IA3
14	Plaza S. Mº	61	IP+S4	45.574	DVA2	39	IA2
15	Plaza M.	68	IP+S4	26.210	DVA1	32	IA2
16	Plaza San Roque	38	IP+S2	39.408	DVA2	62	IA4
17	Plaza Bº Camus	79	IP+S5	15.146	DVA1	21	IA1
18	Plaza Huazihul	33	IP+S2	63.160	DVA3	67	IA4
19	Plaza Vº Obrera	46	IP+S3	66.345	DVA3	54	IA3

Tabla 5: Codificación de los EVU según la variable Llenos y Vacíos.

- **Perfiles Urbanos:** la mayor o menor altura edificada en los entornos inmediatos de cada EVU, genera proporciones de llenos y vacíos. Debido a la influencia de los índices urbanísticos FOS (Factor de Ocupación del Suelo), DV (Densidad Volumétrica arbórea), y CU (Canopia Urbana), en las características morfológicas de los perfiles urbanos de los EVU y su entorno inmediato, se asume la siguiente codificación, creciente cuantitativamente en sus índices urbanísticos (Tabla 6):

- PU1 = EVU de la BUC Suburbana
- PU3= EVU de la BUC Urbana
- PU5 = EVU de la BUC Eminentemente Urbana

Nº	EVU	PERFILES URBANOS	
		BUC	Código
1	Plaza 25 de Mayo	EU	PU5
2	Plaza Gertrudis Funes	EU	PU5
3	Plaza Antonino Aberastain	EU	PU5
4	Plaza Gral. San Martín	UR	PU3
5	Plaza Acceso Sur	UR	PU3
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	EU	PU5
7	Plaza Almirante Brown	EU	PU5
8	Plaza Villa Krause	UR	PU3
9	Plaza Bº San Damián	UR	PU3
10	Parque Rawson	UR	PU3
11	Plaza Narciso Laprida	EU	PU5
12	Plaza España	EU	PU5
13	Parque de Mayo	EU	PU5
14	Plaza Salvador Mº del Carril	UR	PU3
15	Plaza Manuel Belgrano	UR	PU3
16	Plaza San Roque	UR	PU3
17	Plaza Bº Camus	SU	PU1
18	Plaza Huazihul	SU	PU1
19	Plaza Bº Villa Obrera	SU	PU1

Tabla 6: Codificación de los EVU según la variable Perfiles Urbanos.

a3) Condiciones de borde: se analiza según los EVU se encuentren exentos (limitados por calles) o unidos a algún elemento urbano (edificaciones en terrenos públicos o privados). La respectiva codificación es (Tabla 7):

- CB1: EVU exentos
- CB2: EVU c/1 de sus bordes limitando en terrenos construidos
- CB3: EVU c/2 de sus bordes limitando en terrenos construidos
- CB4: EVU c/3 de sus bordes limitando en terrenos construidos
- CB5: EVU c/más de 3 de sus bordes limitando en terrenos construidos

Nº	ESPACIO VERDE	CÓDIGO
1	Plaza 25 de Mayo	CB1
2	Plaza Gertrudis Funes	CB1
3	Plaza Antonino Aberastain	CB1
4	Plaza Gral. San Martín	CB1
5	Plaza Acceso Sur	CB1
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	CB1
7	Plaza Almirante Brown	CB1
8	Plaza Villa Krause	CB1
9	Plaza Bº San Damián	CB1
10	Parque Rawson	CB2
11	Plaza Narciso Laprida	CB1
12	Plaza España	CB1
13	Parque de Mayo	CB1
14	Plaza Salvador Mº del Carril	CB1
15	Plaza Manuel Belgrano	CB1
16	Plaza San Roque	CB1
17	Plaza Bº Camus	CB5
18	Plaza Huazihul	CB1
19	Plaza Bº Villa Obrera	CB1

Tabla 7: Codificación de los EVU según la variable Condiciones de Borde.

b) Color/Brillo:

El brillo representa la luminosidad percibida. En los EVU la condición de brillo se relaciona con:

- b1) permeabilidad visual
- b2) elementos reflectantes: propios y del entorno construido

b1) Permeabilidad visual: la permeabilidad del observador dentro del EVU, relacionada con el brillo percibido, se estudia en relación con la permeabilidad de las copas arbóreas para permitir o bloquear el paso de la radiación solar global en la estación climática de mayor luminosidad, el verano. En este aspecto intervienen el tamaño y cantidad de las hojas, su color, transparencia, la geometría y altura de la copa, la copa, la altura del fuste, el fuste. Los porcentajes de radiación que penetra a través de la copa de los árboles de cada EVU, como promedio ponderado de la permeabilidad de las especies implantadas en cada uno de ellos, se muestran en la Tabla 8.

Nº	EVU	PERMEABILIDAD %
1	Plaza 25 de Mayo	10
2	Plaza Gertrudis Funes	11
3	Plaza Antonino Aberastain	11
4	Plaza Gral. San Martín	11
5	Plaza Acceso Sur	12
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	10
7	Plaza Almirante Brown	11
8	Plaza Villa Krause	10
9	Plaza Bº San Damián	10
10	Parque Rawson	12
11	Plaza Narciso Laprida	10
12	Plaza España	11
13	Parque de Mayo	11
14	Plaza S. Mº del Carril	9
15	Plaza Manuel Belgrano	9
16	Plaza San Roque	8
17	Plaza Bº Camus	9
18	Plaza Huazihul	9
19	Plaza Bº Villa Obrera	11

Tabla 8: Permeabilidad Visual de los EVU.

b2) Elementos reflectantes: dentro de cada EVU y a su alrededor, existen elementos cuyos materiales por sus propiedades termofísicas, se comportan como reflectantes, incrementando la luminosidad de su entorno.

Dentro de los EVU, estos elementos son: las superficies de solados (senderos, plataformas) y la presencia de cuerpos de agua de cierta superficie, tales como lagos o fuentes de gran tamaño.

En el entorno de los EVU, la mayor o menor densidad de edificación y sus alturas, generan mayores niveles de reflectancia. Por tanto, se considera la Banda Urbana Característica a la cual pertenece el EVU, ya que la misma tiene implícita la densidad de edificación (Factor de Ocupación del Suelo), la volumetría edilicia (DV) y la altura de edificación (Canopia Urbana).

La impronta de solados, cuerpos de agua y las BUC en la que se ubica cada EVU, se presentan en la Tabla 9.

Nº	EVU	IMPRONTA SOLADOS %	CUERPOS DE AGUA %	BUC
1	Plaza 25 de Mayo	67	0	EU
2	Plaza G. Funes	35	0	EU
3	Plaza Aberastain	35	0	EU
4	Plaza G. S. Martín	42	0	UR
5	Plaza Acceso Sur	20	0	UR
6	Plaza H. Yrigoyen	42	0	EU
7	Plaza A. Brown	29	0	EU
8	Plaza Villa Krause	48	0	UR
9	Plaza Bº Damián	30	0	UR
10	Parque Rawson	18	2	UR
11	Plaza N. Laprida	59	0	EU
12	Plaza España	24	0	EU
13	Parque de Mayo	28	8	EU
14	Plaza S. Mº Carril	42	0	UR
15	Plaza M. Belgrano	16	0	UR
16	Plaza San Roque	25	0	UR
17	Plaza Bº Camus	18	0	SU
18	Plaza Huazihul	43	0	SU
19	Plaza Vº Obrera	33	0	SU

Tabla 9: Improntas y BUC intervinientes en la variable: Elementos Reflectantes.

En consideración a lo anterior, para analizar la categoría Elementos Reflectantes, el método estadístico de los Rangos, se aplica a los siguientes aspectos:

- Impronta Arbórea
- Densidad Volumétrica Arbórea
- Impronta de prados + senderos
- Permeabilidad arbórea a la radiación solar en verano
- Impronta solados
- Impronta cuerpos de agua
- BUC de ubicación de cada EVU

La codificación se realiza en orden cuantitativamente creciente:

- Impronta Arbórea: IA1 - IA2 - IA3 - IA4 - IA5
- Densidad Volumétrica Arbórea: DVA1 - DVA2 - DVA3 - DVA4 - DVA5
- Impronta prados + send. no sombreados: IPyS1 - PyS2 - PyS3 - PyS4 - PyS5
- Permeabilidad arbórea a radiación solar verano: PA1 - PA2 - PA3 - PA4 - PA5
- Impronta solados: IS1 - IS2 - IS3 - IS4 - IS5
- Impronta cuerpos de agua: ICA1 - ICA2 - ICA3 - ICA4 - ICA5
- BUC de ubicación de cada EVU: BUC1 - BUC3 - BUC5

Las seis primeras categorías se codifican estadísticamente con el método de los Rangos. La categoría “BUC”, al constituir 3 Bandas, se asume que la de índices urbanísticos menores (BUC SU), se codificara de Rango 1; la siguiente (BUC UR), como de Rango 3 y la tercera (BUC EU), de Rango 5. De acuerdo con las planillas anteriores, las codificaciones de cada variable resultaron según la Tabla 10.

Nº	EVU	CODIFICACIÓN						
		IMP. ARB.	DEN. VOL. ARB.	IMP. PR.+ SOL. N/S	PERM. VIS.	IMPR. SOL.	IMPR. AGUA	BUC
1	25 de Mayo	IA4	DVA4	IP+S2	PA3	IS5	IAG1	BUC5
2	G. Funes	IA4	DVA3	IP+S2	PA4	IS2	IAG1	BUC5
3	A. Aberastain	IA5	DVA4	IP+S1	PA4	IS2	IAG1	BUC5
4	Gral. S. Martín	IA4	DVA3	IP+S2	PA4	IS3	IAG1	BUC3
5	Acceso Sur	IA1	DVA1	IP+S5	PA5	IS1	IAG1	BUC3
6	H. Yrigoyen	IA1	DVA1	IP+S4	PA3	IS3	IAG1	BUC5
7	Almte. Brown	IA5	DVA4	IP+S1	PA4	IS2	IAG1	BUC5
8	Villa Krause	IA1	DVA1	IP+S5	PA3	IS3	IAG1	BUC3
9	Bº S. Damián	IA2	DVA2	IP+S4	PA3	IS2	IAG1	BUC3
10	P. Rawson	IA1	DVA1	IP+S5	PA5	IS1	IAG2	BUC3
11	N. Laprida	IA2	DVA2	IP+S4	PA3	IS4	IAG1	BUC5
12	España	IA2	DVA1	IP+S4	PA4	IS1	IAG1	BUC5
13	P. de Mayo	IA3	DVA3	IP+S5	PA4	IS2	IAG5	BUC5
14	S. Mº Carril	IA2	DVA2	IP+S4	PA2	IS3	IAG1	BUC3
15	M. Belgrano	IA2	DVA1	IP+S4	PA2	IS1	IAG1	BUC3
16	San Roque	IA4	DVA2	IP+S2	PA1	IS1	IAG1	BUC3
17	Bº Camus	IA1	DVA1	IP+S5	PA2	IS1	IAG1	BUC1
18	Huazihul	IA4	DVA3	IP+S2	PA2	IS3	IAG1	BUC1
19	Bº Vº Obrera	IA3	DVA3	IP+S3	PA4	IS2	IAG1	BUC1

Tabla 10: Rangos correspondientes a la variable Elementos Reflectantes.

c) Textura

Edberg y Hesselgren (2009) definen la Textura como un concepto general que denomina las cualidades de superficie de la materia en formas planas y volumétricas; sea en estructuras naturales y artificiales, orgánicas o mecánicas, regulares o irregulares; e informada por mecanismos perceptuales intersectoriales, táctiles y visuales, sobre aspectos, consistencia y maneras de organización de la materia o el material.

En los EVU se analizan las estructuras naturales y artificiales, que a su vez identifican caracteres orgánicos o no, regulares e irregulares. Las diferencias de textura se estudian por tanto como naturales y artificiales.

c1) Naturales: Prado, Árboles y Agua

c2) Artificiales: Solados (senderos o plataformas recreativo-culturales)

En ambos casos, estructuras naturales como artificiales, la categorización se realizará de acuerdo con el porcentaje de superficie ocupada por cada una de ellas, conforme tres rangos. Las codificaciones son crecientes en función del valor creciente de cada atributo:

- Impronta Solados: IS1 - IS2 - IS3 - IS4 - IS5
- Impronta Arbórea: IA1 - IA2 - IA3 - IA4 - IA5
- Impronta Prado: IP1 - IP2 - IP3 - IP4 - IP5
- Impronta Agua: IAg1 - IAg2 - IAg3 - IAg4 - IAg5

En la Tabla 11 constan los códigos resultantes para cada EVU.

Nº	EVU	IMPRONTA ARBÓREA		IMPRONTA PRADO		IMPRONTA AGUA		IMPRONTA SOLADOS	
		%	Código	%	Código	%	Código	%	Código
1	Plaza 25 de Mayo	62	IA4	33	IP1	0	IAG1	67	IS5
2	Plaza G. Funes	56	IA4	59	IP4	0	IAG1	41	IS2
3	Plaza Aberastain	83	IA5	65	IP4	0	IAG1	35	IS2
4	Plaza G. S. Martín	61	IA4	58	IP3	0	IAG1	42	IS3
5	Plaza Acceso Sur	13	IA1	80	IP5	0	IAG1	20	IS1
6	Plaza H. Yrigoyen	28	IA1	58	IP3	0	IAG1	42	IS3
7	Plaza A. Brown	78	IA5	71	IP4	0	IAG1	29	IS2
8	Plaza Villa Krause	40	IA1	47	IP2	0	IAG1	53	IS4
9	Plaza Bº Damían	34	IA2	70	IP4	0	IAG1	30	IS2
10	Parque Rawson	14	IA1	80	IP5	2	IAG3	18	IS1
11	Plaza N. Laprida	78	IA2	41	IP1	0	IAG1	59	IS4
12	Plaza España	35	IA2	76	IP4	0	IAG1	24	IS1
13	Parque de Mayo	43	IA3	64	IP4	8	IAG5	28	IS2
14	Plaza S. Mº Carril	39	IA2	58	IP3	0	IAG1	42	IS3
15	Plaza M. Belgrano	32	IA2	84	IP5	0	IAG1	16	IS1
16	Plaza San Roque	62	IA4	75	IP5	0	IAG1	25	IS1
17	Plaza Bº Camus	21	IA1	82	IP5	0	IAG1	18	IS1
18	Plaza Huazihul	67	IA4	57	IP3	0	IAG1	43	IS3
19	Plaza Vº Obrera	54	IA3	67	IP4	0	IAG1	33	IS2

Tabla 11: Codificación de la variable Textura.

4.3. DIMENSIONES LÓGICAS GEOMÉTRICAS

Las dimensiones lógicas geométricas de los 19 EVU se estudian en función de las siguientes variables:

a) Topología

- a1) Direccionalidad de los puntos de interés
- a2) Criterios de organización

b) Geometría

b1) Figuras

b2) Cuerpos Geométricos

c) Tamaño

c1) Superficie

c2) Proporción

Cada variable se estudia desagregándola de la siguiente manera:

a) Topología

Denominada inicialmente por Leibniz (1679) “geometría de la posición” o “análisis de la posición”, la topología es la rama de la matemática más reciente, pues data del siglo XVII. De manera informal, la topología se ocupa de aquellas propiedades de las figuras que permanecen invariantes, cuando dichas figuras son plegadas, dilatadas, contraídas o deformadas, de modo que no aparezcan nuevos puntos, o se hagan coincidir puntos diferentes. La transformación permitida presupone, en otras palabras, que hay una correspondencia biunívoca entre los puntos de la figura original y los de la transformada, y que la deformación hace corresponder puntos próximos a puntos próximos. Esta última propiedad se llama continuidad, y lo que se requiere es que la transformación y su inversa sean ambas continuas: así, se trabaja con homeomorfismos. (Macho Stadler, 2002).

En los EVU se analizan los siguientes atributos topológicos:

a1) Direccionalidad de los puntos de interés: a los efectos del presente estudio, se analizarán los EVU de acuerdo con las categorías topológicas de Bidireccionalidad y Multidireccionalidad (Buenrostro, 1999).

- Bidireccionalidad

Quando en el espacio del EVU existen 2 puntos de interés para el observador, estableciéndose entre ellos un flujo perceptual y funcional.

- Multidireccionalidad

- Centrífugo: cuando existen más de dos puntos de interés hacia los bordes.

- Centrípeto o focal: cuando el interés para el observador se concentra en un foco central.

Las precedentes categorizaciones topológicas se codificadas como (Tabla 12):

- Bidireccionalidad: T1

- Centrífugo: T3

- Centrípeto: T5

Nº	ESPACIO VERDE	TOPOLOGÍAS
		Código
1	Plaza 25 de Mayo	T5
2	Plaza Gertrudis Funes	T3
3	Plaza Antonino Aberastain	T1
4	Plaza Gral. San Martín	T5
5	Plaza Acceso Sur	T1
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	T3
7	Plaza Almirante Brown	T3
8	Plaza Villa Krause	T1
9	Plaza Bº San Damián	T5
10	Parque Rawson	T3
11	Plaza Narciso Laprida	T5
12	Plaza España	T3
13	Parque de Mayo	T3
14	Plaza Salvador Mº del Carril	T3
15	Plaza Manuel Belgrano	T5
16	Plaza San Roque	T5
17	Plaza Bº Camus	T3
18	Plaza Huazihul	T5
19	Plaza Bº Villa Obrera	T5

Tabla 12: Codificación de los EVU de la variable Topología.

a2) Criterios de organización: respecto a la simetría, teniendo en cuenta la armonía de posición de las partes o puntos similares unos respecto de otros, y con referencia a punto, línea o plano determinado (Diccionario Espasa Calpe, 2005), se indican en la Tabla 12, los ejes de simetría de los EVU. Es decir, la línea de referencia imaginaria que al dividir una forma cualquiera en dos partes, sus puntos opuestos son equidistantes entre sí, es decir, quedan simétricos.

La codificación respectiva resulta (Tabla 13):

- S1: Simetría respecto a un eje
- S2: Simetría respecto a dos ejes
- S3: Simetría respecto a diagonales
- S4: Simetría respecto a cuatro ejes
- S5: Sin simetría

Nº	ESPACIO VERDE	SIMETRÍA		
		Existencia	Ejes de Simetría	Código
1	Plaza 25 de Mayo	SI	4 ejes	S4
2	Plaza Gertrudis Funes	NO	-.-	S5
3	Plaza Antonino Aberastain	SI	1 eje	S1
4	Plaza Gral. San Martín	SI	4 ejes	S4
5	Plaza Acceso Sur	NO	-.-	S5
6	Plaza Hipólito Irigoyen	NO	-.-	S5
7	Plaza Almirante Brown	NO	-.-	S5
8	Plaza Villa Krause	SI	1 eje	S1
9	Plaza Bº San Damián	SI	4 ejes	S4
10	Parque Rawson	NO	-.-	S5
11	Plaza Narciso Laprida	SI	4 ejes	S4
12	Plaza España	NO	-.-	S5
13	Parque de Mayo	NO	-.-	S5
14	Plaza Salvador Mº del Carril	NO	-.-	S5
15	Plaza Manuel Belgrano	NO	-.-	S5
16	Plaza San Roque	NO	-.-	S5
17	Plaza Bº Camus	NO	-.-	S5
18	Plaza Huazihul	NO	-.-	S5
19	Plaza Bº Villa Obrera	NO	-.-	S5

Tabla 13: Codificaciones de los EVU estudiados en función de la variable Simetría.

b) Geometría

b1) Figuras: los polígonos que conforman los bordes de los EVU se clasifican según sean:

- F1: Regulares
- F3: Irregulares
- F5: Compuestos/Orgánicos

b2) Cuerpos Geométricos: los EVU se asumen como poliedros irregulares al volumetrizar su geometría con la forestación existente. Se codifican según el siguiente detalle (Tabla 14):

- CG1: Prisma acostado
- CG3: Paralelepípedo
- CG5: Ortoedro

Nº	ESPACIO VERDE	FIGURAS	CUERPOS GEOMÉTRICOS
1	Plaza 25 de Mayo	F1	CG3
2	Plaza G. Funes	F1	CG3
3	Plaza Aberastain	F1	CG3
4	Plaza G. S. Martín	F1	CG3
5	Plaza Acceso Sur	F3	CG1
6	Plaza H. Yrigoyen	F1	CG3
7	Plaza A. Brown	F1	CG5
8	Plaza Villa Krause	F1	CG3
9	Plaza Bº Damián	F1	CG3
10	Parque Rawson	F1	CG3
11	Plaza N. Laprida	F1	CG3
12	Plaza España	F1	CG3
13	Parque de Mayo	F5	CG3
14	Plaza S. Mº Carril	F1	CG1
15	Plaza M. Belgrano	F1	CG3
16	Plaza San Roque	F1	CG3
17	Plaza Bº Camus	F1	CG3
18	Plaza Huazihul	F1	CG3
19	Plaza Vº Obrera	F1	CG3

Tabla 14: Codificaciones de la variable Geometría

c) Tamaño

c1) Superficie: el desarrollo de las actividades en los espacios verdes públicos se relaciona directamente con el tamaño de esos espacios públicos, permitiendo determinadas actividades y generando de esa manera diversos motivos de concurrencia. A su vez, las características dimensionales del entorno, facilitan o limitan la percepción de visuales medianas y panorámicas. La codificación se realiza en forma creciente en función del aumento de la superficie del EVU. Se asignan dividiendo en cinco la muestra, conforme el método de los Rangos. La superficie de cada EVU y sus respectivas codificaciones se presenta en la Tabla 15.

c1) Proporción: considerada la relación de correspondencia entre las partes y el todo, la proporción de los EVU se analiza conforme los llenos y vacíos. Por tanto se asume la codificación de Tabla 5.

Nº	EVU	SUPERFICIE	
		m ²	Código
1	Plaza 25 de Mayo	11755,12	S1
2	Plaza G. Funes	13202,02	S1
3	Plaza Aberastain	11852,99	S1
4	Plaza G. S. Martín	16.037,76	S1
5	Plaza Acceso Sur	13.776,95	S1
6	Plaza H. Yrigoyen	17.216,56	S1
7	Plaza A. Brown	17.846,63	S1
8	Plaza Villa Krause	15.163,38	S1
9	Plaza Bº Damián	11.111,19	S1
10	Parque Rawson	70.800,73	S3
11	Plaza N. Laprida	12.409,73	S1
12	Plaza España	14.983,90	S1
13	Parque de Mayo	125.303,50	S5
14	Plaza S. Mº Carril	12.926,88	S1
15	Plaza M. Belgrano	13.837,35	S1
16	Plaza San Roque	9.455,64	S1
17	Plaza Bº Camus	16.160,88	S1
18	Plaza Huazihul	8.876,35	S1
19	Plaza Vº Obrera	11.793,66	S1

Tabla 15: Codificación de los EVU según la variable Tamaño.

4.4. DIMENSIONES SIGNIFICATIVAS

Como se vio anteriormente, el significado implica una relación, pero diferente a la espacial; involucra la significación de lo percibido, su estructura interna. No obstante, ambos elementos: significado y espacio, no son separables. Por tanto, los atributos de los EVU se analizarán desde varios planos de significación.

a) Primer plano de significación

a1) Rol o Función propia: para analizar el rol y las funciones de cada EVU, se adopta la clasificación de Moro (2011) en 6 categorías (de la A a la F), a las que se le adiciona una (G). Se codifica como Rol (R) más la letra correspondiente:

- Espectáculos callejeros: RA
- Ferias artesanales y de manualidades: RB
- Actividades culturales: RC
- Actividades deportivas: RD
- Actividades de descanso y esparcimiento: RE
- Convocatorias y manifestaciones sociales: RF
- Actividades Comerciales: RG

Cada EVU se analiza conforme estos roles (Tabla 16). Los cinco Rangos según la cantidad de Roles de cada EVU y la codificación resultante, constan en Tabla 17.

Nº	EVU	ROL PROPIO	Nº ROLES
1	Plaza 25 de Mayo	RA - RB - RC - RE - RF - RG	6
2	Plaza Gertrudis Funes	RE	1
3	Plaza Antonino Aberastain	RC - RD - RE - RF	4
4	Plaza Gral. San Martín	RA - RB - RC - RD - RE	5
5	Plaza Acceso Sur	RE	1
6	Plaza Hipólito Irigoyen	RA - RB - RC - RD - RE	5
7	Plaza Almirante Brown	RC - RE	2
8	Plaza Villa Krause	RA - RB - RC - RD - RE	5
9	Plaza Bº San Damián	RE	1
10	Parque Rawson	RA - RB - RC - RD - RE	5
11	Plaza Narciso Laprida	RD - RE	2
12	Plaza España	RC - RE	2
13	Parque de Mayo	RA - RB - RC - RD - RE	5
14	Plaza Salvador Mº del Carril	RE - RG	2
15	Plaza Manuel Belgrano	RD - RE	2
16	Plaza San Roque	RE - RC	2
17	Plaza Bº Camus	RD - RE	2
18	Plaza Huazihul	RE	1
19	Plaza Bº Villa Obrera	RE	1

Tabla 16: Caracterización de los EVU según la variable Rol o Función Propia.

Nº	EVU	ROLES	
		Nº	Codificación
1	Plaza 25 de Mayo	6	RP5
2	Plaza Gertrudis Funes	1	RP1
3	Plaza Antonino Aberastain	4	RP3
4	Plaza Gral. San Martín	5	RP4
5	Plaza Acceso Sur	1	RP1
6	Plaza Hipólito Irigoyen	5	RP4
7	Plaza Almirante Brown	2	RP1
8	Plaza Villa Krause	5	RP4
9	Plaza Bº San Damián	1	RP1
10	Parque Rawson	5	RP4
11	Plaza Narciso Laprida	2	RP1
12	Plaza España	2	RP1
13	Parque de Mayo	5	RP4
14	Plaza Salvador Mº del Carril	2	RP1
15	Plaza Manuel Belgrano	2	RP1
16	Plaza San Roque	2	RP1
17	Plaza Bº Camus	2	RP1
18	Plaza Huazihul	1	RP1
19	Plaza Bº Villa Obrera	1	RP1

Tabla 17: Codificación de los EVU según la variable Rol o Función Propia.

a2) Función del equipamiento urbano inmediato: el uso del suelo en el entorno de cada EVU se codifica conforme el siguiente criterio.

- Equipamiento Residencial: ER
- Equipamiento Institucional: EI
- Equipamiento Comercial: ECo
- Equipamiento Cultural: ECu
- Equipamiento Deportiva: ED
- Equipamiento Salud: ES

La respectiva codificación, según cinco rangos, se adopta en función de la cantidad de roles del equipamiento (Tablas 18 y 19):

Nº	EVU	FUNCIONES SIGNIFICATIVAS EQUIPAMIENTO	Nº ROLES	IDENTIFICACIÓN
1	Plaza 25 de Mayo	Iglesia – Arzobispado - Bancos – AFIP – Policía Federal – Restaurantes - Comercio - Cines - Residencias	4	EI – EC – ECu - ER
2	Plaza Gertrudis Funes	Comercio – Residencias	2	ECo – ER
3	Plaza Antonino Aberastain	Tribunales Provinciales – Municipalidad – Escuelas Secundarias – Comercios – Clínicas – Servicios de Salud – Consultorios -	5	EI – EC – ECu – ER - ES
4	Plaza Gral. San Martín	Municipalidad – Registro Civil – Policía – Comercio - Residencias	3	EI – ECo - ER
5	Plaza Acceso Sur	Comercio - Residencias	2	ECo – ER
6	Plaza Hipólito Irigoyen	Sanatorio – Servicios de Salud - Consultorios – Comercio – Residencias	3	ES – ECo - ER
7	Plaza Almirante Brown	Policía – Iglesia – Convento - Escuela Primaria y Secundaria – Comercio – Residencias	4	EI – ECu – ECo - ER
8	Plaza Villa Krause	Municipalidad - Registro Civil – Sala de Espectáculos – Iglesia Parroquial – Policía – Comercio – Residencias	5	EI – ECu – EI – ER - ECo
9	Plaza Bº San Damián	Comercio – Residencias	2	ECo – ER
10	Parque Rawson	Comercio - Residencias	2	ECo - ER
11	Plaza Narciso Laprida	Escuelas Primaria y Secundaria – Comercio – Policía – Residencias – Casa de Sarmiento – Servicios de salud – Clínica	5	ECu – ECo – EI – ES - ER
12	Plaza España	Centro Cívico – Legislatura - Comercio – Residencias	3	EI – ECo - ER
13	Parque de Mayo	C. Cívico – Legislatura – Boletín Oficial - Auditorio – Esc. Música - Estadio Cubierto y Descubierta - Comercio – Residencias	5	EI – ECo – ER – ECu – ED
14	Plaza Salvador Mº del Carril	Iglesia Parroquial – Escuelas - Comercio – Residencias	3	ECu – ECo - ER
15	Plaza Manuel Belgrano	Residencias – Comercio	2	ER – ECo
16	Plaza San Roque	CUIM - Walmart – Comercio – Residencias	3	ER – ECo – EI
17	Plaza Bº Camus	Iglesia – Escuelas – Comercio – Residencias	3	ECu – EC – ER
18	Plaza Huazihul	Parroquia – Escuela – Comercio – Residencias	3	ECu – ECo - ER
19	Plaza Bº Villa Obrera	Club de Fútbol – Comercio – Residencias	3	ED – ECo - ER

Tabla 18: Características de la variable Función del Equipamiento Urbano en cada EVU.

Nº	EVU	ROLES	
		Nº	Codificación
1	Plaza 25 de Mayo	4	RE4
2	Plaza Gertrudis Funes	2	RE1
3	Plaza Antonino Aberastain	5	RE5
4	Plaza Gral. San Martín	3	RE2
5	Plaza Acceso Sur	2	RE1
6	Plaza Hipólito Irigoyen	3	RE2
7	Plaza Almirante Brown	4	RE4
8	Plaza Villa Krause	5	RE5
9	Plaza Bº San Damián	2	RE1
10	Parque Rawson	2	RE1
11	Plaza Narciso Laprida	5	RE5
12	Plaza España	3	RE2
13	Parque de Mayo	5	RE5
14	Plaza Salvador Mº del Carril	3	RE2
15	Plaza Manuel Belgrano	2	RE1
16	Plaza San Roque	3	RE2
17	Plaza Bº Camus	3	RE2
18	Plaza Huazihul	3	RE2
19	Plaza Bº Villa Obrera	3	RE2

Tabla 19: Codificación de EVU según la variable Funciones del Equipamiento Urbano Inmediato.

b) Otros planos de significación

b1) Bienes patrimoniales Tangibles

b2) Bienes Patrimoniales Intangibles

Algunos espacios de la ciudad poseen un significado simbólico para la mayoría de la población, generalmente asociado al valor patrimonial tangible o intangible que evoca dicho lugar. De esa manera, los espacios verdes que configuraron históricamente centros urbanos o poblados poseen para la población un alto valor simbólico que puede o no manifestarse en el uso periódico que se le da al mismo, pero que le otorga rasgos identitarios.

Es el caso de los siguientes EVU:

- *Plaza 25 de mayo*: centro urbano-espacial, político y religioso, propuesto en la segunda fundación de San Juan ocurrida en el año 1593, consecuencia del traslado de la ciudad fundacional ubicada en zonas inundables.

- *Plaza Gertrudis Funes*: antiguo solar donde funcionó desde 1865 el Hospital de Mujeres, destinado a la atención de mujeres “pobres, enfermas y desvalidas”. Este Hospicio, luego Hospital San Roque, fue donado por la Sra. Gertrudis Funes de Martín y funcionó en ese solar, hasta el terremoto de 1944. Posteriormente fue trasladado al actual Hospital Marcial Quiroga.

- *Plaza Antonino Aberastain*: si bien, existía como espacio abierto a comienzos del siglo XX, su actual concepto como espacio recreativo y cultural, deviene de su articulación en el “eje cívico” propuesto por el Plan Regulador y de Extensión para la Ciudad de San Juan de autoría del Arq. Juan Pastor, en el año 1948. Dicho Plan respondió a la necesidad de planificar la ciudad luego de su destrucción por el terremoto del año 1944. Conformó un sistema espacial cuyo eje público es la Av. Ignacio de la Roza, propuesta a lo largo del centro de las manzanas urbanas desde la actual Av. España (por entonces límite oeste del ejido capitalino), hasta la Av. Rawson (por entonces, límite este del mismo). En ese eje, los dos espacios verdes que lo interceptan y le confieren jerarquía paisajística son: la Plaza 25 de Mayo y la Plaza Antonino Aberastain.

- *Plaza Hipólito Irigoyen*: denominada también “la de la joroba”. En su elevación (loma de aproximadamente 8m), que alberga un anfiteatro natural, fueron utilizados numerosos escombros resultado del devastador terremoto del año 1944.

- *Plaza Almirante Brown*: espacio público perteneciente a uno de los barrios más tradicionales de la ciudad, juntamente con Concepción y Desamparados. A su alrededor se ubican la Parroquia de la Santísima Trinidad, el Colegio el Tránsito de nuestra Señora y la Seccional 3º de la Policía Provincial.

- *Plaza Villa Krause*: centro espacial, político y religioso, origen del asentamiento del mismo nombre y capital del Departamento Rawson. La Villa fue fundada por el Ing. Domingo Krause (ahijado de Domingo Faustino Sarmiento), en el año 1919.

- *Plaza Laprida*: se constituyó en paseo en 1904 cuando fue inaugurada una estatua del prócer. Adquirió mayor protagonismo luego del año 1911 con la construcción en su frente oeste, de la Escuela Normal Sarmiento (creada en 1879). Dicho protagonismo, se acrecentó con la construcción años después de la Escuela Superior Sarmiento en su frente norte. En la década de 1930 fue el espacio elegido como lugar de manifestaciones políticas opositoras.

- *Parque de Mayo*: creado en el año 1910, en el marco de los festejos por el centenario de la revolución de mayo, es el espacio verde de mayores dimensiones en el AMSJ.

- *Plaza Salvador María del Carril*: Plaza principal del municipio Desamparados (constituido en 1856 y vigente hasta 1942). Ubicada frente a la por entonces capilla Nuestra Señora de los Desamparados. La zona ya en el año 1590 aparece registrada en documentos oficiales. Pertenece a una zona geográfica referida como Puyuta, nombre de probable origen huarpe o aimara, denominación que aún se conserva y da su nombre a un barrio ubicado hacia el oeste de la Plaza. A partir de 1655 llegaron sacerdotes de la Orden de la Compañía de Jesús a la zona y se asentaron definitivamente en 1712 en una propiedad rural donde se dedicaron al cultivo. Fue a partir de su llegada, que la población se arraigó en el área.

- *Plaza San Roque*: centro de esparcimiento, social y religioso de la Villa San Roque, una de las más tradicionales del Depto. Rivadavia.

- *Plaza Villa Obrera*: centro espacial, social y cultural de la Villa Obrera en el Departamento de Chimbas. Esta Villa fue creada en 1928 y constituye una de las primeras aplicaciones de las políticas de colonias productivas, implementadas por el gobierno de inclinación socialista del Dr. Aldo Cantoni (del partido político Bloquista, liderado por su hermano Federico Cantoni). Fue localizada sobre la calle Nazario Benavídez, al oeste de la ciudad Capital, en una zona históricamente productiva, regada por canales y acequias provenientes del aprovechamiento del Río San Juan.

En función de su valor patrimonial para la población, los EVU se codifican como sigue (Tabla 20):

- VP1: valor patrimonial Muy Bajo
- VP2: valor patrimonial Bajo
- VP3: valor patrimonial Medio
- VP4: valor patrimonial Alto
- VP5: valor patrimonial Muy Alto

Nº	EVU	VALOR PATRIMONIAL
		Codificación
1	Plaza 25 de Mayo	VP5
2	Plaza Gertrudis Funes	VP2
3	Plaza Aberastain	VP3
4	Plaza Gral. S. Martín	VP3
5	Plaza Acceso Sur	VP1
6	Plaza Yrigoyen	VP4
7	Plaza Alnte Brown	VP2
8	Plaza Villa Krause	VP3
9	Plaza Bº San Damián	VP2
10	Parque Rawson	VP1
11	Plaza Narciso Laprida	VP4
12	Plaza España	VP5
13	Parque de Mayo	VP5
14	Plaza S. Mº del Carril	VP4
15	Plaza M. Belgrano	VP2
16	Plaza San Roque	VP2
17	Plaza Bº Camus	VP2
18	Plaza Huazihul	VP2
19	Plaza Bº Villa Obrera	VP2

Tabla 20: Codificación de los EVU según la variable. Valor Patrimonial.

5. TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS DEL AMSJ

5.1. RESUMEN DE LA CODIFICACIÓN DE ATRIBUTOS

En las Tablas 21 a, b y c, se resume la codificación de los atributos de cada EVU según las variables de 3º orden analizadas: Dimensión Perceptual, Dimensión Geométrica y Dimensión Significativa.

DIMENSIÓN PERCEPTUAL	
Forma Visual	FG1: Forma Gráfica Regular
	FG2: Forma Gráfica Irregular E-O
	FG3: Forma Gráfica Irregular N-S
	FG4: Forma Gráfica Compuesta
	FG5: Forma Gráfica Orgánica
Impronta Prados	IP1: hasta 43,2%
	IP2: entre 43,2 y 53,4%
	IP3: entre 53,4 y 63,6%
	IP4: entre 63,6 y 73,8%
	IP5: entre 73,8 y 84%

Impronta Solados	IS1: hasta 26,2%
	IS2: entre 26,2 y 36,4%
	IS3: entre 36,4 y 46,6%
	IS4: entre 46,6 y 56,8%
	IS5: entre 56,8 y 67%
Impronta Arbórea	IA1: hasta 27,8%
	IA2: entre 27,8 y 41,6%
	IA3: 41,6 y 55,4%
	IA4: entre 55,4 y 69,2%
	IA5: 69,2 y 83%
Condiciones de borde	CB1: EVU exentos
	CB2: EVU con uno de sus bordes limitando en terrenos
	CB3: EVU con dos de sus bordes limitando en terrenos
	CB4: EVU con tres de sus bordes limitando en terrenos
	CB5: c/más de tres de sus bordes limitando en terrenos
Densidad Volumétrica Arbórea	DVA1: hasta 35.000m ³ /Ha
	DVA2: entre 39.408 y 45.611m ³ /Ha
	DVA3: entre 63.160 y 72.243m ³ /Ha
	DVA4: 83.938m ³ /Ha
	DVA5: entre 116.864 y 129.381m ³ /Ha
Permeabilidad visual	PV1: hasta 8,8%
	PV2: entre 8,8 y 9,6%
	PV3: entre 9,6 y 10,4%
	PV4: entre 10,4 y 11,2%
	PV5: entre 11,2 y 12%
BUC	BUC1: BUC SU
	BUC2 = -,-
	BUC3: BUC UR
	BUC4: -,-
	BUC5: BUC EU
Impronta Agua	IAg1 = hasta 1,6%
	IAg2 = entre 1,6 y 3,2%
	IAg3 = entre 3,2 y 4,8%
	IAg4 = entre 4,8 y 6,4%
	IAg5 = entre 6,4 y 8%

Tabla 21 (a): Codificación de atributos de los EVU según la dimensión Perceptual

DIMENSIÓN GEOMÉTRICA		DIMENSIÓN SIGNIFICATIVA	
Topología: Direccionalidad	T1: Bidireccionalidad	Rol Propio	RP1: hasta 2 roles
	T2: ~-		RP2: entre 2 y 3 roles
	T3: Centrifugo		RP3: entre 3 y 4 roles
	T4: ~-		RP4: entre 4 y 5 roles
	T5: Centripeto		RP5: entre 5 y 6 roles
Topología: Perfiles Urbanos	PU1: BUC SU	Roles equipamiento urbano	RE1: hasta 3 roles
	PU2: ~-		RE2: 3 roles
	PU3: BUC UR		RE3: 4 roles
	PU4: ~-		RE4: 4 roles
	PU5: BUC EU		RE5: 5 roles
Simetría	S1: Simetría respecto a un eje	Valor Patrimonial	VP1: Valor Patrimonial Muy Bajo
	S2: Simetría respecto a dos ejes		VP2: Valor Patrimonial Bajo
	S3: Simetría respecto a diagonales		VP3: Valor Patrimonial Medio
	S4: Simetría respecto a cuatro ejes		VP4: Valor Patrimonial Alto
	S5: Sin simetría		VP5: Valor Patrimonial Muy Alto
Figuras	F1: Regulares		
	F2: ~-		
	F3: Irregulares		
	F4: ~-		
	F5: Compuestos/Orgánicos		
Superficie	S1: hasta 32.161m ²		
	S2: entre 32.161 y 55.446m ²		
	S3: entre 55.446 y 78.731m ²		
	S4: entre 78.731 y 102.016m ²		
	S5: entre 102.016 y 125.304m ²		

Tabla 21 (b y c): Codificación de atributos de los EVU según las dimensiones. Geométrica y Significativa

5.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS

En función de la codificación de las variables analizadas, se proponen cinco Tipologías Morfológicas. Por tanto los atributos codificados como 1 constituyen la Tipología 1, los 2 la Tipología 2 y así sucesivamente (Tabla 22).

5.3. MATRIZ DE DIMENSIONES MORFOLÓGICAS

Por cada EVU y en función de la codificación obtenida con el método de los rangos, se conformó una matriz, para categorizar cada espacio verde según las cinco tipologías morfológicas propuestas.

El procesamiento consistió en establecer por cada EVU los atributos que le correspondían según su codificación respectiva: 1 - 2 - 3 - 4 - 5. Cuantificados los mismos, la preminencia de cada uno de ellos definió la Tipología a la que pertenecen.

VARIABLES de 3º y 2º grado	TIPOLOGÍA 1	TIPOLOGÍA 2	TIPOLOGÍA 3	TIPOLOGÍA 4	TIPOLOGÍA 5	
PERCEPTUALES	Formas Gráficas	Regular	Irregular N-S	Compuesta	Orgánica	
	Impronta Prados	Hasta 43,2%	Entre 43,2 y 53,4%	Entre 53,4 y 63,6%	Entre 63,6 y 73,8%	Entre 73,8 y 84%
	Impronta Solados	Hasta 26,2%	Entre 26,2 y 36,4%	Entre 36,4 y 46,6%	Entre 46,5 y 56,8%	Entre 56,8 y 67%
	Impronta Arbórea	Hasta 27,8%	Entre 27,8 y 41,6%	Entre 41,6 y 55,4%	Entre 55,4 y 69,2%	Entre 69,2 y 83%
	Condiciones de Borde	Exentos	1 de sus bordes limitando con terrenos construidos	2 de sus bordes limitando con terrenos construidos	3 de sus bordes limitando con terrenos construidos:	Más de 3 de sus bordes limitando con terrenos construidos
	Densidad Volumétrica Arbórea	Hasta 37.159 m ³ /Ha	Entre 37.159 y 60.215 m ³ /Ha	Entre 60.215 y 83.270 m ³ /Ha	Entre 83.270 y 106.325 m ³ /Ha	Entre 106.325 y 129.381 m ³ /Ha
	Perfiles Urbanos	BUC EU	-.-	BUC UR	-.-	BUC SU
	Permeabilidad Visual	Hasta 8,8%	Entre 8,8 y 9,6%	Entre 9,6 y 10,4%	Entre 10,4 y 11,2%	Entre 11,2 y 12%
	BUC	BUC SU	-.-	BUC UR	-.-	BUC EU
	Impronta Agua	Hasta 1,6%	Entre 1,3 y 3,2%	Entre 3,2 y 4,8%	Entre 4,8 y 6,4%	Entre 6,4 y 8%
LÓGICAS GEOMÉTRICAS	Direccionalidad	Bidireccionalidad	-.-	Centrífugo	-.-	Centrípeto
	Simetría	Respecto a 1 eje	Simetría respecto a 2 ejes	Simetría respecto a diagonales	Simetría respecto a cuatro ejes	Sin simetría
	Perfiles Urbanos	BUC EU	-.-	BUC UR	-.-	BUC SU
	Figuras	Regular	-.-	Irregular	-.-	Compuestos/Orgánicos
	Cuerpos Geométricos	Prisma acostado	-.-	Paralelepípedo	-.-	Ortoedro
	Tamaño	Hasta 32.161m ²	Entre 32.161 y 55.446m ²	Entre 55.446 y 78.731m ²	Entre 78.731 y 102.016m ²	Entre 102.016 y 125.304m ²
	Rol Propio	Hasta 2 roles	Entre 2 y 3 roles	Entre 3 y 4 roles	Entre 4 y 5 roles	Entre 5 y 6 roles
	Rol Equipamiento	Hasta 3 roles	3 roles	4 roles	4 roles	5 roles
	Valor Patrimonial	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

Tabla 22: Tipologías Morfológicas de los EVU según las dimensiones Perceptual, Geométrica y Significativa.

Matriz de identificación de códigos de variables por cada EVU

DIMENSIONES		ASPECTOS	PROPIEDADES	ATRIBUTOS POR CADA EVU									
V. 3º grado	V. 2º grado	V. 2º grado	Variable de 1º grado	25 de Mayo	G. Funes	A. Aberastain	Gral. S. Martín	Acceso Sur	H. Yrigoyen	Alte. Brown			
PERCEPTUALES	FORMA VISUAL		Formas gráficas	FG1	FG3	FG4	FG4	FG4	FG4	FG1	FG1		
			Impronta prado	IP1	IP4	IP4	IP3	IP5	IP3	IP3	IP4		
			Impronta Solados	IS5	IS2	IS2	IS3	IS1	IS3	IS3	IS3	IS2	
			Impronta arbórea	IA4	IA4	IA5	IA4	IA1	IA1	IA1	IA1	IA5	
			Condiciones de borde	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	CB1	
	COLOR RILLO		Impr. Prados +Sol. n./somb.	IP+S2	IP+S2	IP+S1	IP+S2	IP+S2	IP+S5	IP+S4	IP+S1		
			Densidad Vol. Arbórea	DVA4	DVA3	DVA4	DVA3	DVA1	DVA1	DVA1	DVA4		
			Impronta arbórea	IA4	IA4	IA5	IA4	IA1	IA1	IA1	IA5		
			Permeabilidad Visual	PA3	PA4	PA4	PA4	PA5	PA3	PA3	PA4		
			Impronta Solados	IS5	IS2	IS2	IS3	IS1	IS3	IS3	IS2		
LÓGICAS GEOMETRICAS	TEXTURA	Impronta Agua	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1			
		BUC	BUC5	BUC5	BUC5	BUC3	BUC3	BUC3	BUC3	BUC5			
		Impronta arbórea	IA4	IA4	IA5	IA4	IA1	IA1	IA1	IA5			
		Impronta prado	IP1	IP4	IP4	IP3	IP5	IP3	IP3	IP4			
		Impronta Agua	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1			
	TOPOL.		Impronta Solados	IS5	IS2	IS2	IS3	IS3	IS1	IS3	IS2		
			Direccionalidad	T5	T3	T1	T5	T1	T3	T3	T3		
			Simetría	S4	S5	S1	S4	S5	S5	S5	S5		
			Perfiles Urbanos	PU5	PU5	PU5	PU3	PU3	PU3	PU3	PU5		
			Figuras	F1	F1	F1	F1	F3	F1	F1	F1		
SIGNIFICANTES	OTROS	Cuerpos geométricos	CG3	CG3	CG3	CG3	CG1	CG1	CG3	CG5			
		Superficie	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1			
		Impronta arbórea	IA4	IA4	IA5	IA4	IA1	IA1	IA1	IA5			
		Densidad Vol. Arbórea	DVA4	DVA3	DVA4	DVA3	DVA1	DVA1	DVA1	DVA4			
		Impr. Prados +Sol. n./somb.	IP+S2	IP+S2	IP+S1	IP+S2	IP+S5	IP+S4	IP+S4	IP+S1			
PLANO SIGN.		Rol Propio	RP5	RP1	RP3	RP4	RP4	RP1	RP4	RP1			
		Rol Equipamiento	RE4	RE1	RE5	RE2	RE1	RE2	RE2	RE4			
		Patrimonial	VP5	VP2	VP3	VP3	VP1	VP4	VP4	VP2			

Matriz de identificación de códigos de variables por cada EVU (continuación)

DIMENSIONES	ASPECTOS	PROPIEDADES	ATRIBUTOS POR CADA EVU							
			Villa Krause	San Damián	P. Rawson	N. Laprida	España	Parque Mayo	S. el Carril	
V. 3º grado	V. 2º grado	Variable de 1º grado	FG1	FG1	FG4	FG1	FG3	FG5	FG4	
		Formas gráficas	51	54	55	54	55	55	55	
	FORMA VISUAL	Impronta prado	IP2	IP4	IP5	IP1	IP4	IP4	IP3	
		Impronta Solados	IS3	IS2	IS1	IS4	IS1	IS2	IS3	
		Impronta arbórea	IA1	IA2	IA1	IA2	IA2	IA3	IA2	
		Condiciones de borde	CB1	CB1	CB2	CB1	CB1	CB1	CB1	
	PERCEPTUALES	COLOR RILLO	Impr. Prados +Sol. n/sombr.	IP+55	IP+54	IP+55	IP+54	IP+54	IP+55	
			Densidad Vol. Arbórea	DVA1	DVA2	DVA1	DVA2	DVA1	DVA3	DVA2
		Impronta arbórea	IA1	IA2	IA1	IA2	IA2	IA3	IA2	
		Permeabilidad Visual	PA3	PA3	PA5	PA3	PA4	PA4	PA2	
Impronta Solados		IS3	IS2	IS1	IS4	IS1	IS2	IS3		
Impronta Agua		IAg1	IAg1	IAg2	IAg1	IAg1	IAg5	IAg1		
LÓGICAS GEOMETRICAS	TEXTURA	BUC	BUC3	BUC3	BUC5	BUC5	BUC5	BUC5		
		Impronta arbórea	IA1	IA2	IA1	IA2	IA2	IA3	IA2	
	TOPOL.	Impronta prado	IP2	IP4	IP5	IP1	IP4	IP4	IP3	
		Impronta Agua	IAg1	IAg1	IAg3	IAg1	IAg1	IAg5	IAg1	
	GEOMETRÍA	Impronta Solados	IS4	IS2	IS1	IS4	IS1	IS2	IS3	
		Direccionalidad	T1	T5	T3	T5	T3	T3	T3	
		Simetría	PU3	PU3	PU3	PU5	PU5	PU5	PU3	
		Perfiles Urbanos	F1	F1	F1	F1	F1	F5	F1	
	SIGNIFICANTES	LÓGICAS GEOMETRICAS	Cuerpos geométricos	CG3	CG3	CG3	CG3	CG3	CG3	
			Superficie	S1	S1	S3	S1	S1	S5	S1
TAMAÑO		Impronta arbórea	IS3	IS2	IS1	IS4	IS1	IS2	IS3	
		Densidad Vol. Arbórea	IP+55	IP+54	IP+55	IP+54	IP+54	IP+55	IP+54	
PLANO SIGN.		Impr. Prados +Sol. n/sombr.	CB1	CB1	CB2	CB1	CB1	CB1	CB1	
		Rol Propio	RP4	RP1	RP4	RP1	RP1	RP4	RP1	
OTROS	Rol Equipamiento	RE4	RE1	RE5	RE2	RE1	RE2	RE4		
	Patrimonial	VP5	VP2	VP3	VP3	VP1	VP4	VP2		

Matriz de identificación de códigos de variables por cada EVU (continuación)

DIMENSIONES	ASPECTOS	PROPIEDADES	ATRIBUTOS POR CADA EVU					
			M. Belgrano	San Roque	Bº Camus	Huazihuil	Bº Vº Obrera	
V. 3º grado	V. 2º grado	Variable de 1º grado	FG4	FG1	FG3	FG4	FG1	
		Formas gráficas	S5	S5	S5	S5	S5	
	FORMA VISUAL	Impronta prado	IP5	IP5	IP5	IP3	IP4	
		Impronta Solados	IS1	IS1	IS1	IS3	IS2	
		Impronta arbórea	IA2	IA4	IA1	IA4	IA3	
		Condiciones de borde	CB1	CB1	CB5	CB1	CB1	
	PERCEPTUALES	COLOR RILLO	Impr. Prados +Sol. n/sombr.	IP+S4	IP+S2	IP+S5	IP+S2	IP+S3
			Densidad Vol. Arbórea	IA2	IA4	IA1	IA4	IA3
		COLOR RILLO	Impronta arbórea	PA2	PA1	PA2	PA2	PA4
			Permeabilidad Visual	IS1	IS1	IS1	IS3	IS2
Impronta Solados			IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	
Impronta Agua			BUC3	BUC3	BUC1	BUC1	BUC1	
BUC			IA2	IA4	IA1	IA4	IA3	
Impronta arbórea			IP5	IP5	IP5	IP3	IP4	
TEXTURA		Impronta prado	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	IAG1	
		Impronta Agua	IS1	IS1	IS1	IS3	IS2	
	Impronta Solados	T5	T5	T3	T5	T5		
	Direccionalidad	PU3	PU3	PU1	PU1	PU1		
LÓGICAS GEOMETRICAS	TOPOL.	Simetría	IA2	IA4	IA1	IA4	IA3	
		Perfiles Urbanos	F1	F1	F1	F1	F1	
SIGNIFICANTES	LÓGICAS GEOMETRICAS	Figuras	CG3	CG3	CG3	CG3	CG3	
		Cuerpos geométricos	S1	S1	S1	S1	S1	
	TAMAÑO	Superficie	IS1	IS1	IS1	IS3	IS2	
		Impronta arbórea	IP+S4	IP+S2	IP+S5	IP+S2	IP+S3	
PLANO SIGN.	Densidad Vol. Arbórea	CB1	CB1	CB5	CB1	CB1		
	Impr. Prados +Sol. n/sombr.	RP1	RP1	RP1	RP1	RP1		
OTROS	ROL Proplo	RE1	RE2	RE2	RE2	RE2		
	ROL Equipamiento	VP2	VP2	VP2	VP2	VP2		
SIGNIFICANTES	OTROS	Patrimonial	VP2	VP2	VP2	VP2	VP2	

En la Tabla 23 consta la cantidad de atributos de cada EVU según el código al que pertenecen. Con negrita y en color se indica el código con mayor cantidad de atributos. Estos se cuantifican en valores absolutos y en porcentajes.

Nº	EVU	CODIFICACIÓN (n)					CODIFICACIÓN (%)				
		C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5
1	25 de Mayo	8	1	2	6	8	0,32	0,04	0,08	0,24	0,32
2	Gertrudis Funes	7	5	3	6	4	0,28	0,2	0,12	0,24	0,16
3	Antonino Aberastain	9	3	2	5	6	0,36	0,12	0,08	0,2	0,24
4	Gral. San Martín	6	2	9	7	1	0,24	0,08	0,36	0,28	0,04
5	Acceso Sur	16	2	1	1	5	0,64	0,08	0,04	0,04	0,2
6	Hipólito Yrigoyen	10	2	8	2	3	0,4	0,08	0,32	0,08	0,12
7	Almte. Brown	8	4	2	5	6	0,32	0,16	0,08	0,2	0,24
8	Villa Krause	12	2	7	2	2	0,48	0,08	0,28	0,08	0,08
9	Bº San Damián	8	8	4	4	1	0,32	0,32	0,16	0,16	0,04
10	Parque Rawson	11	2	5	2	5	0,44	0,08	0,2	0,08	0,20
11	Narciso Laprida	9	4	2	6	4	0,36	0,16	0,08	0,24	0,16
12	España	10	4	2	4	5	0,4	0,16	0,08	0,16	0,20
13	Parque Mayo	2	3	6	4	10	0,08	0,12	0,24	0,16	0,40
14	S. Mº del Carril	6	7	8	3	1	0,24	0,28	0,32	0,12	0,04
15	Manuel Belgrano	12	5	2	2	4	0,48	0,2	0,08	0,08	0,16
16	San Roque	11	4	3	3	4	0,44	0,16	0,12	0,12	0,16
17	Bº Camus	13	3	2	0	7	0,52	0,12	0,08	0	0,28
18	Bº Huazihul	9	4	6	4	2	0,36	0,16	0,24	0,16	0,08
19	Bº Villa Obrera	9	5	6	3	2	0,36	0,2	0,24	0,12	0,08

Tabla 23: Cantidad de atributos de cada EVU según su codificación.

La mayor cantidad de atributos por código, indica la pertenencia de los EVU a cada Tipología:

- Código 1 ≡ Tipología 1
- Código 2 ≡ Tipología 2
- Código 3 ≡ Tipología 3
- Código 4 ≡ Tipología 4
- Código 5 ≡ Tipología 5

De la Tabla 23 se desprende que de los 19 EVU, 16 pertenecen a la Tipología 1; 2 a la Tipología 3; y 1 EVU a la Tipología 5. Se advierte que no hay espacios verdes comprendidos en las Tipologías 2 y 4.

Como los EVU presentan más de un código, en función del porcentaje que cada uno de ellos muestra, se identifican Subtipologías.

Para definir dicho porcentaje se considera que, siendo 5 las codificaciones, un número mayor a 20% define su pertenencia a una u otra tipología. Por tanto, ese porcentaje se

adopta como el mínimo necesario para identificar la Subtipología a la cual pertenece el EVU. En la Tabla 24, se presentan los códigos iguales o mayores a 20%, la cantidad de EVU comprendidos en los mismos, la Tipología y Subtipología a la cual pertenecen y la identificación de cada uno de ellos.

CÓDIGO <20%	CANTIDAD EVU	TIPOLOGÍA	SUBTIPOLOGÍA	EVU
1	1	1	TM1 a	San Roque
1, 2	2		TM1 b	Bº San Damián - Manuel Belgrano
1, 3	4		TM1 c	H. Yrigoyen - Villa Krause Bº Huazihul – Vº Obrera
1, 3, 5	1		TM1 d	Parque Rawson
1, 4	2		TM1 e	Gertrudis Funes - Narciso Laprida
1, 5	3		TM1 f	Acceso Sur - España - Bº Camus
1, 5, 4	3		TM1 g	25 de Mayo - Antonino Aberastain - Almte. Brown
3, 2	1	3	TM3 a	S. Mº del Carril
3, 4	1		TM3 b	Gral. San Martín
5, 3	1	5	TM5 a	Parque Mayo

Tabla 24: Pertenencia de los EVU a cada una de las cinco Tipologías y Subtipologías.

Las Tipologías y Subtipologías de los EVU se muestran en la Tabla 25. Resultan 16 EVU de la Tipología 1 con 7 Subtipologías; no hay EVU de las Tipologías 2 y 4; hay 2 EVU de la Tipología 3 y 1 de la Tipología 5.

TIPOLOGÍAS MORFOLÓGICAS DE LOS EVU							
	TM1	TM2	TM3		TM4	TM5	
a	Bº San Roque		a	S. M. del Carril		a	Parque de Mayo
b	Bº San Damián Manuel Belgrano		b	San Martín			
c	H. Yrigoyen Vº Krawse Bº Huazihul Vº Obrera						
d	Parque Rawson						
e	Gertrudis Funes Narciso Laprida						
f	Acceso Sur España Bº Camus						
g	25 de Mayo A. Aberastain Almte. Brown						

Tabla 25: Tipologías y Subtipologías Morfológicas de los 19 EVU del AMSJ

6. ANÁLISIS MORFO-BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS EN EL AMSJ

6.1. MÉTODO DE ANÁLISIS MORFO-BIOCLIMÁTICOS

Contextualizado con el objetivo principal de la presente Tesis, cual es profundizar en el rol bioclimático de los espacios verdes, se complementa la clasificación tipológica morfológica de los EVU en el AMSJ, con un análisis morfo-bioclimático, considerando aquellas dimensiones morfológicas directamente relacionadas con su aporte bioclimático e incorporando las condiciones de confort térmico obtenidas en el Capítulo II.

No se consideran las dimensiones significativas, ya que la mayor o menor cantidad de atributos significativos de un EVU no tiene correspondencia con su mayor o menor eficiencia bioclimática.

Para el análisis morfo-bioclimático cada atributo se califica con una nota, que permite obtener un valor final que indica la mayor o menor eficiencia morfo-bioclimática del EVU analizado. Cuando se trata de variables morfológicas sin incidencia en el aspecto bioclimático no se incorporan al análisis. Al igual que con la codificación de las tipologías morfológicas en las que a cada dimensión se diferencia según 5 categorías en función del método estadístico de los rangos, en las tipologías morfo-bioclimáticas se aplican también 5 categorías con la misma estadística, pero en función de su eficiencia bioclimática.

Estas 5 categorías se denominan Notas de Eficiencia (NE) y se adjudican en orden creciente a la eficiencia bioclimática de cada EVU. Debido a que se trabaja con EVU que han sido estudiados empíricamente como bioclimáticamente eficientes, la NE de menor valor (igual a 0), no será nula sino: MUY BAJA. De esa manera, en cada dimensión: Bio-Perceptual, Bio-Geométrica y de Confort Térmico, se identifican cinco categorías, a cada una de los cuales le corresponde una Nota de Eficiencia 0; 25; 50; 75; 100. La calificación correspondiente entonces es:

- Nota de Eficiencia: 0 ≡ MUY BAJA
- Nota de Eficiencia: 25 ≡ BAJA
- Nota de Eficiencia: 50 ≡ MEDIA
- Nota de Eficiencia: 75 ≡ ALTA
- Nota de Eficiencia: 100 ≡ MUY ALTA

Procesadas las notas de eficiencia de todos los EVU en una Matriz de Eficiencia Morfo-Bioclimática, los promedios agrupados en cinco y en orden creciente, identifican las Tipologías Morfo-Bioclimáticas de los espacios verdes del Área metropolitana de San Juan. Estas son:

- TIPOLOGÍA 1: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MÍNIMA
Promedio de Notas entre 0 y 19 puntos
- TIPOLOGÍA 2: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA BAJA
Promedio de Notas entre 20 y 39 puntos
- TIPOLOGÍA 3: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MEDIA
Promedio de Notas entre 40 y 59 puntos
- TIPOLOGÍA 4: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA ALTA
Promedio de Notas entre 60 y 79 puntos
- TIPOLOGÍA 5: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MÁXIMA
Promedio de Notas entre 80 y 100 puntos

6.2. DIMENSIONES BIO-PERCEPTUALES

a) Forma Visual

a1) Formas gráficas: al relacionar las formas gráficas con su aporte al clima urbano, se atiende particularmente a la orientación cardinal de su lado mayor en función a la mayor cantidad de espacio urbano alcanzado por los efectos del viento fresco del sector sur sobre su entorno. Para ello se califica con nota más alta a los EVU con su mayor dimensión orientada E-O y con menor nota, a los orientados N-S. Los restantes se califican con el valor medio. Las respectivas Notas de Eficiencia son (Tabla 26):

- NE Forma Gráfica Regular = 50
- NE Forma Gráfica Irregular E-O = 100
- NE Forma Gráfica Irregular N-S = 0
- NE Forma Gráfica Compuesta = 50
- NE Forma Gráfica Orgánica = 50

Nº	ESPACIO VERDE	FORMA GRÁFICA	ORIENTACIÓN LADO MAYOR	NE
1	Plaza 25 de Mayo	Regular	-.-	50
2	Plaza Gertrudis Funes	Irregular	E - O	100
3	Plaza Antonino Aberastain	Irregular	N - S	0
4	Plaza Gral. San Martín	Irregular	N - S	0
5	Plaza Acceso Sur	Irregular	N - S	0
6	Plaza Hipólito Irigoyen	Regular	-.-	50
7	Plaza Almirante Brown	Regular	-.-	50
8	Plaza Villa Krause	Regular	-.-	50
9	Plaza Bº San Damián	Regular	-.-	50
10	Parque Rawson	Irregular	N - S	0
11	Plaza Narciso Laprida	Regular	-.-	50
12	Plaza España	Irregular	E - O	100
13	Parque de Mayo	Orgánica	-.-	50
14	Plaza Salvador Mº del Carril	Irregular	N - S	0
15	Plaza Manuel Belgrano	Irregular	N - S	0
16	Plaza San Roque	Regular	-.-	50
17	Plaza Bº Camus	Irregular	E-O	100
18	Plaza Huazihul	Irregular	N - S	0
19	Plaza Bº Villa Obrera	Regular	-.-	50

Tabla 26: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Formas Gráficas.

a2) Proporción prado y solados: desde la perspectiva bioclimática, la mejor calidad bioclimática será la que tenga mayor impronta de prado, menor impronta de solados y mayor impronta arbórea. Con ese criterio se calcularon 5 rangos para cada variable, resultando las Notas de Eficiencia de Tabla 27.

Nº	ESPACIO VERDE	IMPRONTA PRADO		IMPRONTA SOLADOS		IMPRONTA ARBÓREA VERANO	
		%	NE	%	NE	%	NE
1	Plaza 25 de Mayo	33	0	67	0	62	75
2	Plaza G. Funes	65	75	35	75	56	75
3	Plaza Aberastain	65	75	35	75	83	100
4	Plaza G. S. Martín	58	50	42	50	61	75
5	Plaza Acceso Sur	80	100	20	100	15	0
6	Plaza H. Yrigoyen	58	50	42	50	28	25
7	Plaza A. Brown	71	75	29	75	78	100
8	Plaza Villa Krause	52	25	48	50	16	0
9	Plaza Bº Damián	70	75	30	75	34	25
10	Parque Rawson	80	100	18	100	14	0
11	Plaza N. Laprida	41	0	59	25	34	25
12	Plaza España	76	100	24	100	35	25
13	Parque de Mayo	64	75	28	75	43	50
14	Plaza S. Mº Carril	58	50	42	40	39	25
15	Plaza M. Belgrano	84	100	16	100	32	25
16	Plaza San Roque	75	100	25	100	62	75
17	Plaza Bº Camus	82	100	18	100	21	0
18	Plaza Huazihul	57	50	43	40	67	75
19	Plaza Vº Obrera	67	75	33	75	54	50

Tabla 27: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Proporción Prado y Solados.

a3) Condiciones de borde

El EVU de mejor calidad bioclimática será aquel que no limite con edificaciones, ya que éstas contribuyen a aumentar la temperatura urbana. Al contrario, será más eficiente si limita con espacios abiertos. Las respectivas Notas de Eficiencia son (Tabla 28):

- NE EVU exentos = 100
- NE EVU c/1 de sus bordes limitando en terrenos construidos = 75
- NE EVU c/2 de sus bordes limitando en terrenos construidos = 50
- NE EVU c/3 de un de sus bordes limitando en terrenos construidos = 25
- NE EVU c/más de 3 de sus bordes limitando en terrenos construidos = 0

Nº	ESPACIO VERDE	NE
1	Plaza 25 de Mayo	100
2	Plaza Gertrudis Funes	100
3	Plaza Antonino Aberastain	100
4	Plaza Gral. San Martín	100
5	Plaza Acceso Sur	100
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	100
7	Plaza Almirante Brown	100
8	Plaza Villa Krause	100
9	Plaza Bº San Damián	100
10	Parque Rawson	75
11	Plaza Narciso Laprida	100
12	Plaza España	100
13	Parque de Mayo	100
14	Plaza Salvador Mº del Carril	100
15	Plaza Manuel Belgrano	100
16	Plaza San Roque	100
17	Plaza Bº Camus	0
18	Plaza Huazihul	100
19	Plaza Bº Villa Obrera	100

Tabla 28: Notas de Eficiencia Condiciones de Borde.

b) Color/brillo:

La mayor densidad de elementos del EVU cuya volumetría incida en las condiciones de brillo incrementará las posibilidades de aumentar la temperatura urbana. Por tanto los EVU más eficientes bioclimáticamente serán los que más absorban la reflexión proveniente de elementos propios y de su entorno urbano.

b1) Llenos y vacíos: las variables intervinientes son:

- Impronta de prados/senderos no sombreados (vacíos)
- Densidad Volumétrica Arbórea (llenos)
- Impronta Arbórea (llenos)

En función del método de los rangos, las cinco Notas de Eficiencia para cada EVU conforme la variable analizada se presentan en la Tabla 29.

Nº	ESPACIO VERDE	IMPRONTA PRADO + SOLADOS NO SOMBREADOS		DENSIDAD VOLUMÉTRICA ARBÓREA		IMPRONTA ARBÓREA VERANO	
		%	NE	m ³ /Ha	NE	%	NE
1	Plaza 25 de Mayo	38	75	83.938	75	62	75
2	Plaza G. Funes	44	75	69.147	50	56	75
3	Plaza Aberastain	17	100	116.864	10	83	100
4	Plaza G. S. Martín	39	75	72.243	50	61	75
5	Plaza Acceso Sur	85	0	22.743	0	15	0
6	Plaza H. Yrigoyen	72	25	35.000	25	28	25
7	Plaza A. Brown	22	100	129.381	10	78	100
8	Plaza Villa Krause	84	0	17.132	0	16	0
9	Plaza Bº Damián	66	25	45.611	25	34	25
10	Parque Rawson	86	0	14.104	0	14	0
11	Plaza N. Laprida	66	25	40.301	25	34	25
12	Plaza España	65	25	31.111	0	35	25
13	Parque de Mayo	57	50	67.268	50	43	50
14	Plaza S. Mº Carril	61	25	45.574	25	39	25
15	Plaza M. Belgrano	68	25	26.210	0	32	25
16	Plaza San Roque	38	75	39.408	25	62	75
17	Plaza Bº Camus	79	0	15.146	0	21	25
18	Plaza Huazihul	33	75	63.160	50	67	75
19	Plaza Vº Obrera	46	50	66.345	50	54	50

Tabla 29: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Llenos y Vacíos.

b2) Permeabilidad arbórea: la clasificación de la Permeabilidad arbórea (denominada permeabilidad visual en el estudio morfológico), según el método de los rangos y las respectivas Notas de Eficiencia, consta en la Tabla 30.

Nº	EVU	PERMEABILIDAD ARBÓREA	
		%	NE
1	Plaza 25 de Mayo	10	50
2	Plaza Gertrudis Funes	11	25
3	Plaza Antonino Aberastain	11	25
4	Plaza Gral. San Martín	11	25
5	Plaza Acceso Sur	12	0
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	10	50
7	Plaza Almirante Brown	11	25
8	Plaza Villa Krause	10	50
9	Plaza Bº San Damián	10	50
10	Parque Rawson	12	0
11	Plaza Narciso Laprida	10	50
12	Plaza España	11	25
13	Parque de Mayo	11	25
14	Plaza S. Mº del Carril	9	75
15	Plaza Manuel Belgrano	9	75
16	Plaza San Roque	8	100
17	Plaza Bº Camus	9	75
18	Plaza Huazihul	9	75
19	Plaza Bº Villa Obrera	11	25

Tabla 30: Notas de Eficiencia según la variable Permeabilidad Arbórea.

b3) Elementos reflectantes: la clasificación de la impronta de solados, de cuerpos de agua y las BUC en la que se ubica cada EVU según el método de los rangos y las respectivas Notas de Eficiencia, constan en la Tabla 31.

Nº	EVU	IMPRONTA SOLADOS		IMPRONTA CUERPOS DE AGUA		BUC	
		%	NE	%	NE	Tipo	NE
1	Plaza 25 de Mayo	67	0	0	100	EU	0
2	Plaza G. Funes	35	75	0	100	EU	0
3	Plaza Aberastain	35	75	0	100	EU	0
4	Plaza G. S. Martín	42	50	0	100	UR	50
5	Plaza Acceso Sur	20	100	0	100	UR	50
6	Plaza H. Yrigoyen	42	50	0	100	EU	0
7	Plaza A. Brown	29	75	0	100	EU	0
8	Plaza Villa Krause	48	50	0	100	UR	50
9	Plaza Bº Damián	30	75	0	100	UR	50
10	Parque Rawson	18	100	2	50	UR	50
11	Plaza N. Laprida	59	25	0	100	EU	0
12	Plaza España	24	100	0	100	EU	0
13	Parque de Mayo	28	75	8	0	EU	0
14	Plaza S. Mº Carril	42	50	0	100	UR	50
15	Plaza M. Belgrano	16	100	0	100	UR	50
16	Plaza San Roque	25	100	0	100	UR	50
17	Plaza Bº Camus	18	100	0	100	SU	100
18	Plaza Huazihul	43	50	0	100	SU	100
19	Plaza Vº Obrera	33	75	0	100	SU	100

Tabla 31: Rangos de las Notas de Eficiencia según la variable Elementos Reflectantes.

c) Textura

Tal como se vio anteriormente, la variable textura se analiza en relación con las estructuras naturales como artificiales, que a su vez identifican caracteres orgánicos o no, regulares e irregulares: *Naturales* (prado, árboles y agua) y *Artificiales* (solados, senderos o plataformas recreativo-culturales). La Nota de Eficiencia se adjudica en forma creciente, conforme su influencia bioclimática:

- NE de Impronta Arbórea = 0 - 25 - 50 -75 - 100
- NE de Impronta Prado = 0 - 25 - 50 -75 - 100
- NE de Impronta Agua = 0 - 25 - 50 -75 - 100
- NE de Impronta Solados = 100 - 75 - 50 -25 -0

En la Tabla 32 constan los porcentajes de improntas y sus respectivas Notas de Eficiencia.

Nº	EVU	IMPRONTA ARBÓREA		IMPRONTA PRADO		IMPRONTA AGUA		IMPRONTA SOLADOS	
		%	NE	%	NE	%	NE	%	NE
1	Plaza 25 de Mayo	62	75	33	0	0	0	67	0
2	Plaza G. Funes	56	75	0	75	0	0	35	75
3	Plaza Aberastain	83	100	65	75	0	0	35	75
4	Plaza G. S. Martín	61	75	75	50	0	0	42	50
5	Plaza Acceso Sur	15	0	65	100	0	0	20	100
6	Plaza H. Yrigoyen	28	25	75	50	0	0	42	50
7	Plaza A. Brown	78	100	58	75	0	0	29	75
8	Plaza Villa Krause	16	0	50	25	0	0	48	50
9	Plaza Bº Damián	34	25	80	75	0	0	30	75
10	Parque Rawson	14	0	100	100	2	50	18	100
11	Plaza N. Laprida	34	25	58	0	0	0	59	25
12	Plaza España	35	25	50	100	0	0	24	100
13	Parque de Mayo	43	50	71	75	8	100	28	75
14	Plaza S. Mº Carril	39	25	75	50	0	0	42	50
15	Plaza M. Belgrano	32	25	52	100	0	0	16	100
16	Plaza San Roque	62	75	25	100	0	0	25	100
17	Plaza Bº Camus	56	75	70	100	0	0	18	100
18	Plaza Huazihul	83	100	75	50	0	0	43	50
19	Plaza Vº Obrera	61	75	80	75	0	0	33	75

Tabla 32: Notas de Eficiencia de los EVU, según la variable Textura.

6.3. DIMENSIONES LÓGICAS BIO-GEOMÉTRICAS

a) Topología

a1) Direccionalidad de los puntos de interés: La Bidireccionalidad, o multidireccionalidad de los EVU, no generan condiciones bioclimáticas particulares, por lo cual no se les asigna una Nota de Eficiencia.

a2) Perfiles urbanos: la mayor densificación de la construcción en el entorno del EVU, genera a su vez condiciones más favorables al aumento de la temperatura urbana. Por tanto, se les adjudica la Nota de Eficiencia, en orden decreciente conforme el incremento de los valores en sus índices urbanísticos (Tabla 33).

- NE de EVU de la BUC Suburbana = 100
- NE de EVU de la BUC Urbana = 50
- NE de EVU de la BUC Eminentemente Urbana = 0

Nº	EVU	PERFILES URBANOS	
		BUC	NE
1	Plaza 25 de Mayo	EU	0
2	Plaza Gertrudis Funes	EU	0
3	Plaza Antonino Aberastain	EU	0
4	Plaza Gral. San Martín	UR	50
5	Plaza Acceso Sur	UR	50
6	Plaza Hipólito Yrigoyen	EU	0
7	Plaza Almirante Brown	EU	0
8	Plaza Villa Krause	UR	50
9	Plaza Bº San Damián	UR	50
10	Parque Rawson	UR	50
11	Plaza Narciso Laprida	EU	0
12	Plaza España	EU	0
13	Parque de Mayo	EU	0
14	Plaza Salvador Mº del Carril	UR	50
15	Plaza Manuel Belgrano	UR	50
16	Plaza San Roque	UR	50
17	Plaza Bº Camus	SU	100
18	Plaza Huazihul	SU	100
19	Plaza Bº Villa Obrera	SU	100

Tabla 33: Nota de Eficiencia según la variable Perfiles Urbanos.

b) Geometría

Las variables Figuras y Cuerpos geométricos, no tienen incidencia en el comportamiento bioclimático de los EVU, por tanto, no se le asignan Notas de Eficiencia.

c) Tamaño

c1) Superficie: los Rangos de las Notas de Eficiencia, según las superficies de los EVU constan en la Tabla 34.

Nº	EVU	SUPERFICIE	
		m ²	NE
1	Plaza 25 de Mayo	11755,12	0
2	Plaza G. Funes	13202,02	0
3	Plaza Aberastain	11852,99	0
4	Plaza G. S. Martín	16.037,76	0
5	Plaza Acceso Sur	13.776,95	0
6	Plaza H. Yrigoyen	17.216,56	0
7	Plaza A. Brown	17.846,63	0
8	Plaza Villa Krause	15.163,38	0
9	Plaza Bº Damián	11.111,19	0
10	Parque Rawson	70.800,73	50
11	Plaza N. Laprida	12.409,73	0
12	Plaza España	14.983,90	0
13	Parque de Mayo	125.303,50	100
14	Plaza S. Mº Carril	12.926,88	0
15	Plaza M. Belgrano	13.837,35	0
16	Plaza San Roque	9.455,64	0
17	Plaza Bº Camus	16.160,88	0
18	Plaza Huazihul	8.876,35	0
19	Plaza Vº Obrera	11.793,66	0

Tabla 34: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Superficie.

6.4. DIMENSIÓN CONFORT TÉRMICO

En el Capítulo II – Ítem 3.8 (Tabla 41) se clasificaron los EVU en 5 grupos, teniendo en cuenta la diferencia experimentada en cada uno de ellos respecto al índice de confort térmico UTCI, en relación con el mismo índice pero en su entorno urbano. Los 5 grupos se ordenaron en forma decreciente, por los que el Grupo 1 es el que mayor diferencia de UTCI tiene con su entorno y en consecuencia en el que se experimentan las mejores condiciones de confort. Por tanto, las Notas de Eficiencia de la variable analizada son (Tabla 35):

- NE 1º Grupo = 100
- NE 2º Grupo = 75
- NE 3º Grupo = 50
- NE 4º Grupo = 25
- NE 5º Grupo = 0

Nº	EVU	DIMENSIONES DE CONFORT TÉRMICO				
		1º Grupo	2º Grupo	3º Grupo	4º Grupo	5º Grupo
1	25 de Mayo		75			
2	G. Funes		75			
3	A. Aberastain		75			
4	Gral. S. Martín	100				
5	Acceso Sur			50		
6	H. Yrigoyen		75			
7	Almte. Brown			50		
8	Villa Krause					0
9	Bº San Damián					0
10	Parque Rawson					0
11	N. Laprida		75			
12	España	100				
13	Parque Mayo	100				
14	S. Mº del Carril	100				
15	M. Belgrano	100				
16	San Roque	100				
17	Bº Camus	100				
18	Huazihul	100				
19	Bº Vº Obrera	100				

Tabla 35: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Confort Térmico.

6.5. MATRIZ DE ATRIBUTOS MORFO-BIOCLIMÁTICOS

Se presenta la matriz resultante con sus correspondientes codificaciones de atributos, en función del rol morfo-bioclimático del EVU.

Matriz de atributos morfo-bioclimáticos

EVU	DIMENSIONES BIO-PERCEPTUALES												
	FORMA VISUAL						COLOR / BRILLO						
	Formas Gráficas	Impronta Prado	Impronta Solados	Impronta Arbórea	Condiciones de borde	Impr. prado + solados no sombreados	Densidad Volumétrica Arbórea	Impronta arbórea	Permeabilidad Arbórea	Impronta Solados	Impronta Cuerpos de Agua	BUC	
25 Mayo	50	0	0	75	100	75	75	75	50	0	0	0	
G. Funes	100	75	75	75	100	75	50	75	25	75	0	0	
A. Aberastain	0	75	75	100	100	100	100	100	25	75	0	0	
S. Martín	0	50	50	75	100	75	50	75	25	50	0	50	
Acceso Sur	0	100	100	0	100	0	0	0	0	100	0	50	
H. Yrigoyen	50	50	50	25	100	25	25	25	50	50	0	0	
Almte. Brown	50	75	75	100	100	100	100	100	25	75	0	0	
Vº Krause	50	25	50	0	100	0	0	0	50	50	0	50	
Vº Damían	50	75	75	25	100	25	25	25	50	75	0	50	
P. Rawson	0	100	100	0	75	0	0	0	0	100	50	50	
N. Laprida	50	0	25	25	100	25	25	25	50	25	0	0	
España	100	100	100	25	100	25	0	25	25	100	0	0	
P. Mayo	50	75	75	50	100	50	50	50	25	75	100	0	
S. del Carril	0	50	40	25	100	25	25	25	75	50	0	50	
M. Belgrano	0	100	100	25	100	25	0	25	75	100	0	50	
S. Roque	50	100	100	75	100	75	25	75	100	100	0	50	
Bº Camus	100	100	100	0	0	0	0	25	75	100	0	100	
Bº Huazhul	0	50	40	75	100	75	50	75	75	50	0	100	
Vº Obrera	50	75	75	50	100	50	50	50	25	75	0	100	

Matriz de atributos morfo-bioclimáticos (continuación)

EVU	DIMENSIONES BIO-PERCEPTUALES						DIMENSIONES BIO-GEOMÉTRICAS		DIMENSIÓN CONFORT TERMICO
	TEXTURA				TOPOLOGÍA	TAMAÑO			
	Impronta Arbórea	Impronta Prado	Impronta Cuerpos Agua	Impronta Solados					
25 de Mayo	75	0	0	0	0	0	0	75	
G. Funes	75	75	0	0	75	0	0	75	
A. Aberastain	100	75	0	0	75	0	0	75	
Gral. S. Martín	75	50	0	0	50	50	0	100	
Acceso Sur	0	100	0	0	100	50	0	50	
H. Yrigoyen	25	50	0	0	50	0	0	75	
Almte. Brown	100	75	0	0	75	0	0	50	
Villa Krause	0	25	0	0	50	50	0	0	
Bº San Damián	25	75	0	0	75	50	0	0	
Parque Rawson	0	100	50	0	100	50	50	0	
N. Laprida	25	0	0	0	25	0	0	75	
España	25	100	0	0	100	0	0	100	
Parque Mayo	50	75	100	0	75	0	100	100	
S. Mº del Carril	25	50	0	0	40	50	0	100	
M. Belgrano	25	100	0	0	100	50	0	100	
San Roque	75	100	0	0	100	50	0	100	
Bº Camus	0	100	0	0	100	100	0	100	
Huazhul	75	50	0	0	40	100	0	100	
Bº Vº Obrera	50	75	0	0	75	100	0	100	

6.6. CARACTERIZACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS MORFO-BIOCLIMÁTICAS

Los promedios resultantes del procesamiento de las Notas de Eficiencia de los EVU en la Matriz de Eficiencia Morfo-Bioclimática se agrupan en cinco tipologías. En orden creciente identifican las Tipologías Morfo-Bioclimáticas de los espacios verdes del Área Metropolitana de San Juan. Estas son:

- TIPOLOGÍA 1: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MÍNIMA
Promedio de Notas entre 0 y 19 puntos
- TIPOLOGÍA 2: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA BAJA
Promedio de Notas entre 20 y 39 puntos
- TIPOLOGÍA 3: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MEDIA
Promedio de Notas entre 40 y 59 puntos
- TIPOLOGÍA 4: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA ALTA
Promedio de Notas entre 60 y 79 puntos
- TIPOLOGÍA 5: EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA MÁXIMA
Promedio de Notas entre 80 y 100 puntos

De los rangos, sus respectivas Notas de Eficiencia y la Matriz de Categorización de EVU del AMSJ, surgen las siguientes características que identifican las tres tipologías según su Eficiencia Morfo-Bioclimática:

Tipología de EMB MÍNIMA

- Superficie total: menor a 32.200m²
- Impronta Máxima de Prado: 43 %
- Impronta de Solados: mayor a 57%
- Impronta Arbórea: hasta 28%
- Densidad Volumétrica Arbórea: hasta 37.200m³/Ha
- Permeabilidad Arbórea en Verano: mayor a 11%
- Diferencia de confort con su entorno: hasta 8%

Tipología de EMB BAJA

- Superficie total: entre 32.200 y 55.400m²
- Impronta de Prado: entre 43 y 53%
- Impronta de Solados: entre 47 y 57%
- Impronta Arbórea a: entre 28 y 42%
- Densidad Volumétrica Arbórea: entre 37.200 y 60.200m³/Ha
- Permeabilidad Arbórea: entre 10 y 11%
- Diferencia de confort con su entorno: entre 8 y 14%

Tipología de EMB MEDIA

- Superficie total: entre 55.400 y 78.700m²
- Impronta de Prado: entre 53 y 64 %
- Impronta de Solados: entre 36 y 47%
- Impronta Arbórea: entre 42 y 55%
- Densidad Volumétrica Arbórea: entre 60.200 y 83.300m³/Ha
- Permeabilidad Arbórea: entre 9 y 10 %
- Diferencia de confort con su entorno: entre 14 y 21%

Tipología de EMB ALTA

- Superficie total: entre 78.700 y 102.000m²
- Impronta de Prado: entre 64 y 74%
- Impronta de Solados: entre 26 y 36%
- Impronta Arbórea: entre 55 y 69%
- Densidad Volumétrica Arbórea: entre 83.300 y 106.300m³/Ha
- Permeabilidad Arbórea: entre 9 y 10%
- Diferencia de confort con su entorno: entre 21 y 27%

Tipología de EMB MÁXIMA

- Superficie total: mayor a 102.000m²
- Impronta de Prado: mayor a 74%
- Impronta de Solados: hasta 26%
- Impronta Arbórea: mayor a 69%
- Densidad Volumétrica Arbórea: mayor a 106.300m³/Ha
- Permeabilidad Arbórea: hasta 9%
- Diferencia de confort con su entorno: mayor a 27%

6.7. CATEGORÍAS DE EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICAS

Conforme las Notas Promedio de Eficiencia Bioclimática, cada EVU se encuadra en las siguientes Tipologías de Eficiencia Morfo-Bioclimáticas (Tabla 36):

Nº	EVU	TIPOLOGÍAS DE EFICIENCIA MORFO-BIOCLIMÁTICA	
		Promedio Notas de Eficiencia	EMB
1	25 DE MAYO	43	EBM MEDIA
2	G. FUNES	63	EBM MEDIA
3	A. ABERASTAIN	63	EBM MEDIA
4	GRAL. S. MARTÍN	56	EBM MEDIA
5	ACCESO SUR	46	EBM MEDIA
6	H. YRIGOYEN	43	EBM MEDIA
7	ALMTE. BROWN	64	EMB ALTA
8	VILLA KRAUSE	36	EBM BAJA
9	Bº SAN DAMIÁN	50	EBM MEDIA
10	PARQUE RAWSON	39	EBM BAJA
11	N. LAPRIDA	35	EBM BAJA
12	ESPAÑA	58	EBM MEDIA
13	PARQUE MAYO	54	EBM MEDIA
14	S. Mº DEL CARRIL	45	EBM MEDIA
15	M. BELGRANO	58	EBM MEDIA
16	SAN ROQUE	73	EMB ALTA
17	Bº CAMUS	64	EMB ALTA
18	HUAZIHUL	62	EMB ALTA
19	Bº Vº OBRERA	64	EMB ALTA

Tabla 36: Tipologías Morfo-Bioclimáticas de los EVU del AMSJ.

En la Tabla 37 se presentan las 5 categorías Morfo-Bioclimáticas con los EVU correspondientes a cada una de ellas, listados en orden decreciente según el promedio de sus Notas de Eficiencia.

CATEGORÍAS MORFO-BIOCLIMÁTICAS DE LOS EVU							
MÁXIMA	ALTA		MEDIA		BAJA		MÍNIMA
	72,62	San Roque	63,10	G. Funes	39,29	Parque Rawson	
	64,29	Almte. Brown	63,10	A. Aberastain	35,71	Villa Krause	
	64,29	Bº Vº Obrera	58,33	M. Belgrano	34,52	N. Laprida	
	64,29	Bº Camus	58,33	España			
	64,29	Huazihul	55,95	Gral. S. Martín			
			53,57	Parque Mayo			
			50,00	Bº San Damián			
			46,43	Acceso Sur			
			45,48	S. Mº del Carril			
			42,86	H. Yrigoyen			
			42,86	25 de Mayo			

Tabla 37: Categorías Morfo-Bioclimáticas de los EVU del AMSJ listados en orden decreciente.

Del análisis de la matriz, surge que no hay ningún EVU que posea Eficiencia Morfo-Bioclimática Máxima ni Mínima. Cinco EVU tienen una EMB Alta, 11 EVU una EMB Media y las tres restantes EMB Baja.

7. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El análisis morfológico y morfo-bioclimático de los EVU del Área Metropolitana de San Juan se realiza considerándolos como Unidades de Análisis, las cuales se estudian según variables de 3º grado, 2º grado y 1º grado, a través de la individualización y codificación de los atributos de su Unidades de Información.

Morfológicamente se estudian tres dimensiones: Perceptual, Lógicas Geométricas y Significativas, cada una de ellas con los aspectos, propiedades y atributos que les son pro-

pios. Cada Unidad de información se codifica según cinco categorías, calculadas según el método estadístico de los rangos.

De las cinco codificaciones morfológicas efectuadas, en el AMSJ se identifican solo tres tipologías: la primera agrupa 16 EVU en 7 subtipologías; la tercera posee 2 EVU y 2 subtipologías; y la quinta, un EVU. Esta clasificación integra información indispensable a los efectos del diseño de espacios verdes en la ciudad.

Considerando los EVU en su relación con el clima urbano árido, al estudio de las dimensiones Perceptual y Lógicas Geométricas, se le incorpora la dimensión Confort Térmico, para identificar categorías Morfo-Bioclimáticas.

Codificadas las unidades de información en cinco grupos en función de su aporte en la disminución de temperatura e incremento de la humedad relativa ambiente, se identifican solo tres Categorías Morfo-Bioclimáticas: de los 19 EVU estudiados, ninguno presenta condiciones de eficiencia bioclimática Máxima ni Mínima. Cinco de ellos se ubican en la categoría Alta, 11 en la Media y 3 en la Baja.

Las tipologías resultantes, Morfológicas y Morfo-Bioclimáticas, aportan un estado de situación de los EVU, con la suficiente información específica, que permite un diagnóstico indispensable respecto al rol que éstos desempeñan en una ciudad de zona árida y con ello facilita la toma de decisiones urbanísticas tendientes a disminuir la rigurosidad climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña Vigil, P., Arias, U. (2005) Análisis Formal del Espacio Urbano. Aspectos Teóricos. Instituto de Investigación de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Artes. Lima.
- Argan, G. (1980) *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. Ed. Nueva Visión.
- Aymonino Carlo (1977) *Lo studio dei fenomeni urbani* Ed. Officina Edizioni.
- Buenrostro, L. (1999) *Espacio arquitectónico: Conocimiento abstracto*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Dávila Romano, D. (2012) *Al modo de unas conclusiones del ciclo dedicado al tipo en arquitectura*. TEMENOS Asociación de Teoría de la Arquitectura, Madrid.
- Deiana, S; Baseggio, M. y otros. (2014) *Morfología y percepción de la diversidad. Lógicas contemporáneas*. Capítulo 3: El tejido urbano como nivel de análisis morfológico. Libro en edición.

- Edberg, G., Hesselgren, S. (2009) Textura. Documento de Internet - <http://es.slideshare.net/Piaschulze/textura1>.
- Espasa Calpe (2005) Diccionario español
- Fernández, R. (1999) El proyecto final. Farq.-Editorial Dos Puntos Montevideo.
- Lynch, K. (1985) La imagen de la ciudad. Colección Punto y Línea. 2º Ed. 1985. México.
- Macho Stadler, M. (2002) Qué es la Topología. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea
- Martí Arís, C. (1993): Las variaciones de la identidad, Serbal.
- Moro, S. (2011) Una metodología sistemática para el análisis de los espacios
- Quatremère de Quincy (.....) Diccionario de la Arquitectura: voces teóricas. ISBN: 978-987-584-119-2
- Rico Ortega, A. (1996) Tipo y Modelo. Escuela Técnica Superior de Arquitectura. ETSA_20-4. España.
- Rossi, A. (1966) Tipología, manualística y arquitectura. En *“Para una arquitectura de tendencia. Escritos”*. 1952-1972. Barcelona, Gustavo Gili, 1975.
- Rossi, A. (1984) *The Architecture of the City*. MIT Press.
- UCSF (2011) Sobre la noción de tipo y tipología. Arquitectura IV; Facultad de Arquitectura. Universidad Católica de Santa Fe.

CAPÍTULO IV

ESPECIES ARBÓREAS MITIGADORAS
DEL CLIMA URBANO ÁRIDO

CAPÍTULO IV

ESPECIES ARBÓREAS MITIGADORAS DEL CLIMA URBANO ÁRIDO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

2. MODIFICACIONES DEL SISTEMA URBANO A LA ARBOLEDA DE AMBIENTES ÁRIDOS

- 2.1. Suelo urbano
- 2.2. Riego urbano en ciudades de zonas áridas
- 2.3. Arbolado urbano en ciudades de zonas áridas

3. ESPECIES ARBÓREAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

- 3.1. Arbolado de alineación
- 3.2. Arbolado de espacios verdes
- 3.3. Arbolado caducifolio plantado en el AMSJ

4. ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA EN AMBIENTES ÁRIDOS URBANOS

- 4.1. Arbolado de alineación
- 4.2. Espacios verdes

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO IV ESPECIES ARBÓREAS MITIGADORAS DEL CLIMA URBANO ÁRIDO

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

Se exponen las modificaciones ecosistémicas que generan las ciudades en relación con el verde urbano y se describe el arbolado urbano de la ciudad de San Juan, tanto el de alineación como el plantado en espacios verdes.

En consideración a las variables que influyen en el desarrollo y características de las especies arbóreas en un ambiente urbano, se construye una matriz que integra dichos parámetros y se obtiene un Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea.

Se identifican las especies arbóreas exóticas y nativas apropiadas para ambientes áridos de acuerdo con su Índice Bioclimático Arbóreo (IBA). Se identifican las especies nativas que no poseen IBA, que sin embargo se consideran apropiadas por asociación morfológica y densidad de sombra.

En función del Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea, se priorizan las especies arbóreas apropiadas para ser implantadas en el arbolado de alineación y en espacios verdes urbanos.

2. MODIFICACIONES DEL SISTEMA URBANO A LA ARBOLEDA DE AMBIENTES ÁRIDOS

2.1. SUELO URBANO

2.1.1. Urbisuelo

Uno de los efectos principales de la urbanización es la modificación de la cubierta del paisaje natural original, la cual resulta impermeabilizada con la construcción de edificios, calles, veredas y diferentes obras civiles. El cambio de superficies húmedas por secas incide en las complejas relaciones ecológicas que permiten la existencia de cubierta vegetal.

A partir de la segunda edición del World Reference Base for soil resources en 2006 (IUSS- WRBS, 2006, 2015)²⁸ se incorpora un nuevo grupo de suelos de referencia que aglutina aquellos cuyas propiedades y pedogénesis se producen por un origen técnico: los Tecnosoles, Urbisuelos o Urbisoles.

Este grupo de suelos es también denominado “Urbisoles o Urbisuelos”. Se encuentra esparcido por todos los espacios geográficos en donde la actividad humana se ha traducido en la construcción de suelo artificial, sellando el suelo natural, o extrayendo material que normalmente no sería afectado por los procesos superficiales terrestres. Así, ciudades, caminos, minas, vertederos de basura, derrames de petróleo, depósitos de hollín de carbón y otros semejantes, se incluyen en los Tecnosoles o Urbisoles (Ibáñez y Martínez 2015).

En el Capítulo 4 del WRBS “Key to the Reference Soil Groups with lists of principal and supplementary qualifiers”, se dan las claves para todos los grupos de suelos. Respecto a los Tecnosoles, especifica:

1. *Características:*

- a. *Tener $\geq 20\%$ (en volumen, promedio ponderado), de “artefactos” en los primeros 100cm de la superficie del suelo o hasta la roca continua o material técnico duro o una capa cementada o endurecida; y*
- b. *No tener una capa que contenga “artefactos” calificados como un árgico, chérnico, dúrico, ferrálico, férrico, frágico, hidrágrico, nátrico, nítrico, petrocálcico, petrodúrico, petrogípsico, horizonte petroplíntico, pisoplíntico, plíntico, spódico o vertical, empezando $\leq 100\text{cm}$ de la superficie del suelo, a no ser enterrado; y*
- c. *No tener roca continua o una capa cementada o endurecida a partir $\leq 10\text{cm}$ desde la superficie del suelo; o*

2. *Tener una continuidad de material permeable a impermeable, geomembrana construida de cualquier espesor a partir $\leq 100\text{cm}$ desde la superficie del suelo;*

3. *Tener material técnico duro a partir $\leq 5\text{cm}$ de la superficie del suelo.*

El concepto de “artefacto” refiere a objetos en el suelo reconocibles o extraídos de la tierra por el hombre; una especie de forro geotécnico o que estén sellados por una roca dura técnica no natural, creada por los seres humanos, que tienen propiedades a

²⁸ World Reference Base for Soil resources: sistema de clasificación actualizado de la FAO-UN aprobado por la International Union of Soil Sciences en 2015 y desarrollado mediante una colaboración internacional. Los criterios diagnósticos aplicados en el sistema de clasificación WRB coinciden en general con los de los sistemas pre-existentes, para que la correlación con los sistemas nacionales y previos internacionales sea lo más sencilla posible.

diferencia de roca natural. Por ejemplo: ladrillos, alfarería, vidrio, piedra triturada, adobe, desechos industriales, basura, productos de petróleo procesados, desechos de minería y petróleo crudo. Incluye suelos de residuos (vertederos, lodos, cenizas, despojos de minas y cenizas); pavimentos con sus materiales no consolidados subyacentes; suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre.

2.1.2. Sellado del suelo

La causa de la presencia de tecnosoles o urbisuelos, se ha dado en llamar “sellado de suelos”. En su informe “Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado de suelos”, la Comisión Europea de Medio Ambiente (2012) define dicho sellado como “la cubierta permanente de una superficie de terreno y su suelo con material impermeable artificial (por ejemplo hormigón y asfalto), en particular mediante la construcción de edificios y carreteras”.

El informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2010), considera que el sellado es el principal proceso de degradación del suelo. Sus consecuencias inciden principalmente en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos básicos tales como la producción de alimentos, absorción del agua, y el filtrado y la capacidad de almacenamiento del suelo.

Es debido a lo anterior, que en las ciudades están degradadas las condiciones del suelo que permiten el arraigamiento de ejemplares arbóreos.

Según el citado informe de la Comisión Europea de Medio Ambiente, (2012), los principales impactos del sellado del suelo son²⁹.

- **Presión sobre los recursos hídricos** provocado por cambios en el estado medioambiental de las cuencas fluviales. Pueden afectar a los ecosistemas y los servicios relacionados con el agua que éstos prestan.

- **Afectación a la biodiversidad** que vive bajo y sobre la superficie³⁰. La biodiversidad edáfica garantiza el reciclado de materia orgánica muerta y de las sustancias y elementos que la componen. Cuando el suelo se sella se rompe el enlace entre su capacidad “digestiva” y los residuos que genera de forma constante la actividad biológica que tiene lugar sobre la superficie, gracias a la fotosíntesis.

²⁹ Op. cit, pág. 16

³⁰ Según estimaciones científicas, al menos una cuarta parte de las especies del planeta vive en el suelo.

- **Efectos sobre la seguridad alimentaria** debido a la influencia negativa del sellado sobre los suelos más fértiles, ya que los asentamientos generalmente se localizan en las tierras más ricas.
- **Pérdida irreversible del carbono orgánico existente en la capa superior del suelo** que en general contiene prácticamente la mitad del carbono de los suelos minerales.
- **Isla de Calor Urbana** generada por la modificación del balance de radiación solar, del flujo natural y turbulencia del aire, del balance del vapor de agua, del aumento de la emisión de calor y de las interacciones entre estos mecanismos. Todo ello al ser reemplazado el suelo natural por hormigón, pavimento y otros materiales constructivos impermeables, como también la influencia del calor antropogénico³¹.
- **Disminución de la calidad del aire** al aumentar la cantidad de contaminantes a nivel local. Esto se produce al reducirse la vegetación y particularmente la forestación, la cual cumple una importante función en la captura de partículas en suspensión y absorción de gases contaminantes.
- **Ruptura del vínculo entre los ciclos químico y biológico de los organismos terrestres** que en el suelo son cerrados, impidiendo que la biodiversidad edáfica recicle la materia orgánica muerta y las sustancias y elementos que la componen.
- **Reducción de la calidad de vida en las ciudades** al disminuir la calidad y cantidad de los espacios verdes urbanos y del arbolado de alineación, los cuales contribuyen a la regulación del agua y la temperatura, y tienen efecto positivo sobre la humedad del ambiente.

2.2. RIEGO URBANO EN CIUDADES DE ZONAS ÁRIDAS

En ciudades de zonas áridas, debido a la escasez de precipitación pluvial y a los bajos tenores de humedad relativa, la presencia de espacios verdes y arbolado público solo es posible a partir del aprovechamiento del recurso hídrico, el cual, por las condiciones climáticas, es escaso.

En el caso del centro-oeste argentino, las ciudades de San Juan y Mendoza se caracterizan por el aprovechamiento urbano del agua de sus ríos a través de un complejo sistema

³¹ Este ítem se desarrolla particularmente en el Capítulo I, ítem 2.5 del presente trabajo.

de canales y acequias, que se remonta a la infraestructura hídrica de origen huarpe³², influenciada posteriormente por los incas.

En las Figuras 2 y 3, se presentan gráficos del caudal medio mensual de los ríos San Juan y Mendoza, con una estadística de cuarenta años (1975-2015), elaborados con la Base de Datos Hidrológica Integrada (BDHI - Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2016).

Estos ríos irrigan los espacios verdes y el arbolado de alineación de calles en ambas ciudades, además de proveer de agua para consumo humano, aprovechamiento agrícola-ganadero y actividades industriales.

En el período comprendido entre los años 1975 y 2015, el Río San Juan tuvo un caudal promedio de 53,76m³/seg. El caudal promedio del Río Mendoza entre los mismos años, fue de 49,49m³/seg.

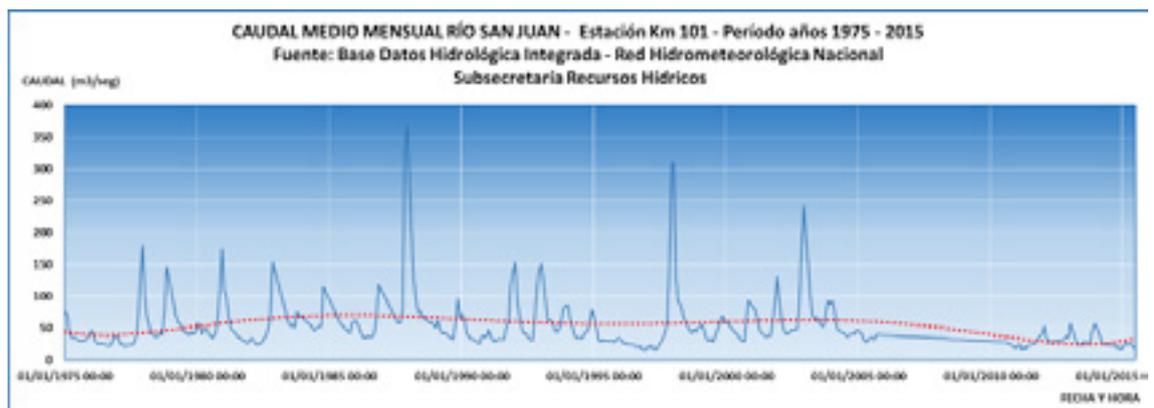


Figura 1: Caudal medio mensual período 1975-2015 del Río San Juan.
Fuente: elaboración propia sobre estadística de BDHI (2016).

De los gráficos anteriores se desprende la escasez del recurso agua que abastece estas ciudades y sus zonas productivas: el Área Metropolitana San Juan con una ocupación espacial de 127Km² (Papparelli *et al.*, 2015) y 458.230 habitantes (Álvarez *et al.*, 2013) y el Área Metropolitana de Mendoza con 168km² y 1.086.066 habitantes.

³² Los huarpes eran pueblos originarios que ocuparon a mediados del siglo XVI los valles del piedemonte precordillerano comprendidos entre los 31° y 34° de latitud sur, y 68° y 69° de longitud oeste. De norte a sur estos valles recibían los nombres aborígenes de Tũama o Caria, Güentota o Cuyo y Uco/Jaurúa. Dichos valles están determinados por los ríos actualmente denominados San Juan, Mendoza y Tunuyán respectivamente.

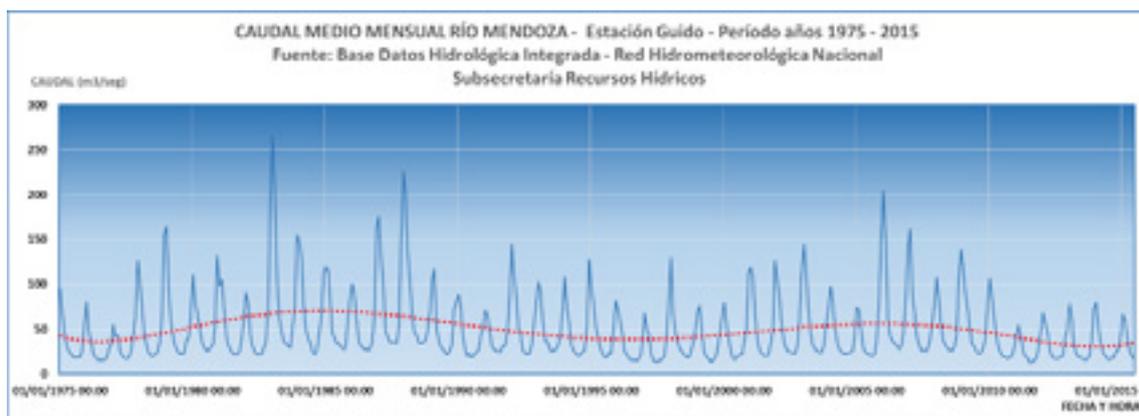


Figura 2: Caudal medio mensual período 1975-2015 del Río Mendoza.
Fuente: elaboración propia sobre estadística de BDHI (2016).

Es por esto que el aprovechamiento del agua debe ser racional y sostenible, dando prioridad al consumo humano. Ello tiene consecuencias importantes en la creación y mantenimiento del verde urbano, ya que implica un sistema integral no solo de infraestructura y tecnologías, sino también de gestión y administración del recurso.

2.3. ARBOLADO URBANO EN CIUDADES DE ZONAS ÁRIDAS

Plantados en condiciones ajenas a su hábitat natural, los árboles urbanos se ven sometidos a presiones antrópicas. Entre ellas:

- Existencia de Urbisuelo, por sellado de la capa superior del suelo por la edificación, infraestructuras, pavimentos, etc.
- Limitación de la actividad orgánica del sustrato, lo que disminuye los nutrientes.
- Limitación del volumen necesario para el desarrollo de las raíces, por presencia de “artefactos” en el subsuelo.
- Poca superficie disponible para las “tazas” de los árboles, que permita el intercambio ecológico biogeofísico entre el suelo y la atmósfera.
- Poco espacio para el desarrollo de las copas arbóreas, por presencia de infraestructura de servicios aérea y por la edificación.
- Presencia de la Isla de Calor Urbana, que provoca:
 - Aumento de la temperatura del aire y disminución de la humedad relativa ambiente³³.
 - Aumento de la contaminación atmosférica: el incremento en cantidad y horas diarias de uso de sistemas de refrigeración del aire, genera aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, de contaminantes como dióxidos de sulfuros, monóxido de carbono, los NOx (óxidos de nitrógeno) y de la partículas vo-

³³ Desarrollado en el Capítulo I; ítem 1.5 de la presente Tesis.

látiles producidas por las plantas térmicas de generación eléctrica (Tumini, 2010).

- Podas ineficientes, inadecuadas o innecesarias, que deforman la copa arbórea y propician enfermedades.
- Ataque de plagas y enfermedades por contaminación atmosférica.
- Disminución de la producción de oxígeno del arbolado, a causa de riego deficiente, plagas, enfermedades, poda inadecuada (MAE, 2004).
- Contaminación del sustrato, por presencia de residuos sólidos y líquidos.
- Modificaciones en el crecimiento arbóreo y disminución de la superficie de las hojas de los árboles, por contaminación atmosférica (Bernatsky, 1978; Matteucci y Colma, 1982; Dineva, 2004, 2006; Lana, 2005; citados por Martínez *et al.*, 2014).

A lo anterior, en ecosistemas áridos mesotermiales y cálidos, hay que adicionar:

- Altas temperaturas del aire, durante una importante cantidad de días al año.
- Bajos tenores de humedad relativa anuales.
- Escasez de precipitaciones pluviales.
- Presencia de aero-alérgenos por la sequedad del aire, lo que constituye un factor de riesgo para la población por aparición de rinitis alérgica y asma.
- Riego escaso por restricciones del recurso destinado prioritariamente al consumo humano y actividades productivas e industriales.
- Estrés hídrico, particularmente entre la primavera y el verano (Martínez *et al.*, 2014).
- Incremento de la Isla de Calor Urbana y sus efectos ambientales

3. ESPECIES ARBÓREAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN

3.1 ARBOLADO DE ALINEACIÓN

Un relevamiento sobre las características del arbolado de alineación del Área Metropolitana de San Juan, en base a un muestreo en 48 Nodos Urbanos³⁴, arrojó los siguientes valores (Kurbán *et al.*, 2004):

Cantidad de ejemplares por especie y distribución porcentual: Mora 46,0%; Plátano 31,9%; Paraíso Común 7,4%; Tipa 4,2%; Paraíso Sombrilla 4,1%; Aguaribay 1,2%; Olmo

³⁴Los Nodos Muestra se distribuyeron con un método geométrico urbanísticamente aleatorio, en toda el área urbana a lo largo de 16 orientaciones cardinales (rumbos y medios-rumbos), con origen en el centro de la Plaza principal de la ciudad: Plaza 25 de Mayo. En total se relevaron 179 Canales Viales Urbanos, entendidos éstos como el espacio público aéreo de calles y veredas limitado por las edificaciones adyacentes.

Bola y Común 0,9%; Álamo 0,9%; Eucalipto 0,7%; Álamo Carolino 0,7%; Timbó 0,7%; Olivo 0,4%; Sauce Ilorón 0,3%; Jacarandá 0,3%, Fresno Común 0,2% y 0,1 especies varias (Liquidámbar, Acacia Visco, Tilo). El 86% de los árboles tiene un diámetro de copa entre 4,5m y 8,5m. El 46% del arbolado posee un estado de conservación entre regular y malo.

En los primeros meses del año 2016, la Municipalidad de la Ciudad de San Juan³⁵, realizó un censo del arbolado de la ciudad Capital. Sobre un universo de 5.765 árboles, el 45,72% son Plátanos; el 39,27% Moreras; el 5,48% Tipas; y el 2,65% Fresnos. El resto, (4,5%), lo conforman especies varias.

3.2. ARBOLADO DE ESPACIOS VERDES

El relevamiento de los 19 EVU bioclimáticamente eficientes estudiados en los Capítulos I, II y III, de la presente Tesis, y presentado en el ANEXO I, arroja la siguiente composición de su arbolado (Tabla 1):

ESPECIES DOMINANTES EN LOS EVU	%	ESPECIES VARIAS EN LOS EVU	%
Morera	25	Brachichitón	19
Plátano	24	Ceibo	
Tipa	9	Ciprés	
Eucaliptus	6	Lapacho	
Coníferas	5	Liquidámbar	
Aguaribay	3	Fresno Común	
Álamo	2	Palo Borracho	
Siempre Verde	2	Paraíso	
Casuarinas	2	Pino	
Jacarandá	2	Roble	
Palmera	1	Tilo	

Tabla 1: Composición arbórea de los EVU bioclimáticamente eficientes del Área Metropolitana de San Juan. Fuente: elaboración propia en base a relevamientos de Kurbán et al. (2007b).

3.3. ÁRBOLADO CADUCIFOLIO PLANTADO EN EL AMSJ

Para permitir que la arboleda urbana cumpla funciones de acondicionamiento bioclimático pasivo en ciudades localizadas en zonas de clima árido mesotermal y cálido es necesario que durante el verano las copas arbóreas sombreen la mayor cantidad de superficie (calles, veredas, césped, tierra, edificios).

³⁵ Publicado en Diario de Cuyo, Prov. de San Juan, el 2 de marzo de 2016. Pág. 8

Por su parte, en los meses fríos la arboleda debe procurar el más efectivo asoleamiento de dichas superficies. En consecuencia, las especies más adecuadas bioclimáticamente para ser plantadas tanto en el arbolado de alineación como en los espacios verdes urbanos de estas zonas áridas, son las de hojas caducas. En la ciudad de San Juan, de las especies plantadas a lo largo de las calles y en los espacios verdes urbanos, los árboles caducifolios son (Tabla 2):

Nº	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>
5	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>
6	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>
7	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>
8	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>
9	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>
10	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>
11	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>
12	ROBLE	<i>Quercus robur</i>
13	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>

Tabla 2: Principales especies arbóreas caducifolias implantadas en el AM San Juan. Fuente: elaboración propia en base a relevamientos de Kurbán et al., 2005 y 2007a).

En el ANEXO II del presente Capítulo IV, constan Fichas Técnicas de las 13 especies de árboles caducifolios citadas. Las mismas están descriptas en base a Chanes (1979) y Demaio *et al.* (2000). Algunos aspectos fueron complementados con Fox *et al.*, (2005); Costello (1994); Dalmaso *et al.*, (2014); Alcalá, *et al.*, (2008); IBODA (2015) y Barcelona Pel Medi Ambient (<http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient>).

3.3.1. Arbolado urbano y Viento

En la ciudad de San Juan, el viento prevalente es el proveniente del sector sur (cuadrantes sureste y sur), con una frecuencia del 54,3% de la cantidad de horas al año en las que sopla el viento. La velocidad promedio de ese sector cardinal es 10,7km/h (INEAA, 2006³⁶; Kurbán *et al.*, 2007b).

No obstante, los vientos Zonda, con baja frecuencia anual (4,6%), pero con rachas de velocidad elevadas, producen centros ciclónicos que ocasionan vientos proveniente del sector sur de alta velocidad puntual, que pueden superar los 60km/h³⁷.

³⁶ Estadística elaborada en función de mediciones propias realizadas en la Banda Eminentemente Urbana de la ciudad de San Juan.

³⁷ Estadística 1996-2005. Registros urbanos de estaciones Meteorológicas propiedad del INEAA; FAUD-UNSJ.

Aunque dichos vientos no constituyan un hecho cotidiano, el arbolado urbano debe poseer condiciones de tronco y ramas resistentes para evitar caídas por sus consecuencias negativas: daños físicos a la población; interrupción de los servicios de infraestructura aérea (electricidad, televisión por cable, teléfono); y daños en cartelería.

En general, los árboles de crecimiento rápido, poseen una madera poco densa, frágil y leñosa, expuesta a desgajarse. Por ello tendrán mayor flexibilidad en presencia de los vientos, aquellos con tasa de crecimiento mixto (lento al comienzo de su crecimiento y luego rápido) o lento. Conforme sus características botánicas, el tipo de crecimiento de los árboles caducifolios plantados en el AMSJ, son (Tabla 3):

Nº	ESPECIE	TASA DE CRECIMIENTO
1	ACACIA VISCO	Rápido
2	ALAMO CAROLINO	Rápido
3	ALAMO PLATEADO	Rápido
4	FRESNO COMÚN	Medio – Rápido
5	JACARANDÁ	Medio – Rápido
6	LAPACHO	Lento - Medio
7	LIQUIDAMBAR	Medio – Lento
8	MORERA	Rápido
9	OLMO BOLA	Lento
10	OLMO COMUN	Lento
11	PARAISO COMUN	Rápido
12	PARAISO SOMBRILLA	Rápido
13	PLATANO	Medio – Rápido
14	ROBLE	Lento
15	TILO	Medio – Rápido

Tabla 3: Tipo de crecimiento de las principales especies arbóreas caducifolias implantadas en el AM San Juan. Fuente: Chanes et al. (1979).
Nota: Se incorporan el jacarandá y el lapacho

4. ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA EN AMBIENTES ÁRIDOS URBANOS

4.1. ARBOLADO DE ALINEACIÓN

4.1.1. Dimensionamiento del perfil de calles

En la provincia de San Juan, la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, que depende del Ministerio de Planificación e Infraestructura, define la dimensión del ancho del perfil de calles, en función del Código de Zonificación respecto a las zonas Residenciales (2005). Categorizadas las mismas según los usos del suelo permitidos, a cada zona residencial o agrupamiento de zonas, le corresponde un ancho de calles.

A las zonas R1 y R2 caracterizadas por uso residencial de vivienda unifamiliar con alta densidad y alta-media densidad; con edificación en altura y uso comercial de carácter complementario, les corresponde un perfil de 15,0m, conformado por: aceras de 3m c/u y calzada de 9,0m.

La zona R3, predominantemente residencial de media densidad tiene normado un perfil también de 15m, pero conformado por: aceras 3m c/u, banquetas de 1,3m c/u y calzada de 6,4m.

A la zona R4, predominantemente residencial unifamiliar de media-baja densidad, le corresponde un perfil de 18m, conformado por: aceras de 4,5m c/u, banquetas de 1,0m c/u y calzada de 7,0m.

Por lo anterior y al considerar que existen también perfiles de calles de 17m y de avenidas de 30m, las especies arbóreas bioclimáticamente adaptadas para arbolado de alineación, se diferenciarán según puedan ser implantadas en calles cuyo perfil sea igual o menor a 15m y calles con más de 15m de perfil.

4.1.2. Condiciones ambientales del arbolado requeridas para su plantación a lo largo de las calles

Debido a las condiciones propias de los ambientes áridos y a las restricciones que impone el medio urbano al crecimiento y desarrollo de los árboles³⁸, el arbolado de alineación en una ciudad de zona árida debería reunir características, tales como:

- a) *Índice Bioclimático Arbóreo (IBA) Alto o Medio*³⁹: para colaborar en la mitigación de la Isla de Calor Urbana.
- b) *Bajo consumo de agua*⁴⁰: para mayor adecuación a temporalidad y caudal de riego urbano.
- c) *Magnitud arbórea que garantiza, en el estado adulto del ejemplar arbóreo, un adecuado sombreado estival de calles y veredas*⁴¹. En calles con perfiles de alrededor de 20m, será adecuada la magnitud 1^º; en perfiles de calle menores, según su dimensión pueden ser apropiadas las especies de 2^º o 3^º magnitud.

³⁸ Estos aspectos fueron desarrollados en el Capítulo I, ítems 2.2 y 2.3; y Capítulo IV, ítem 2.1, de la presente Tesis.

³⁹ Los valores del índice IBA consta en el Capítulo I, ítem 3.3, de la presente Tesis.

⁴⁰ De acuerdo con "WUCOLS - Water Use Classification of Landscape Species". Costello (1994).

⁴¹ Estas magnitudes se corresponden con el "Compendio Técnico sobre Manejo de Arbolado Urbano". Consejo Provincial de Arbolado Público, organismo del cual forma parte la autora. Este Consejo fue creado en el seno de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno de San Juan. Año 2010. Documento inédito.

- d) *Ancho de copa*: que permita la intersección del follaje entre ejemplares contiguos, para aumentar la superficie de cubrimiento en su proyección sobre calles y veredas en verano.
- e) *Forma de la copa, que permita*:
- El cruce de la instalación eléctrica u otras infraestructuras de servicio aéreas, para evitar la mutilación de ejemplares y con ello la alteración de la forma de su copa y su desarrollo natural.
 - Poda de formación sin desvirtuar su fenotipo. Dicha poda debe lograr una altura de la primera rama viva de la copa que permita visuales al peatón. Por razones de seguridad, debe haber una muy buena visibilidad desde la vereda a la calzada y de ésta a la vereda. De esa manera, se tendrá una clara visual del peatón tanto cuando transita por las veredas, como cuando sale de éstas y se apresta a cruzar la calzada.
- f) *Tasa de crecimiento rápido o medio*: que permita contar con ejemplares arbóreos sombreando calles y veredas en períodos relativamente cortos.
- g) *Resistencia a los vientos*⁴²: para evitar daños personales y a la infraestructura urbana.
- h) *Tipo de Suelo*⁴³: que permita un buen enraizamiento.
- i) *Resistencia a la contaminación ambiental urbana*^{44 45}: los árboles mitigan el efecto perjudicial de la contaminación atmosférica mediante la interceptación y absorción de los contaminantes atmosféricos. Pero también, muestran una gran sensibilidad a la mayor parte de dichos contaminantes (Ferriol *et al.*, 2014). Entre otros efectos, la contaminación provoca disfunciones en el crecimiento, plagas, enfermedades, etc.
- j) *Bajo nivel de pólenes alergénicos*⁴⁶: para evitar incidencia de la forestación en la producción de alergias, es decir de enfermedades inflamatorias crónicas del sistema inmune.

⁴² Fuente: Programa de Restauración del Bosque Urbano Afectado por Huracanes, The School of Forest Resources and Conservation, Environmental Horticulture Department, Institute of Agricultural Sciences (Florida University) y Florida Cooperative Extension Service. (Duryea M., Kampf, E., 2014).

⁴³ Para la codificación del suelo, se tuvo en cuenta que el Área Metropolitana de San Juan es en su mayoría del tipo Complejo El Salado. Por tanto, los árboles se plantan en suelo de textura media, es decir franco limoso; de profundidad variable. El subsuelo es esquelético arenoso con gravas o rodados. Con riego tiene buen comportamiento.

⁴⁴ Fuente: Alcalá, *et al.*, (2008)

⁴⁵ Fuente: Barcelona Pel Medi Ambient. <http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient> y Dalmasso, *et al.*, 2014.

⁴⁶ Fuente: Ponencia de la Dra. Cuello Pérez, Mabel, en el XI Congreso Chileno de Inmunología y XXX Congreso Chileno de Microbiología 4-6 Diciembre 2008 Concepción - Chile.

k) *Afectación al pavimento*⁴⁷: como uno de los componentes del urbisuelo, afectación de las raíces del árbol al pavimento de calles, veredas y peatonales.

4.1.3. Matriz de Adaptabilidad Bioclimática de especies caducifolias para arbolado de alineación

Cada una de las características citadas en el ítem anterior se incorpora a una matriz cuyo procesamiento permite identificar las especies arbóreas caducifolias apropiadas para su plantación a lo largo de las calles en zonas urbanas áridas. A tal fin, dichas características se valoran codificándolas según el siguiente detalle:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| a) Eficiencia Bioclimática Arbórea: | f) Tasa de crecimiento: |
| - Baja = 0 | - Rápido = 0 |
| - Media = 50 | - Medio = 50 |
| - Alta = 100 | - Lento = 100 |
| b) Requerimiento de agua: | g) Resistencia a los vientos: |
| - Alto = 0 | - Baja = 0 |
| - Moderado = 50 | - Media = 50 |
| - Bajo = 100 | - Alta = 100 |
| c) Magnitud Arbórea: | h) Tipo de Suelo: |
| - 1º = 100 | - Cualquier tipo/Rústico = 100 |
| - 2º = 50 | - Mediana compacidad/
De arenosos a pesados = 50 |
| - 3º = 0 | - Ligeros, húmedos y profundos/
bien drenados = 0 |
| d) Diámetro de Copa: | i) Resistencia a la contaminación: |
| - 2m ÷ 3m = 0 | - Alta = 100 |
| - 3m ÷ 5m = 50 | - Media = 50 |
| - > 5m = 100 | - Baja = 0 |
| e) Forma de Copa: | j) Nivel de pólenes alérgenos: |
| - Conoide invertido irregular = 100 | - Alto = 0 |
| - Ovoide = 50 | - Medio = 50 |
| - Ovoide irregular = 100 | - Bajo = 100 |
| - Conoide = 0 | k) Afectación al pavimento: |
| - Semiovoide = 100 | - Baja = 100 |
| - Esferoide = 50 | - Moderada = 50 |
| - Parasol = 50 | - Alta = 0 |
| - Pendular llorona = 0 | |
| - Piramidal - Ovoide = 50 | |

⁴⁷ Fuente: Ferriol *et al.*, 2014

El resumen de características del arbolado de alineación caducifolio para zonas urbanas áridas se presenta en la Tabla 4.

Nº	Nombre Común	Especie	EBA	Requirim. de Agua	Magnitud	Diámetro de Copa	Forma de la Copa	Tasa de Crecimiento	Resist. a Vientos	Tipo de Suelo	Resistencia a la Contam.	Nivel de alérgenos	Afectación al pavimento
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	Bajo	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Conoide invertido	Rápido	Alta	Rústico	Moderada	Bajo	Alta
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	Medio	Alto	1º	3m ÷ 5m	Ovoide	Rápido	Alta	De arenosos a pesados	Alta	Bajo	Alta
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	Alto	Alto	1º	mayor a 5m	Ovoide irregular	Rápido	Alta	Rústico	Media	Bajo	Alta
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	Alto	Medio	1º	3m ÷ 5m	Ovoide irregular	Medio – Rápido	Alta	Cualquier tipo	Alta	Moderado	Moderada
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosaefolia</i>	Medio	Medio	2º	3m ÷ 5m	Ovoide irregular	Medio – Rápido	Baja	Cualquier tipo	Media	Bajo	Moderada
6	LAPACHO	<i>Handroanthus impetiginosa</i>	Medio	Medio	1º	3m ÷ 5m	Ovoide	Medio – Lento	Media	Bien drenados	s/d	Bajo	Moderada
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Alto	Medio	1º	3m ÷ 5m	Conoide	Medio – Lento	Alta	Mediana compacidad	Media	Bajo	Alta
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	Alto	Medio/Bajo	2º	3m ÷ 5m	Semiovoide	Rápido	Alta	Rústico	s/d	Alto	Alta
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	Bajo	Medio	3º	2m ÷ 3m	Esferoide	Lento	Baja	Rústico	Alta	Bajo	Moderada
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	Alto	Medio/Bajo	1º	3m ÷ 5m	Ovoide	Rápido	Alta	Rústico	Alta	Bajo	Alta
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>	Bajo	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Ovoide	Rápido	Baja	Rústico/Cualquier tipo	Alta	Bajo	Moderada
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	Medio	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Parasol	Rápido	Baja	Rústico	Alta	Bajo	Alta
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	Alto	Alto	1º	mayor a 5m	Ovoide	Medio – Rápido	Media	Rústico	Alta	Alto	Alta
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	Alto	Medio	1º	mayor a 5m	Ovoide	Lento	Alta	Rústico	Baja	Bajo	Moderada
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	Alto	Medio/	1º	3m ÷ 5m	Piramidal - Ovoide	Medio – Rápido	Alta	Rústico	Media	Bajo	Moderada

Tabla 4: Características del arbolado caducifolio de alineación para zonas urbanas de ambientes áridos. Nota: el IBA del lapacho y jacarandá se asimilan a las especies estudiadas (CAPÍTULO I, ítem 3.3) por asociación morfológica y densidad de sombra.

Las codificaciones respectivas a cada una de dichas características, según el criterio descrito en el ítem 4.1.2., conformaron una matriz cuya última columna promedia los valores respectivos de cada especie. Su resultado corresponde al Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea de la misma, para ser plantada a lo largo de las calles.

A fin de responder entre todos los condicionantes urbanos, a la dimensión espacial en la que se implantará cada ejemplar arbóreo, se elaboran dos matrices que codifican las características citadas: la que consta en la Tabla 5 para árboles a ubicar en calles con perfiles de 15m y menores; y la matriz de Tabla 6 codificada para calles más de 15m de ancho. Estos perfiles, que involucran ambas veredas, acequias (si las hubiere) y calzada, se adoptan por ser los normados por la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, en función de las características de la urbanización.

4.1.4. Grados de Adaptabilidad Bioclimática de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes urbanos áridos

Los índices de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea - ABA, se procesan estadísticamente con el Método de los Rangos, ya utilizado en los Capítulos II y III de la presente tesis. Se diferencian tres rangos de ABA: Alta - Media - Baja.

La Tabla 5 muestra el resultado de dicho índice respecto a las especies apropiadas para plantar en calles de perfiles iguales o menores a 15m. La Tabla 6, indica las más adaptadas para perfiles de calles mayores a 15m.

4.1.5. Categorización de especies arbóreas para arbolado de alineación

En la Tabla 7 (a, b) consta la categorización de especies arbóreas adaptadas bioclimáticamente al ambiente urbano árido diferenciadas en: adaptación Alta - Media y Baja. En (a) se muestran las de perfiles de calle de 15m o menores; y en (b) las mayores a 15m.

Nº	NOMBRE COMUN	ESPECIE	EBA	REQUERIM. DE AGUA	MAGN.	DIÁM. DE LA COPA	FORMA DE LA COPA	TASA DE CRECIM.	RESISTEN. A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	RESISTEN. A LA CONTAM.	NIVEL DE ALERG.	AFECCIÓN AL PAVIMENTO	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	100	50	50	0	100	100	50	100	0	64
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	0	50	50	0	100	50	100	100	0	45
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	0	0	0	0	100	100	50	100	0	50
4	FRESNO COMUN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	0	50	50	50	100	100	100	50	50	68
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	0	50	100	50	50	50	0	100	50	100	50	59
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	0	50	50	100	50	0	--	100	50	50
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	0	50	50	100	100	50	50	100	0	55
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	100	50	50	0	100	100	--	0	0	60
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifer</i>	0	50	50	100	100	100	0	100	100	100	50	64
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	0	50	50	100	0	100	100	100	0	59
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	100	50	50	0	0	100	100	100	50	50
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach</i>	50	0	100	50	50	0	0	100	100	100	0	50
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	0	0	0	50	50	100	100	0	0	50
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	0	0	0	100	100	100	0	100	50	59
16	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	0	50	50	50	100	100	50	100	50	64

Tabla 5: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes áridos. Perfil de calle: igual o menor a 15m.

Nº	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	EBA	REQUERIM. DE AGUA	MAGN.	DIÁM. DE LA COPA	FORMA DE LA COPA	TASA DE CRECIM.	RESISTEN. A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	RESISTEN. A LA CONTAM.	NIVEL DE ALERG.	AFECCIÓN AL PAVIMENTO	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	50	50	50	0	100	100	50	100	0	59
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	100	50	50	0	100	50	100	100	0	55
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	100	0	100	0	100	100	50	100	0	68
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	100	50	50	50	100	100	100	50	50	77
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	0	50	50	50	50	50	0	100	50	100	50	55
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	100	50	50	100	50	0	--	100	50	60
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	100	50	50	100	100	50	50	100	0	64
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	50	50	50	0	100	100	--	0	0	55
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifer</i>	0	50	0	100	0	100	0	100	100	100	50	50
10	OLMO COMÚN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	100	50	50	100	0	100	100	100	0	68
11	PARAISO COMÚN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	50	50	50	0	0	100	100	100	50	45
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach</i>	50	0	50	50	50	0	0	100	100	100	0	45
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	100	0	100	50	50	100	100	0	0	68
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	100	0	100	100	100	100	0	100	50	77
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	100	50	50	50	100	100	50	100	50	73

Tabla 6: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes áridos. Perfil de calle: mayor a 15m.

FORESTACION PERFIL DE CALLE MENOR O IGUAL A 15m				FORESTACIÓN PERFIL DE CALLE MAYOR A 15m			
Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA URBANA	Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA URBANA
1	FRESNO COMÚN	68	ALTA	1	FRESNO COMÚN	77	ALTA
2	ACACIA VISCO	64		2	ROBLE	77	
3	OLMO BOLA	64		3	TILO	73	
4	TILO	64		4	ALAMO PLATEADO	68	
5	MORERA	60	5	OLMO COMUN	68		
6	JACARANDÁ	59	MEDIA	6	PLATANO	68	
7	OLMO COMUN	59		7	LIQUIDAMBAR	64	
8	ROBLE	59		8	LAPACHO	60	
9	LIQUIDAMBAR	55		9	ACACIA VISCO	59	
10	ALAMO PLATEADO	50	BAJA	10	MORERA	55	
11	LAPACHO	50		11	ALAMO CAROLINO	55	
12	PARAISO COMUN	50		12	JACARANDÁ	55	
13	PARAISO SOMBRILLA	50		13	OLMO BOLA	50	
14	PLATANO	50		14	PARAISO COMUN	45	
15	ALAMO CAROLINO	45		15	PARAISO SOMBRILLA	45	

Tabla 7 (a, b): Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para perfiles de calles menores o iguales a 15m y mayores a 15m. Fuente: elaboración propia.

4.2. ESPACIOS VERDES URBANOS

4.2.1. Condiciones ambientales del arbolado requeridas para su plantación en espacios verdes urbanos

En los espacios verdes urbanos la incidencia de los condicionantes del contexto urbano es similar al del arbolado de alineación, a excepción de la forma de la copa y la afectación al pavimento. La primera debido a que no se considera la poda para el paso de la infraestructura de servicios. En el segundo caso del deterioro de los pavimentos con las raíces, como los EVU tienen peatonales de trocha reducida, no se considera como variable.

En la Tabla 8 constan las variables consideradas con sus respectivas características.

En la Tabla 9 se incorpora la codificación de cada variable, conforme el criterio descrito en el ítem 4.1.2. La última columna promedia los valores respectivos de cada especie y su resultado corresponde al Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea de la misma, para ser plantada en espacios verdes de ciudades de zonas áridas.

4.2.2. Categorización de especies arbóreas para EVU según su Adaptabilidad Bioclimática para ambientes áridos

En la Tabla 10 consta la categorización de especies arbóreas adaptadas bioclimáticamente a los espacios verdes del ambiente urbano árido diferenciadas en: adaptabilidad Alta - Media y Baja.

4.2.3. Especies apropiadas para espacios verdes urbanos

Nº	Nombre Común	Especie	EBA	Requerimiento de Agua	Magnitud	Diámetro de Copa	Tasa de Crecimiento	Resistencia a los Vientos	Tipo de Suelo	Nivel de alérgenos	Resistencia a la Contaminación
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	Bajo	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Rápido	Alta	Rústico	Bajo	Moderada
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	Medio	Alto	1º	3m ÷ 5m	Rápido	Alta	De arenosos a pesados	Bajo	Alta
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	Alto	Alto	1º	mayor a 5m	Rápido	Alta	Rústico	Bajo	Media
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	Alto	Medio	1º	3m ÷ 5m	Medio – Rápido	Alta	Cualquier tipo	Moderado	Alta
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	Bajo	Medio	2º	3m ÷ 5m	Medio – Rápido	Baja	Cualquier tipo	Bajo	Media
6	LAPACHO	<i>Handroanthus impetiginosa</i>	Medio	Medio	1º	3m ÷ 5m	Medio – Lento	Media	Bien drenados	Bajo	s/d
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Alto	Medio	1º	3m ÷ 5m	Medio – Lento	Alta	Mediana compactidad	Bajo	Media
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	Alto	Medio/Bajo	2º	3m ÷ 5m	Rápido	Alta	Rústico	Alto	s/d
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	Bajo	Medio	3º	2m ÷ 3m	Lento	Baja	Rústico	Bajo	Alta
10	OLMO COMÚN	<i>Ulmus procera</i>	Alto	Medio/Bajo	1º	3m ÷ 5m	Rápido	Alta	Rústico	Bajo	Alta
11	PARAISO COMÚN	<i>Melia azedarach</i>	Bajo	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Rápido	Baja	Rústico/Cualquier Tipo	Bajo	Alta
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	Medio	Bajo	2º	3m ÷ 5m	Rápido	Baja	Rústico	Bajo	Alta
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	Alto	Alto	1º	mayor a 5m	Medio – Rápido	Media	Rústico	Alto	Alta
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	Alto	Medio	1º	mayor a 5m	Lento	Alta	Rústico	Bajo	Baja
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	Alto	Medio/Alto	1º	3m ÷ 5m	Medio – Rápido	Alta	Rústico	Bajo	Media

Tabla 8: Características del arbolado caducifolio para zonas espacios verdes urbanos de ambientes áridos.

Nº	NOMBRE VULGAR	ESPECIE	EBA	REQUERIMIENTO DE AGUA	MAGNITUD	DIÁMETRO DE COPA	TASA DE CRECIMIENTO	RESISTENCIA A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	NIVEL DE ALÉRGICOS	RESISTENCIA A LA CONTAMINACIÓN	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	50	50	0	100	100	100	50	61
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	100	50	0	100	50	100	100	61
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	100	100	0	100	100	100	50	72
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	100	50	50	100	100	50	100	78
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosaefolia</i>	0	50	50	50	50	0	100	100	50	50
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	100	50	100	50	0	100	--	63
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	100	50	100	100	50	100	50	78
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	50	50	0	100	100	0	--	56
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	0	50	0	0	100	0	100	100	100	50
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	100	50	100	0	100	100	100	78
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	50	50	0	0	100	100	100	44
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	50	0	50	50	0	0	100	100	100	50
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	100	100	50	50	100	0	100	78
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	100	100	100	100	100	100	0	83
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	100	50	50	100	100	100	50	78

Tabla 9: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para espacios verdes en ambientes áridos.

FORESTACIÓN ESPACIOS VERDES URBANOS			
Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA URBANA
1	ROBLE	83	ALTA
2	FRESNO COMÚN	78	
3	LIQUIDAMBAR	78	
4	OLMO COMUN	78	
5	PLATANO	78	
6	TILO	78	
7	ALAMO PLATEADO	72	
8	LAPACHO	63	MEDIA
9	ACACIA VISCO	61	
10	ALAMO CAROLINO	61	
11	MORERA	56	BAJA
12	JACARANDÁ	50	
13	OLMO BOLA	50	
14	PARAISO SOMBRILLA	50	
15	PARAISO COMUN	44	

Tabla 10: Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para EVU de ambientes áridos.

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Las modificaciones que la ciudad imprime al arbolado urbano son analizadas a partir de las características edáficas por sellado del suelo y el tipo de riego, las climáticas, las urbanísticas, la contaminación aérea, las instalaciones de servicio, entre otras.

Descripto el arbolado del Área Metropolitana de San Juan, se estudia en forma diferenciada, aquel plantado en espacios verdes y los localizados a lo largo de las calles. Atendiendo a los elementos limitantes a la plantación de árboles en la ciudad, se ejecu-

tan matrices con las características que deberían reunir las especies para ser consideradas apropiadas para zonas urbanas de ambientes áridos.

Para ello se diferencian 11 aspectos en el arbolado de alineación (el más presionado por el entorno urbano) y 8 en el de los espacios verdes. El resultado de las matrices es el índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea urbana, el cual define la condición de “apropiada” de las especies en estudio.

Sintéticamente se exponen las conclusiones del estudio:

- Especies estudiadas con métodos solarimétricos y estrategias bioclimáticas estacionales de diseño, que poseen IBA (Índice Bioclimático Arbóreo).

Especies nativas:

- Acacia visco (*Acacia visco*)

Especies exóticas:

- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)
- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Morera (*Morus alba pendula*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)
- Plátano (*Platanus hispanica*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)

- Especies que poseen IBA, por asociación morfológica y densidad de sombra, a las estudiadas bioclimáticamente:

Especies nativas:

- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)

- Especies arbóreas para arbolado de alineación en calles de perfil igual o menor a 15m, según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos:

Alta:

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Acacia Visco (*Acacia visco*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)

Media:

- Morera (*Morus alba pendula*)
- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)

Baja:

- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)
- Plátano Plátano (*Platanus hispanica*)
- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)

- Especies arbóreas para arbolado de alineación en calles de perfil mayor a 15m, según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos

Alta:

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)
- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Plátano (*Platanus hispanica*)

Media:

- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Acacia Visco (*Acacia visco*)

Baja:

- Morera (*Morus alba pendula*)
- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)
- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)

- Especies arbóreas para espacios verdes según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos

Alta:

- Roble (*Quercus robur*)
- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Plátano (*Platanus acerifolia*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)
- Álamo Plateado (*Populus alba*)

Media:

- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Acacia Visco (*Acacia visco*)
- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)

Baja:

- Morera (*Morus alba pendula*)
- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, E. <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/>- CONICET
- Agencia Europea de Medio Ambiente (2010) El Medio Ambiente en Europa. Estado y Perspectivas 2010. Síntesis. SOER 2010. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. ISBN 978-92-9213-115-9. doi:10.2800/46396.
- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Quintana, G., Miranda S. y Rubio A. (2008) Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental urbana: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*. Versión On-line ISSN 1852-7329.
- Álvarez, A., Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2013) Tipologías Constructivas Residenciales y Consumo Energético. *AVERMA*. Vol. 16. 2012 ISSN 0329-5184; Págs. 05.43 a 05.50.
- Barcelona pel Medi ambient. Espacios Verdes Resistencia al viento. <http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient>
- Bernatsky, (1978) *Tree ecology and preservation*. Elsevier Science Publishing.
- Chanes, R. (1979) *Deodendron*. Árboles y Arbustos de Jardín en clima templado. 2ª Edición. Editorial Blume. Barcelona.
- Comisión Europea de Medio Ambiente (2012) Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo. ISBN 978-92-79-26211-1. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Costello, L. (1994) WUCOLS - Water Use Classification of Landscape Species. A Guide to the Water Needs of Landscape Plants. Revised University of California Cooperative Extension.
- Cuello Pérez, M. (2008) Aerobiología y Alergia Respiratoria. Ponencia XI Congreso Chileno de Inmunología y XXX Congreso Chileno de Microbiología 4-6 Diciembre 2008 Concepción - Chile
- Dalmasso, A. (2009) Silvicultura Urbana II. Árboles Apropriados para la provincia de Mendoza. Boletín de Extensión Científica N° 7. Instituto Argentino de las Zonas Áridas. Editor: Eduardo Martínez Carretero.
- Dalmasso, A., Márquez, J., Abarca A., Montecchiani, R. (2014) *Especies Apropriadas de arbolado para la provincia de San Juan*. ISBN 978-950-605-781-7. Editado por Universidad de San Juan.
- Demaio, P., Karlin, U., Medina, M. (2002) *Árboles nativos del centro de Argentina*. Editorial L.O.L.A. (Literature of Latin america) Bs. As.
- Dineva S (2004) Comparative studies of the leaf morphology and structure of white ash *Fraxinus Americana* L. and London plane tree *Platanus acerifolia* Will growing in polluted area. *Dendrobiology*, 52: 3-8
- Dineva, S. (2006) Development of the leaf blades of *Acer platanoides* in industrially contaminated environment. *Dendrobiology*, Vol.55; pág. 25 a 32.

- Duryea M., Kampf, E. (2014) Capítulo 9 Selección de Especies de árboles Tropicales y Subtropicales resistentes al viento. Publicación N°120. Programa de Restauración del Bosque Urbano Afectado por Huracanes, The School of Forest Resources and Conservation, Environmental Horticulture Department, Institute of Agricultural Sciences (Florida University) y Florida Cooperative Extension Service. <http://treesandhurricanes.ifas.ufl.edu>
- FAO - Portal de Suelos (2016) <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/clasificacion-de-suelos/base-referencial-mundial/es/>
- FAO - UN (1976) Mapa mundial de suelos. 1: 5.000.000 Volumen I: Leyenda. ISBN 92-3-301125-9. Italia.
- FAO (1988) "Revised legend of the Soil Map of the World". Italia.
- Ferriol M., Muñoz, S. Merle, H. Garmendia A. y López C. (2014) Papel de los árboles ornamentales como bioindicadores de la contaminación atmosférica urbana. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental, Valencia 13 Octubre 2014 "Las Buenas Prácticas en la Horticultura Ornamental" Actas de Horticultura n° 68 ISBN 9788461730299
- IBODA (2015) Flora del Conosur - Catálogo de las plantas vasculares. Instituto de Botánica Darwinion. CONICET- ANCFEN. ISSN 2250-6365.
- IBÁÑEZ, J.J. Y MARTÍNEZ, J. (2015) Tecnosoles, Tecnosuelos y Suelos Urbanos (WRB, 2006/2007) <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/>
- INEAA, (2006) Estadística 1996-2005. VIENTOS. FAUD-UNSJ
- INTA (1990) Atlas de Suelos de la República Argentina. "Clasificación de los Suelos de la República Argentina.
- IUSS Working Group WRBS (2015) World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. ISSN 0532-0488 FAO, Rome.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2004) Measurements of de Bioclimatic Effects of Groups of trees in an Argentinian Arid City. *Architectural Science Review* Vol. 47 N° 4, pp. 339-346. University of Sydney. ISSN 0003 - 8628.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. (2007a) Shading by Urban Forests in Arid Ecosystems. *Architectural Science Review*. Vol. 50 N° 2, pp. 122-29. University of Sydney. ISSN 0003 - 8628.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ríos, E. (2007b) Espacios Verdes y Temperatura Urbana en Ecosistemas Áridos. *AVERMA*. ISSN 0329-5184; Volumen11 Págs 11.09 a 11.15
- Lana, N. (2005) Utilización del Arbolado Urbano como Bioindicador de la Contaminación Ambiental. Tesis. Universidad de Congreso., Argentina. 157 pp.
- Liotta, M. (2007) Los Suelos de los Valles de Tulum y de Ullum-Zonda. INTA.

- MAE - Multimedios de Ambiente Ecológico (2004) El Árbol en la Regulación del CO₂ (Anhídrido Carbónico) Atmosférico, en Algunas funciones de los Árboles y los Bosques en el Ambiente Urbano. ISSN 1668-3358 http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2004/088_01.2004/088_Flora_MAE.php3.
- Márquez, J. (2004) Oasis y Secano en la provincia de San Juan. Instituto y Museo de Ciencias Naturales (FCEFyN -UNSJ. Inédito.
- Martínez, C., Cantón A. y Roig Juñent, F. (2014) Incidencia del déficit hídrico en el crecimiento de Árboles de uso urbano en ciudades de zonas áridas. Caso de Mendoza, Argentina. *Revista INTERCIENCIA*, VOL. 39 N° 12. 0378-1844/14/07/468-08.
- Panigatti, J. (2010) Argentina 200 años 200 suelos. ISBN N° 978-987-1623-85-3. Ediciones INTA. Bs. As.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. (2015) *Características de la Distribución Espacial en el Área Metropolitana de San Juan - Estadística Año 2010* ISBN 978-987-3607-84-4. Editorial NOBUKO.
- Regairaz, M. (1996) Inventario de Recursos de la Región Andina Argentina. Clasificación Taxonómica de Suelos San Juan. Abraham E. y Rodriguez Martinez, F. (Coordinadores). Junta de Andalucía y gobiernos y universidades de la región andina argentina.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (2016) Sistema Nacional de Información Hídrica - Base de Datos Hidrológica Integrada. www.hidricosargentina.gov.ar
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010) Compendio Técnico sobre Manejo de Arbolado Urbano. Consejo Provincial de Arbolado Público, Gobierno de San Juan.. Documento inédito
- Suvires, G. (2000) Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina - Caracterización general y estudios temáticos por provincia - Prov. de San Juan: Dra. Graciela Suvires. www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/cap11.htm.
- Tumini, I. (2010) Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. Ponencia del Congreso: "SB10mad. Sustainable Building Conference: Edificación sostenible. Revitalización y Rehabilitación de Barrios". Organizado por GBC (Green Building Council) España. Madrid.
- USDA - United States Department of Agriculture (1999) Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second Edition. Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture Agriculture Handbook. Natural Resources Conservation Service Number 436.

CAPÍTULO V

LINEAMIENTOS PARA UN MARCO NORMATIVO
DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO DEL VERDE
URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

CAPÍTULO V

LINEAMIENTOS PARA UN MARCO NORMATIVO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

2. NORMATIVA VIGENTE SOBRE ESPACIOS VERDES Y ARBOLADO PÚBLICO EN ARGENTINA

- 2.1. Leyes Nacionales
- 2.2. Leyes Provinciales

3. PLANIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

- 3.1. Planificación Urbana Bioclimática en ambientes áridos
- 3.2. Cobertura bioclimática arbórea urbana
- 3.3. Requisitos bioclimáticos de los espacios verdes
- 3.4. Requisitos bioclimáticos del arbolado de alineación

4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO V

LINEAMIENTOS PARA UN MARCO NORMATIVO DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

1. SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

El objetivo del presente capítulo es aportar a una normativa urbana bioclimática en una ciudad de oasis que, entre otros aspectos, contemple la contribución de la forestación en el sistema ambiental del árido.

Se examina la legislación nacional y provincial que involucra el arbolado urbano y se analizan sus características y modalidades de aplicación.

Se proponen estrategias de planificación bioclimática del verde urbano en ambientes áridos y se individualizan las decisiones que deberían adoptarse para mitigar los efectos negativos del clima urbano para la salud y confort higrotérmico de la población.

2. NORMATIVA VIGENTE SOBRE ESPACIOS VERDES Y ARBOLADO PÚBLICO EN ARGENTINA

2.1. LEYES NACIONALES

La primera normativa nacional en Argentina respecto a la forestación fue sancionada en el año 1948, Ley Nacional N°13.273 de “Promoción Forestal”. Dicha Ley declara de interés público la defensa, mejoramiento y ampliación de los bosques. Además somete a las restricciones y limitaciones establecidas en la ley, el ejercicio de los derechos sobre los bosques y tierras forestales de propiedad privada o pública, sus frutos y productos.

Esa normativa y el Decreto N°710/95 que aprobó su texto ordenado, fue el antecedente de la Ley N° 26.331 “Bosques Nativos”, que entró en vigencia en Enero de 2008, reglamentada por el Decreto N° 91/2009. Dicha norma significó un gran avance en la necesaria protección de este recurso natural, debido a que es la primera ley para la protección de los bosques nativos sancionada y promulgada en la República Argentina (Minaverry, 2011).

En relación con el arbolado público y los espacios verdes no hay una normativa nacional, sino que son las provincias argentinas, quienes adhiriendo a la citada ley, han normado al respecto.

2.2. LEYES PROVINCIALES

En la legislación de algunas provincias argentinas respecto al arbolado público existen semejanzas, particularmente en dos aspectos operativos: la incorporación de una figura tal como un Consejo del Arbolado (con algunos matices en cuanto a su designación) con atribuciones consultivas de la autoridad de aplicación y la elaboración de un plan de manejo del arbolado público. Las respectivas provincias, sus leyes y las designaciones de las mismas para ambas figuras son:

- Mendoza: Ley N°7874 “Preservación y control del Arbolado Público”, del año 2008. El artículo 31° Reconoce al Consejo Provincial de Defensa del Arbolado Público, creado en 1996 por Decreto 319/96.
- Buenos Aires: Ley N°12.276 “Régimen Legal del Arbolado Público”, del año 1999 y Decreto Reglamentario N°2.386/2003. La Ley, en su Artículo 9° descentraliza en los municipios la creación del Consejo del Arbolado Público, y en el Artículo 6° propone elaborar Planes Reguladores de Arbolado Público.
- San Juan: Ley N°7.838-946-L “Programa de Forestación de la Provincia de San Juan”, del año 2007. En su Artículo 6°, crea el Consejo Provincial del Arbolado Público y Forestación y en el Artículo 16° propone elaborar un Plan de Manejo del Arbolado Público.
- Chaco: Ley N°7.172 “Programa de Arbolado Público de la Provincia del Chaco”, del año 2013. El Artículo 10° crea el Consejo Provincial de Defensa del Arbolado Público.

En todos los casos, la figura del Consejo adquiere singular importancia pues en su constitución participan no solo los integrantes de los poderes del Estado involucrados en la temática, sino también representantes de instituciones de investigación, universidades, entidades profesionales, organizaciones no gubernamentales, fuerzas de seguridad. Asimismo, los Consejos tienen entre sus atribuciones colaborar técnicamente con la autoridad de aplicación en los planes de manejo, la formulación de normas complementarias, etc. En ese contexto, el trabajo en los Consejos resulta de inestimable valor para la transferencia de los resultados provenientes de ámbitos académicos y de investigación⁴⁸.

⁴⁸ La tesista integra el Consejo Provincial del Arbolado Público y Forestación de la Provincia de San Juan, en representación de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, de la UNSJ. En ese rol se desempeña desde el año 2008 en la Comisión “Composición Específica”, una de las cinco comisiones en las que se organiza el trabajo del Consejo. Como Coordinadora de la misma, en el período 2008-2010, sus aportes académicos se incorporaron al “Compendio Técnico sobre el Manejo del Arbolado Público”, insumo actual de trabajo del Consejo para la concreción del Plan de Manejo del Arbolado Público de la Provincia de San Juan.

Es por ello que los lineamientos resultantes de la presente tesis, serán puestos a consideración en ese ámbito gubernamental, para su valoración a fin de ser incluidos en normativas del verde bioclimático en ambientes urbanos áridos.

3. PLANIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS

3.1. PLANIFICACIÓN URBANA BIOCLIMÁTICA EN AMBIENTES ÁRIDOS

Indisolublemente unida a la planificación ambiental de las ciudades, la planificación urbana bioclimática hace uso de las ventajas del intercambio energético entre el sistema urbano y el clima del lugar.

El conocimiento de las interacciones entre las principales variables del clima urbano y las propiedades termofísicas de los materiales que conforman los componentes de la ciudad permiten su aprovechamiento para generar condiciones de bienestar higrotérmico a la población.

Esto implica la toma de decisiones respecto a:

- Trama urbana: geometría y orientación.
- Canales viales: dimensión de sus anchos y altura; retiros.
- Red vial: dimensión y tecnología de calzadas, veredas.
- Usos del Suelo: distribución.
- Morfología urbana: formas de distribución, densidad edilicia y volumétrica, color de las edificaciones.
- Edificación: uso de estrategias de diseño bioclimático.
- Verde urbano: cobertura higrotérmica, distribución espacial, morfología, especies arbóreas bioclimáticamente adaptadas.
- Control de emisiones antropogénicas.
- Estacionamientos vehiculares: geometría, orientación, tecnología y color de los materiales utilizados.

Los aspectos físicos de la planificación urbana bioclimática citados, deben ir acompañados por el accionar integrado de (Kurbán, 2012):

- Los Políticos, involucrados en la gestión normativa, responsables de la planificación respecto al uso del clima urbano para el acondicionamiento de los espacios abiertos y cerrados.
- La Comunidad, como demandante de mejoras en la calidad de vida desde el punto de vista de su confort higrotérmico, aprovechando más eficientemente recursos

- naturales renovables accesibles en ambientes áridos.
- Los Científicos, fuente del desarrollo científico-técnico.

3.2. COBERTURA BIOCLIMÁTICA ARBÓREA URBANA

3.2.1. Indicadores de Verde Urbano

Los indicadores usados en la planificación del verde urbano en las ciudades están generalmente relacionados con la cantidad de población de las ciudades y/o con la superficie de las mismas.

En el primer caso la relación surge del cociente entre la superficie de los espacios verdes en un área urbana considerada y la población que en ella habita (m^2/hab). En el segundo caso, la relación responde al cociente entre la superficie de espacios verdes en un área urbana considerada y la superficie total de la misma (%). Es entonces un indicador de densidad de EVU. Las características de cada Indicador y los valores adoptados en diferentes ciudades son:

● **Indicador superficie de EVU por habitante**

Según recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, las ciudades deben disponer, como mínimo de entre 10 y 15 m^2 de área verde por habitante, distribuidos equitativamente en relación con la densidad de población (CAD-MED, 2016; Rojas, 2007). Reyes y Figueroa (2010), sostienen que la cantidad estipulada es de 9 m^2/hab . Terraza (2012) coincide con ese valor, pero denomina como “mítica” la superficie recomendada por la OMS a principios de los 90’s, ya que considera que no ha sido posible encontrar el documento fuente; en algunos casos se habla de 10 m^2 y en otros 12 m^2/hab , siempre citando la misma institución como origen del dato.

PNUMA (2010) indica que la OMS recomienda entre 9 y 11 m^2 de área verde/habitante. No obstante reconoce que el criterio para adoptar una cifra determinada es complejo ya que la distribución de los espacios verdes generalmente no es producto de la aplicación de criterios ambientales, sino consecuencia del crecimiento desordenado de las ciudades.

Por su parte, según Herrera (1995), la Organización de las Naciones Unidas estima la proporción de área verde por habitante como óptima en 16 m^2/hab . No obstante Rendón Gutiérrez (2010), señala que la ONU considera que corresponderá contar con una super-

ficie no menor de 12m² de áreas verdes por habitante, para garantizar la calidad de vida de los habitantes en la ciudades.

Terraza (2012) cita estudios realizados en Europa que pueden ser referencia para ciudades de densidad poblacional comparables con las de América latina. Uno de ellos (Fuller y Gaston 2009), realizado sobre 386 ciudades, posee un rango de entre 4m²/hab en Cádiz (España) o Reggio Calabria (Italia), hasta 300m²/hab en Lieja (Bélgica). Este estudio concluye en que países del sur y del este de Europa, como España, Italia, Portugal, Grecia, Polonia, República Checa, Bulgaria, etc., están más cercanos a un promedio en torno a los 10-15m²/hab, mientras que los del norte, por ej. Escandinavia, Alemania, Holanda, Bélgica, etc., están por encima de los 50m²/hab. Cita otro estudio (Levent, Vreeker y Nijkamp, 2004), realizado en 25 ciudades, en el cual el rango es muy amplio, oscilando entre 2,6m²/hab en Estambul, 11,8m²/hab en Sarajevo y 144m²/hab en Edimburgo, con un promedio cercano a los 49m²/hab.

El mencionado estudio de Terraza para Latinoamérica, realizado con el equipo de la ICES (Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles) arrojó como resultado los valores de indicadores que se presentan en la Figura 1. En ella se observa que el 96% de las ciudades latinoamericanas estudiadas está comprendido entre 2 y 12m²/hab, constituyendo la excepción Curitiba, con 52m²/hab. La varianza de la muestra es de 109.



Figura 1: Indicador de superficie de espacios verdes por habitante en ciudades de América Latina. Fuente: elaboración propia sobre fuente de Terraza (2012).

● **Indicador Densidad EVU**

Otra forma de dimensionar los espacios verdes urbanos, es el Indicador de Densidad de EVU, el cual relaciona la superficie de zonas verdes y áreas de esparcimiento con la superficie total del área urbanizada. Este porcentaje, representa también un indicador de sustentabilidad urbana.

En el trabajo “Indicadores de Zonas Verdes y áreas de esparcimiento” (CAT-MED, 2009), realizado en 11 ciudades europeas por miembros de la Fundación CAT-MED, Platform for Sustainable Urban Models, los valores resultaron como lo muestra la Figura 2. En este caso, la varianza de la muestra es 22.



Figura 2: Indicadores de Zonas Verdes y áreas de esparcimiento en ciudades europeas. Fuente: elaboración propia sobre fuente de CAT-MED, 2009.

3.2.2. Provincia de San Juan: normativa

En la provincia de San Juan, en los primeros años de la década del '80, la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano realizó una propuesta sobre los espacios verdes en la ciudad, en base a lo estipulado por FONAVI (Fondo Nacional de la Vivienda). Este organismo adoptaba en esa materia los criterios del Decreto-Ley 8912/77 “Ley de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo” de la provincia de Buenos Aires, norma que en el Capítulo III artículo N°13 Delimitación y Dimensionado, estipulaba: “Los espacios verdes o libres públicos de un núcleo urbano serán dimensionados en base a la población

potencial tope establecida por el Plan de Ordenamiento para el mismo, adoptando un mínimo de diez metros cuadrados (10m^2) de área verde o libre por habitante. Dentro de esa superficie, deberán computarse las plazoletas, plazas y parques públicos, ya sean comunales o regionales. Los espacios verdes serán convenientemente distribuidos y ubicados en cada área o zona, a razón de tres y medio metros cuadrados por habitante ($3,50\text{ m}^2/\text{hab}$), para plazoletas, plazas o espacios libres vecinales; dos y medio metros cuadrados por habitante ($2,50\text{ m}^2/\text{hab.}$), para parques urbanos y cuatro metros cuadrados por habitante ($4\text{ m}^2/\text{hab.}$) para parques comarcales o regionales. A los efectos de computar los cuatro metros cuadrados (4 m^2) correspondientes a parques comerciales o regionales podrán incluirse los parques de dicha característica ubicados en un radio de sesenta kilómetros (60 Km)."

La citada propuesta de la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, que constituye un documento interno, redistribuyó los $10\text{m}^2/\text{hab}$ (atendiendo según la fuente⁴⁹, a lo estipulado por la OMS) debido a la condición de oasis de la ciudad y a la existencia de arbolado de alineación en la mayoría de sus calles. Dicha distribución fue: espacios verdes barriales $2,5\text{m}^2/\text{hab}$; arbolado de alineación $2,0\text{m}^2/\text{hab}$; parques urbanos $2,5\text{m}^2/\text{hab}$ y parques regionales $3,0\text{m}^2/\text{hab}$ (radio $50\text{km} = 130\text{ Ha}$).

Asimismo en el Código de Edificación de la Provincia de San Juan (Res. N°5580 - 1951), Folleto III: Prescripciones Edilicias Generales del Planeamiento en General Art. 4.1.2.3. a) Formación de nuevos centros urbanos, se norma destinar *"No menos del 4% de la superficie total para la formación de plazas y parques. Las plazas en general deberán tener una superficie similar a la manzana tipo del fraccionamiento, salvo indicación en contrario de la Autoridad Competente."*

Por tanto, la provincia de San Juan tiene los dos tipos de indicadores de espacios verdes que se detallaron más arriba: uno relacionado con la cantidad de población (que no posee carácter de norma) y el otro referente a la superficie del área urbana, reglamentado en el Código de Edificación. Es a partir de ellos que se desarrolla a continuación el estudio de los indicadores más adecuados desde el punto de vista bioclimático.

Estrictamente desde la planificación urbana, la inclusión de la arboleda viaria en la superficie de espacios verdes no correspondería, ya que como consta en el CAPÍTULO I, ítem 3.2 de la presente tesis, los "Espacios Verdes Urbanos (EVU), son aquellas zonas de uso públi-

⁴⁹ División Desarrollo Urbano del Departamento Planeamiento, de la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano - DPDU. Provincia de San Juan. 2001.

co, predominantemente ocupadas con árboles, arbustos, plantas y césped, usualmente utilizadas con propósitos de recreación, esparcimiento, urbanísticos, sociales, culturales, ecológicos, ornamentación, protección, recuperación y rehabilitación del entorno, o similares”.

En ese sentido, tampoco se convalidaría la inclusión del arbolado de alineación en la categoría espacios verdes, teniendo en cuenta otras definiciones tales como “toda aquella parcela, espacio y rincones de los distintos barrios de la ciudad que por pequeños que sean permiten el desarrollo de la vegetación arbórea o arbustiva en los mismos (plazas, plazoletas, boulevard, jardines y parques)”⁵⁰; o “espacios públicos predominantemente ocupados (o destinados a serlo), con árboles arbustos o plantas y que permitan el esparcimiento y la recreación de personas en ellos”⁵¹.

No obstante lo anterior, desde el punto de vista de la planificación bioclimática urbana, el arbolado de alineación sí debería incluirse en la superficie verde de las ciudades, pues su aporte es efectivo, particularmente cuando las copas de los ejemplares en hilera conforman un importante cubrimiento de veredas y calzadas. En ese caso, esta superficie se asimilará a la proyección arbórea horizontal a 90°, dado que se asume que su efecto higrotérmico se reduce a su propia impronta (Kurbán *et al.*, 2004).

Es decir, que habría dos caminos para definir un indicador del verde urbano: a) uno global, que considere los espacios verdes dotados de múltiples roles; y b) otro bioclimático, que contemple solo aquellos espacios que probablemente brindan cobertura bioclimática. En este último caso, sí se incorporaría el arbolado viario.

3.2.3. Indicadores del Verde Urbano en Área Metropolitana de San Juan

Para ambos indicadores, de superficie y de densidad, se cuantifican dos parámetros: uno que tiene en cuenta la totalidad de los roles de los espacios verdes en la ciudad y otro que contempla solo su función bioclimática.

3.2.3.1. Indicador Superficie EVU por habitante

- Indicador General

Parámetros intervinientes: Población 458.230 habitantes; Superficie total de verde urbano: 130,76Ha (111,15Ha espacios verdes barriales; 19,61Ha parques urbanos; no se

⁵⁰ Ley N°7874 “Preservación y control del Arbolado Público”, Mendoza. Año 2008.

⁵¹ Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile. Capítulo 6 Disponibilidad de Áreas Verdes.

considera el arbolado de alineación); no existe Parque Regional.

El Indicador Global resulta igual a 2,86m²/hab discriminado en:

- EVU Barrial = 2,43m²/hab
- Parque Urbano = 0,43m²/hab
- Parque Regional = 0m²/hab

- Indicador Bioclimático

Parámetros intervinientes: Población 458.230 habitantes; Superficie total de verde urbano: 522,79Ha⁵² (22,84Ha espacios verdes barriales; 19,61Ha parques urbanos y 480,34Ha de arbolado de alineación); no existe Parque Regional.

El Indicador Global resulta igual a 11,41m²/hab, discriminado en:

- EVU Barrial = 0,50m²/hab
- Parque Urbano = 0,43m²/hab
- Arbolado de alineación =10,48m²/hab
- Parque Regional = 0m²/hab

Apriorísticamente los valores precedentes demuestran:

- Indicador General: deficitario índice Global y Barrial; altamente deficitario en Parque urbano; e inexistente en Parque regional.
- Indicador Bioclimático: adecuado índice Global; muy deficitario Barrial; altamente deficitario en Parque urbano; adecuado Arbolado de alineación; e inexistente en parque regional.

Debido a que el Indicador relaciona población con EVU, se presenta la espacialización del mismo en función de la densidad poblacional y edilicia de la ciudad, de acuerdo con las Bandas Urbanas Características⁵³.

a) BUC Eminentemente Urbana

Parámetros intervinientes: Población 42.366 habitantes; Superficie total de verde urbano: 45,78Ha (11,3Ha de espacios verdes barriales; y 34,48Ha de impronta arbolado de alineación).

El Indicador resulta:

- Global BUC UR = 10,81m²/hab
- EVU Barrial = 2,67m²/hab

⁵² Extraído del CAPÍTULO I: Ítem 4.3.2.

⁵³ Bandas Urbanas Características: desarrolladas en el CAPÍTULO I Ítem 2.4. de la presente Tesis.

- Arbolado de alineación = 8,14m²/hab

b) BUC Urbana:

Parámetros intervinientes: Población 253.415 habitantes; Superficie total de verde urbano: 213,14Ha (7,85Ha de espacios verdes barriales; y 205,29 Ha de impronta arbolado de alineación).

El Indicador resulta:

- Global BUC EU = 8,41m²/hab
- EVU Barrial = 0,31m²/hab
- Arbolado de alineación = 8,10m²/hab

c) BUC Suburbana:

Parámetros intervinientes: Población 162.445 habitantes; Superficie total de verde urbano: 244,24Ha (3,68Ha de espacios verdes barriales; y 240,56 Ha de impronta arbolado de alineación).

El Indicador resulta:

- Global BUC SU = 14,83m²/hab
- EVU Barrial = 0,23m²/hab
- Arbolado de alineación = 14,60m²/hab

Los Índices por BUC mantienen en general la tendencia de la ciudad en su conjunto: adecuadas proporciones del Índice Global (excepto en la BUC Urbana); muy deficitario en EVU Barrial (excepto en la BUC Eminentemente Urbana); superavitarario en Arbolado de alineación; e inexistente en parque regional.

La Cobertura Bioclimática del AMSJ, entendida ésta como la superficie abarcada por los efectos térmicos y húmidos de los EVU, resulta 6,92% del espacio urbano en el caso de la térmica y 5,55% en la húmedica⁵⁴. Si se le adiciona el efecto térmico y húmedo del Arbolado de alineación, la Cobertura asciende a 10,7% y la húmedica a 9,3%.

Analizados estos porcentajes como superficie por habitante, los valores arrojan una cobertura térmica de 30m²/hab y una cobertura húmedica de 26m²/hab. Es decir que los 10m²/hab de la propuesta de la DPDU, son globalmente insuficientes, resultando 1/3 de la cobertura bioclimática existente, ya de por sí altamente deficitaria.

⁵⁴ Extraído del CAPÍTULO I, ítem 3.3.2

3.2.3.2. Indicador Densidad de EVU

- Indicador General

Parámetros intervinientes: Superficie urbana 12.656Ha; Normativa Código de Edificación 4% de la superficie; Superficie verde existente 130,76Ha; Total superficie verde según propuesta de la DPDU 506,24Ha.

- Indicador: 0,01%

- Indicador Bioclimático

Parámetros intervinientes: Superficie urbana 12.656Ha; Normativa Código de Edificación: 4% de la superficie; Superficie verde existente 522,79Ha; Total superficie verde según propuesta de la DPDU 506,24Ha.

- Indicador Bioclimático: 4,13%.

El Indicador General es muy bajo, más aún si se lo referencia con ciudades europeas con improntas urbanas más bien compactas (Figura 2). Esto indica que la ciudad de San Juan está muy lejos de contar con la mínima cantidad de espacios verdes necesarios para la sustentabilidad urbana.

El Indicador Bioclimático, se adecua a la propuesta de la DPDU.

3.2.3.3. Arbolado de alineación

De acuerdo con el Código de Edificación de la Provincia de San Juan, en los anteproyectos de fraccionamiento de cualquier índole, deberá proveerse por lo menos el 18% de la superficie total del fraccionamiento para la formación de avenidas y calles, debiendo incorporar a esta superficie las correspondientes a ochavas (Art. 4.1.2.1 a).

Por tanto, si se relaciona la cobertura arbórea viaria del AMSJ con la superficie vial reglamentaria, puede estimarse que esta área cubre 22.780.463m². Si la impronta arbórea es de 480,34Ha, el cubrimiento de calles (calzadas y veredas), es del 21%.

Por BUC, los porcentajes de cobertura arbórea en calles serían:

- BUC EU: superficie de calles 2.218.450m²; 34,48Ha de impronta arbolado de alineación; 15,5% cobertura arbórea.
- BUC UR: superficie de calles 10.288.661m²; 205,29m² de impronta arbolado de alineación; 19,9% cobertura arbórea.
- BUC SU superficie de calles 10.273.352m²; 240,56m² de impronta arbolado de alineación; 23,4% cobertura arbórea.

Kurbán *et al.* (2004), estimaron que la superficie horizontal de proyección arbórea viaria considerada como óptima en ciudades de clima árido caracterizadas por un Factor de Ocupación del Suelo de alrededor del 50% y una Densidad Volumétrica edilicia de alrededor de 33.000m³/Ha, está en el orden del 70 a 75%.

Para la BUC EU cuyo FOS mínimo es del 40% y la Densidad Volumétrica edilicia mínima de 15.000 m³/Ha, el valor mínimo sugerido podría reducirse en la misma proporción, el cual resulta de 45%.

3.2.4. Análisis y propuesta de Indicadores de Verde Urbano

Tanto desde la consideración de los espacios verdes en sus múltiples roles para la sociedad como desde el punto de vista bioclimático, la presencia del verde en el AMSJ está subdimensionado.

El Indicador General Global de superficie EVU por habitante (2,86m²/hab) resulta un 28% de la propuesta de la DPDU; el Barrial (2,43m²/hab), es adecuado; el Parque Urbano (0,43m²/hab), representa solo el 17% de lo requerido. Además, no hay un Parque Regional.

El Indicador Bioclimático Global de superficie EVU por habitante (11,41m²/hab) es adecuado pero cuando se lo desglosa, el Barrial (0,50m²/hab) presenta el 20% de la propuesta de la DPDU; el Parque Urbano (0,43m²/hab), el 17%; el Arbolado de Alineación (10,46m²/hab) es superavitario; y no existe Parque Regional.

Exceptuando los parques urbanos cuyo radio de acción es metropolitano (y como se dijo son deficitarios), el Indicador de superficie EVU por habitante espacializado por BUC demuestra en el caso de la BUC EU, que los valores son adecuados. No ocurre lo mismo en la BUC UR en la cual el Indicador Global es el 84% de lo requerido; el Barrial es el 12% de la propuesta de la DPDU y el de alineación es superavitario. De manera similar ocurre en la BUC SU, donde el Global es adecuado, el Barrial constituye solo el 9% de lo requerido; y el arbolado de alineación es superavitario.

En atención a los parámetros que cuantifican la rigurosidad del clima urbano árido en el AMSJ, tales como: distribución espacial de temperatura y humedad; altos valores de la Isla de Calor; elevados Índices de Confort calculados para cada EVU y sus entornos, tanto los indicadores calculados con los valores existentes, como los correspondientes a la propuesta de la DPDU están subdimensionados.

Esto surge porque si bien los valores globales son adecuados, si la cobertura térmica total del AMSJ (adicionando a los EVU el Arbolado de Alineación) es del 10,7% y la húmeda del 9,3%, los parámetros de la propuesta de la DPDU no son los apropiados a nuestra zona bioclimática. Esta situación es más evidente analizando los indicadores parciales, debido a los altos déficits barriales, de parque urbano y a la inexistencia de parque regional.

Según el Indicador Bioclimático Superficie por habitante, en todos los casos el arbolado de alineación está sobredimensionado. Pero si se lo relaciona con la impronta de sombra que realmente genera la arboleda viaria, es solo del 21% de las calles (Kurbán *et al.*, 2004). En relación con los 70 a 75% óptimos, su real eficiencia térmica está muy por debajo de la ideal. No obstante, para llegar a esta cifra, la proporción debería ser de 37m²/hab, lo cual, incorporado a espacios barriales y parques, llevaría el Indicador Global a valores muy por encima de los posibles a pretender en zonas áridas.

Por ello y como una situación que permita mejorar la cobertura bioclimática de la ciudad contemplando las restricciones lógicas al verde urbano propias de ambientes áridos, se propone adoptar un porcentaje de cubrimiento en función de la densificación urbana y del rango de FOS de cada BUC.

Este porcentaje se obtiene con el siguiente procedimiento: se proporciona el 70% de cubrimiento que corresponde a una Densidad Volumétrica edilicia de 35.000m³/Ha, a la densidad 15.000m³/Ha que caracteriza el mínimo valor del BUC EU. El mismo procedimiento se aplica al FOS: el 70% de cubrimiento corresponde al 40% de FOS. El primer valor resulta 30% y el segundo 56%. Se adopta un promedio de ambos, igual a 43%.

De ahí en más se calcula con el FOS mínimo de cada BUC y se obtienen los siguientes porcentajes de cobertura bioclimática vial por BUC:

- Indicador de Cobertura Bioclimática vial por BUC EU: 43%; BUC UR: 22%;
BUC SU: 3%

Para obtener un solo Indicador de Cobertura Bioclimática Vial, se adopta el valor ponderado en función de la proporción de cada BUC:

- Indicador de Cobertura Bioclimática Vial AMSJ: 16%

Como la superficie vial representa el 18% del área urbana total, el 16% de cubrimiento corresponde al 3% del área urbana. En relación con la población este indicador sería equivalente a 8m²/hab. Conservando la proporción sugerida por la DPDU, los valores por EVU Barriales y Parque Urbano serían 10m²/hab cada uno. Esto daría un Indicador de Superficie EVU Global de 28m²/hab.

Respecto al Indicador de Densidad de EVU global en la ciudad, el valor promedio de las ciudades europeas es de 7,7%. Si se adoptara para el AMSJ 8%, correspondería a un área verde de 10.124.650m². Este porcentaje equivaldría a 22m²/hab.

Debido a que la relación entre el resultado de ambos indicadores (28m²/hab y 8%), convertidos a superficie verde por habitante es similar, se proponen los siguientes parámetros, que representan valores equivalentes:

- Indicador de Densidad de EVU: 9% de área urbana.
- Indicador de Superficie de EVU por habitante: 25m²/hab

Con el criterio adoptado en la norma, pero excluyendo los Parques Regionales cuya superficie por sus roles múltiples debería exceder las 20Ha, superficie considerada límite de los efectos térmico y húmedo⁵⁵, la distribución propuesta es:

- Indicador Global: 25m²/hab
- Indicador EVU Barriales: 9m²/hab
- Indicador Parque Urbano: 9m²/hab
- Indicador Arbolado Alineación: 7m²/hab

3.3. REQUISITOS BIOCLIMÁTICOS DE LOS ESPACIOS VERDES

Como aporte a la Planificación del Verde Urbano Bioclimático se proponen requisitos que debieran reunir los EVU y el arbolado de alineación, respecto a confort térmico, morfología, distribución espacial y especies arbóreas bioclimáticamente adaptadas.

⁵⁵ Esto en función de la distribución espacial de los efectos térmico y húmedo (CAPÍTULO I Ítem 4.3.1).

3.3.1. Confort Térmico y características Morfo-bioclimáticas

Las conclusiones de los Capítulos II y III se compatibilizan para definir las características de confort y morfo-bioclimáticas que definan un lineamiento normativo. Por tanto se propone que para garantizar mínimamente el aporte bioclimático de los espacios verdes en la ciudad, estos deberían contemplar las siguientes características:

- Requerimientos Bioclimáticos para espacios verdes de entornos urbanos:
 - Superficie mínima: 8.000m²
 - Dimensiones mínimas: 50m de longitud de su lado menor
 - Impronta Arbórea Mínima: 14 %
 - Altura arbórea de los ejemplares adultos: mayor o igual a 12m
 - Densidad Volumétrica arbórea mínima: 14.000m³/Ha
 - Impronta Solados máxima 30%
 - Impronta Mínima de Prado: 33 %
 - Impronta prado + senderos no sombreados: 86%
 - Impronta fuentes de agua: 2%
 - Bloqueo solar mínimo en verano: 88%
 - Permeabilidad Arbórea máxima en Verano: 12%
 - Forma geométrica: regular, orgánica o compuesta
 - Polígono de cuatro lados de similares o iguales dimensiones de sus lados

3.3.2. Distribución espacial

Del Capítulo I ítem 3.3.1. surge que un EVU de aproximadamente 1Ha de superficie, tendrá un efecto higrotérmico de -1,3°C y 3,02% en un radio de 300m. Además que pasada una superficie de EVU de 20Ha una su efecto es nulo. Por ello se propone:

- Los EVU con una superficie de aproximadamente 1Ha, deberían distribuirse espacialmente cada 600m contados desde sus respectivos centros geométricos.
- A partir de un área de EVU de 20Ha, se hace necesario incorporar otro espacio verde que garantice la continuidad de la cobertura bioclimática.

En el Ítem 3.3.3 del mismo CAPÍTULO I, se expone que el efecto térmico de los EVU está fuertemente asociado a la Isla de Calor de la ciudad y por tanto que su alcance se man-

tiene constante o disminuye, del centro a la periferia. En consecuencia, que para compensar la intensidad promedio de dicha Isla de Calor, utilizando árboles con una altura media (aproximadamente 10m), la Impronta Arbórea necesaria en invierno y verano en el área suburbana se reduce a 1/3 de la correspondiente al centro de la ciudad. A su vez, que la Impronta Arbórea, tendría mayor influencia en el efecto térmico, que la Volumetría Arbórea. Es decir, la cantidad de ejemplares distribuidos en los espacios verdes, incide más que la altura de cada uno de ellos. Por lo anterior, se propone:

- La densidad arbórea de los EVU debe variar en función de las características de la distribución espacial de la ciudad, identificadas por sus índices urbanísticos de Factor de Ocupación del Suelo, Densidad Volumétrica edilicia y Canopia Urbana. Por tanto mientras más densificada sea el área mayor debería ser la proporción entre proyección arbórea horizontal y superficie del EVU.

3.3.3. Especies arbóreas adaptadas para EVU de ambientes áridos

Se proponen las especies arbóreas apropiadas para ambientes áridos, en función del Indicador de Adaptabilidad Bioclimática obtenido en el Capítulo IV, cuantificado con los parámetros: Índice Bioclimático Arbóreo - Requerimiento de agua - Magnitud Arbórea - Ancho de Copa- Forma de Copa -Tasa de crecimiento - Resistencia a los vientos - Tipo de Suelo - Resistencia a la contaminación - Afectación al pavimento.

- Arbolado de Espacios Verdes adaptados al medio urbano árido

Especies con alta adaptabilidad

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Plátano (*Platanus hispanica*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)

Especies con adaptabilidad media

- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Morera (*Morus alba pendula*)

- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)
- Acacia Visco (*Acacia visco*)

Especies con adaptabilidad baja

- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)

3.4. REQUISITOS BIOCLIMÁTICOS DEL ARBOLADO DE ALINEACIÓN

3.4.1. Especies arbóreas adaptadas para Arbolado de Alineación

Tal cual consta en el CAPÍTULO IV se proponen las siguientes especies apropiadas en función de su Indicador de Adaptabilidad Bioclimática y de la dimensión del perfil de calles:

- Especies arbóreas adaptadas para calles de perfil igual o menor a 15m.

Especies con alta adaptabilidad al ambiente urbano árido

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Morera (*Morus alba pendula*)
- Plátano (*Platanus hispanica*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)

Especies con adaptabilidad media al ambiente urbano árido

- Acacia Visco (*Acacia visco*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)

- Especies con adaptabilidad baja al ambiente urbano árido

- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)

- Paraíso Común (*Melia azedarach*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*).

- Especies arbóreas adaptadas para calles de perfil mayor a 15m

Especies con alta adaptabilidad al ambiente urbano árido

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Plátano (*Platanus hispanica*)
- Roble (*Quercus robur*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)

Especies con adaptabilidad media al ambiente urbano árido

- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
- Morera (*Morus alba pendula*)
- Acacia Visco (*Acacia visco*)
- Álamo Carolino (*Populus deltoides*)

Especies con adaptabilidad baja al ambiente urbano árido

- Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
- Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
- Paraíso Común (*Melia azedarach*)
- Paraíso Sombrilla (*Melia azedarach umbraculiformis*)

4. SISTEMA DE INDICADORES DEL VERDE URBANO BIOCLIMÁTICO

La necesidad de aportar herramientas útiles y sencillas que colaboren con la Planificación Urbana Bioclimática de ciudades de ambientes áridos, conducen a la decisión de integrar los resultados obtenidos a través de un Sistema de Indicadores de Verde Urbano Bioclimático.

Los Indicadores Urbanos son considerados una interpretación empírica de la realidad. Sus tres principales funciones son la simplificación, la cuantificación y la comunicación (OCDE, 1997).

En este caso, a cada Indicador Bioclimático se le asignan propiedades, las cuales han sido adaptadas del criterio y condicionantes propuestos para el Urbanismo Ecológico (S. Rueda et al., 2012). Estas son:

- Objetivo del Indicador: define el rol bioclimático del Indicador.
- Cálculo: explicita la fórmula en unidades del Sistema Métrico Decimal.
- Valor: especifica el parámetro mínimo o máximo, según sea el caso.

La Tabla 1 explicita el Sistema de Indicadores citado.

5. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

En el marco de la normativa nacional y provincial, se revisan los indicadores de verde urbano para el Área Metropolitana de San Juan, como ciudad testigo localizada en una zona de clima árido mesotermal. Dicha revisión se realiza en atención a que la ciudad posee un déficit de cobertura bioclimática total equivalente aproximadamente al 90% de su superficie.

Para arribar a los indicadores adecuados, se analiza el estado de situación de ciudades europeas y latinoamericanas, y se aplican resultados de investigaciones propias.

Se sugiere adoptar como Indicadores de Verde Bioclimático dos parámetros que representan valores equivalentes: uno, que relaciona la superficie de espacios verdes con la población que la usa; y el otro, con la superficie de suelo urbanizado.

Estos son:

- Indicador de Densidad de EVU: 9%
- Indicador de Superficie de EVU por habitante: 25m²/hab

En consonancia con la propuesta de la DPDU provincial, se distribuye el Indicador de Superficie denominándolo Global, conforme la siguiente proporción:

- Indicador de Superficie Global: 25m²/hab
- Indicador EVU Barriales: 9m²/hab
- Indicador Parque Urbano: 9m²/hab
- Indicador Arbolado Alineación: 7m²/hab

Definida la cobertura bioclimática óptima, se presentan los requisitos bioclimáticos que deberían poseer tanto los EVU como el arbolado de alineación. Respecto a los prime-

ros, se sugieren: parámetros dimensionales de los EVU; forma de distribución espacial; índices arbóreos de improntas (arbóreas, de solados, de prado, de agua); densidad volumétrica arbórea; altura de los ejemplares adultos; bloqueo solar; formas geométricas.

Las especies arbóreas apropiadas para ser plantadas en entornos urbanos áridos, se proponen en función del cálculo de su Adaptabilidad Bioclimática. Este indicador se obtiene con los parámetros: Índice Bioclimático Arbóreo - Requerimiento de agua - Magnitud Arbórea - Ancho de Copa - Forma de Copa - Tasa de crecimiento - Resistencia a los vientos - Tipo de Suelo - Resistencia a la contaminación - Afectación al pavimento.

Debido a las mayores restricciones que posee el arbolado de alineación respecto al plantado en los EVU, se toma en cuenta la dimensión de los perfiles de calles normados por la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano. Por ello se agrupan las especies en dos tipos de perfiles limitados por la dimensión de 15m comprendidos entre ambas líneas de edificación: igual o menor a 15m y mayor a 15m.

Los resultados obtenidos se integran en un Sistema de Indicadores de Verde Urbano, a fin de conformar herramientas sencillas y útiles para su aplicación en la Planificación Urbana Bioclimática en ambientes áridos.

INDICADOR EVU BIOCLIMÁTICO	OBJETIVO	CÁLCULO y UNIDAD	VALOR
DENSIDAD DE EVU EN LA CIUDAD	Lograr adecuada cobertura bioclimática en relación con el área urbanizada.	$(\Sigma \text{ Sup. EVU} / \text{ Sup. Total ciudad}) \times 100 = \%$	Mínimo: 9%
SUPERFICIE EVU POR POBLACIÓN URBANA	Lograr adecuada cobertura bioclimática en relación con la cantidad de población urbana.	$\Sigma \text{ Sup. EVU} / \text{ Población ciudad} = \text{m}^2/\text{hab}$	Mínimos: <ul style="list-style-type: none"> • Global: 25m²/hab - Barrial: 9m²/hab - Parque Urbano: 9m²/hab - Arbolado de Alineación: 7m²/hab
DIMENSIONAL	Asegurar superficie y parámetros mínimos en la geometría del EVU para garantizar su rol bioclimático.	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie Total = m² - Longitud lado menor = m 	Mínimo: <ul style="list-style-type: none"> - Superficie : 8.000m² - Longitud Lado menor: 50m
CONFORT TÉRMICO	Garantizar efecto bioclimático en el entorno urbano del EVU.	$1 - [(\text{UTCI EVU} / \text{ UTCI Entorno}) \times 100] = \%$	Mínimo: 14% de diferencia
IMPONTA ARBÓREA	Proveer la sombra arbórea que asegure efecto higrotérmico en el EVU y su entorno urbano.	$(\text{Sup. proyección copa arbórea sobre plano horizontal} / \text{Sup. Total EVU}) \times 100 = \%$	Mínimo: 14%
IMPONTA SOLADOS	Disminuir el albedo y superficies impermeables, para no incrementar la temperatura ambiente.	$(\Sigma \text{ Sup. solados EVU} / \text{ Sup. Total EVU}) \times 100 = \%$	Máxima: 30%
DENSIDAD VOLUMÉTRICA ARBÓREA	Incrementar la masa vegetal para asegurar el aporte higrotérmico.	$\Sigma \text{ Volumen arbóreo EVU} / \text{ Sup. Total EVU} = \text{m}^3/\text{Ha}$	Mínima: 14.000m ³ /Ha
BLOQUEO SOLAR ARBÓREO	Disminuir la permeabilidad arbórea a la radiación solar global en meses cálidos y aumentarla en meses fríos.	$(\text{Promedio de Radiación Global a través de copa arbórea de especies caducifolias} / \text{Radiación Global a cielo abierto}) \times 100 = \%$	<ul style="list-style-type: none"> - Verano: mínimo 88% - Invierno: máximo: 12%
ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA	Seleccionar las especies arbóreas apropiadas para	Promedio de codificaciones de características de especies arbóreas caducifolias; Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea de especies = N°	Mínimos <ul style="list-style-type: none"> - Para árboles de EVU: 61

Tabla 1: propuesta de Sistema de Indicadores de Verde Urbano Bioclimático

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAT-MED (2009) Indicadores de Zonas Verdes y áreas de esparcimiento. Platform for Sustainable Urban Models <http://www.catmed.eu/dic/es/50/zonas-verdes-y-areas-de-esparcimiento>. España.
- CAD-MED (2016) Plataforma para modelos urbanos sostenibles. Página internet: www.catmed.eu/indicadores
- Decreto-Ley de la provincia de Buenos Aires N°8912/77 “Ley de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo”. Año 1977.
- Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano (2001) Espacios Verdes. Documento interno. Gobierno de la Provincia de San Juan.
- Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano (2005) Código de Zonificación de la Provincia de San Juan. Gobierno de la Provincia de San Juan.
- Herrera J., (1995) Problemas Ambientales Urbanos, Áreas Verdes y Calidad de Vida, *Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS* Nro. 23. Argentina.
- Ley Nacional N°13.273 de “Promoción Forestal”. Año 1948. Aprobación de su texto ordenado por Decreto N°710/95. Año 1995.
- Ley Nacional N°26.331 “Bosques Nativos”. Año 2008, reglamentada por Decreto N°91/2009.
- Ley Provincia de San Juan N°7.838-946-L “Programa de Forestación de la Provincia de San Juan”. Año 2007.
- Ley Provincia de Mendoza N°7874 “Preservación y control del Arbolado Público”. Año 2008.
- Ley Provincia de Chaco N°7.172 “Programa de Arbolado Público de la Provincia del Chaco”. Año 2013.
- Ley Provincia de Buenos Aires N°12.276 “Régimen Legal del Arbolado Público”. Año 1999 reglamentada por Decreto N°2.386/2003.
- Kurbán, A. (2012) Aplicación de la Inteligencia Territorial y Transformación a un proyecto de tesis doctoral. Módulo optativo: Seminario Inteligencia Territorial y Transformación. Profesor: Dr. Horacio Bozzano.
- Minaverri, C. (2011) Lineamientos generales sobre la normativa forestal y su vinculación con la actividad turística en la República Argentina www.derecho.uba.ar/.../minaverri-lineamientos-generales-sobre-normativas-forestal-y-turismo
- OCDE (1997) Mieux comprendre nos villes. Le rôle des indicateurs urbains. Organización de Cooperación y de Desarrollo Económico. OCDE 1997. Citado por Gabinete de Investigaciones Estadísticas en “Un sistema de Indicadores Urbanos” (2010) Euzkadi, España.
- PNUMA (2010) Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina Y El Caribe. GEO ALC3 ISBN: 978-92-807-2956-6 Job Number: DEW/1077/PA
- Rendón Gutiérrez, R. (2010) Espacios Verdes Públicos y Calidad de Vida. 6 Congreso CIV Mexicali 2010. México.

- Rojas, J. (2007) Gestión Ambiental sustentable en las ciudades: Manejo de las Áreas verdes <http://es.slideshare.net/johanna1992/gestin-ambiental-sustentable-en-las-ciudades-manejo-de-las-reas-verdes>
- Reyes, S. y Figueroa, I. (2010), Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Revista EURE* Vol 36. N°109. pp. 89-110. Edit. EURE
- Rueda, Salvador (2012) El urbanismo ecológico: un nuevo urbanismo para abordar los retos de la sociedad actual. Del libro: El Urbanismo Ecológico. Su aplicación en el diseño de un Ecobarrio en Figueres. Autores libro: Rueda, S., de Cáceres, R., Cuchí, A., Brau, L.I. Edición BCNecología (Agencia de Ecología Urbana). ISBN: 978-84-615-6947-2. Barcelona.
- Subsecretaría de Medio ambiente de la Provincia de San Juan (2015) Compendio Legislativo Digital. Legislación Ambiental de la República Argentina y de la Provincia de San Juan.
- Terraza, Horacio (2012) ¿La ciudades latinoamericanas poseen suficiente espacio verde público? ¿Qué es suficiente, existe un mínimo? En Ciudades Sostenibles. <http://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/author/horaciot/>

**RESULTADOS,
TRANSFERENCIAS
Y CONCLUSIONES
FINALES**

RESULTADOS

En la presente Tesis, la aplicación de metodologías analíticas y empíricas en el estudio del rol bioclimático del verde urbano en ambientes áridos ha permitido cuantificar variables imprescindibles de conocer a la hora de tomar decisiones de Planificación Urbana Bioclimática.

Algunos de los logros alcanzados son:

- Obtención del Indicador Bioclimático de Densidad de EVU.
- Obtención del Indicador Bioclimático de Superficie EVU por habitante, compuesto por: Indicador Global; Indicador de EVU barriales; Indicador de Parque Urbano e Indicador de Arbolado de alineación.
- Requerimientos Bioclimáticos para espacios verdes de entornos urbanos: Superficie mínima; Dimensiones mínimas; Impronta Arbórea Mínima; Altura arbórea de los ejemplares adultos; Densidad Volumétrica arbórea mínima; Impronta Solados máxima; Impronta Mínima de Prado; Impronta prado + senderos no sombreados; Impronta fuentes de agua; Bloqueo solar mínimo en verano; Permeabilidad Arbórea máxima en Verano; Forma geométrica.
- Criterios de distribución espacial de EVU: separaciones mínimas y máximas.
- Relaciones entre densidad arbórea e Isla de Calor Urbana.
- Grados de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea al medio urbano árido en función de: Índice Bioclimático Arbóreo - Requerimiento de agua - Magnitud Arbórea - Ancho de Copa- Forma de Copa -Tasa de crecimiento - Resistencia a los vientos - Tipo de Suelo - Nivel de Alergénicos - Resistencia a la contaminación - Afectación al pavimento.
- Identificación del arbolado de EVU adaptado al medio urbano árido: alta, media y baja adaptabilidad.
- Identificación del arbolado de alineación adaptado al medio urbano árido: alta, media y baja adaptabilidad, según dimensión de perfil de calles.

TRANSFERENCIA DE LOS RESULTADOS

La efectiva aplicación de los Resultados a los que se arriba en la Tesis, se oficiará en primera instancia a nivel provincial, a través de su transferencia a los poderes de gestión

responsables de la configuración de la planta física de la ciudad de San Juan, para luego extenderla a escala regional.

Se prevé que las recomendaciones se incorporen al CODIGO DE EDIFICACIÓN DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN y a las acciones futuras del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN JUAN (2013)⁵⁶, para lo cual se transferirá a los siguientes organismos:

- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
- Subsecretaría de Planificación territorial
- Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano
- Dirección Provincial de Espacios Verdes
- Dirección Provincial de Catastro
- Dirección Provincial de Vialidad

Dicha transferencia se realizará en sucesivas etapas, constituyendo la primera de ellas el tratamiento bioclimático del Verde Urbano, a través de los Indicadores de Verde Urbano expuestos en el CAPÍTULO V.

En instancias posteriores se irá completando el aporte hasta conformar un cuerpo estructurado de estrategias de acción bioclimáticas concretas sobre todos los elementos urbanos que configuran la ciudad y que inciden en el clima urbano, de influencia directa en la población.

Los resultados parciales obtenidos durante la ejecución de la Tesis, han sido presentados para su discusión en el ámbito científico, en publicaciones internacionales y nacionales indexadas, y en congresos provinciales.

Asimismo, la transferencia pedagógica de dichos logros parciales, se ha realizado en las asignaturas Taller de Arquitectura III, Taller de Arquitectura IV y Taller de Arquitectura V, que conforman el Taller Vertical de Arquitectura Ambiental de la FAUD-UNSJ, que coordina la autora.

⁵⁶ La autora ha participado en la temática: Gestión del Desarrollo Ambiental Sostenible, del equipo técnico que elaboró el PLAM SJ, subsidiado por el Programa de Fortalecimiento Institucional de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública del gobierno nacional (2013).

CONCLUSIONES FINALES

La rigurosidad del clima urbano árido requiere acciones concretas de Planificación Urbana Bioclimática que disminuyan la carga climática de la ciudad en los espacios abiertos, a fin de reducir la influencia que la misma ejerce sobre la edificación. Dichas acciones, complementadas con la aplicación de estrategias de diseño bioclimático edilicio, resultan de indudable valor ambiental para el confort humano.

Si bien la aplicación de una normativa bioclimática basada en los lineamientos propuestos en esta Tesis requiere que sea el actor político el primero que intervenga, los cambios en la planta física de la ciudad, sumados a una adecuada gestión en comunicación, contribuirá con la valorización y proyección futura del tema por parte de toda la comunidad.

Por tanto, la aplicación de una normativa bioclimática basada en los lineamientos propuestos en esta Tesis, puede ser el origen de la conformación de un cuerpo normativo de Planificación Urbana Bioclimática y de Arquitectura Bioclimática, que legisle la actividad de los profesionales responsables del diseño del hábitat, en el cual se incorpore el verde urbano como componente esencial del diseño de las ciudades de zona árida.

Lo anterior, puede complementarse con el diseño de una política de subsidios orientada al mantenimiento de los espacios verdes y a garantizar la reposición de ejemplares arbóreos, conservando como mínimo el cubrimiento de sombra requerido para disminuir la Isla de Calor, como principal fenómeno del clima urbano árido.

La asimilación de los lineamientos bioclimáticos propuestos, por parte del colectivo de actores intervinientes en todo proceso de construcción de la ciudad, permitirá que los mismos sean aplicados responsablemente por los profesionales, controlada su aplicación por la gestión estatal y exigido su cumplimiento por parte de la comunidad.

FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Continuar con el aporte a la Planificación Urbana Bioclimática del verde en el árido que surgen del estudio presente, requiere abordar líneas de trabajo de vacancia o de escaso desarrollo en la región, relacionadas directamente con el clima urbano y todas ellas de directa transferencia al medio.

Una de esas líneas sería abordar el seguimiento sistemático de la cobertura bioclimática de la ciudad en consonancia con el crecimiento físico de la misma, tendiente al mantenimiento y eficientización de sus efectos higrotérmicos. Este programa de actualización y mantenimiento, requiere el manejo interrelacionado de datos urbanos y climáticos. Los primeros, por medio del cálculo de los principales índices urbanísticos identificados en el espacio de la ciudad y los segundos con la obtención del alcance e intensidad higrotérmica, obtenidos a partir de mediciones climáticas de los EVU y su entorno, con registros *in situ* y/o con sensores remotos.

Otras líneas de trabajo surgen de las variables intervinientes en la Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea. Estas son:

- **Requerimiento de agua:** existe una estrecha y aparentemente antitética relación entre los requerimientos de verde urbano bioclimático y la restricción del recurso agua. El conocimiento científico de esta interrelación y el estudio urbano pormenorizado según la densidad espacial del ejido, permitirá la eficientización del riego urbano para el aprovechamiento bioclimático de la forestación, tanto en espacios verdes como en arbolado viario. Esto, sin sacrificar el uso humano ni productivo del recurso.
- **Índice Bioclimático Arbóreo:** para avanzar en aspectos que faciliten la elección de especies para espacios verdes o arbolado de alineación, otra línea de investigación sería ampliar el registro de especies arbóreas según el IBA⁵⁷. Éste categoriza las especies de acuerdo con su permeabilidad a la radiación solar global, en base a mediciones solarimétricas *in situ*, en combinación con los requerimientos anuales de estrategias bioclimáticas.
- **Nivel de alérgenos:** una de las condiciones limitantes a la hora de seleccionar especies arbóreas es el nivel de alérgenos originados en el polen de algunos árboles y ar-

⁵⁷ Actualmente el IBA se ha calculado sobre 13 especies arbóreas, tal como consta en el Capítulo I, ítem 3.3.

bustos. La sensibilización a aero-alérgenos es un factor de riesgo para rinitis alérgica y asma, siendo los pólenes alérgenos muy importantes, especialmente para la rinitis, generalmente de carácter estacional o con exacerbación estacional. Esto tiene alta prevalencia en zonas áridas debido a los bajos tenores de humedad en el aire. Los estudios sistemáticos existentes en Argentina, se realizan en zonas de clima húmedo, siendo escaso el desarrollo en zonas áridas.

Por tanto, el estudio urbano-sanitario de las especies arbóreas en conjunción con la características de distribución espacial de la ciudad y el aporte bioclimático de la forestación, constituye una importante área de vacancia.

- Resistencia a la contaminación: la presencia de diversas sustancias nocivas y contaminantes en el ambiente, pone en riesgo la vegetación. Al mismo tiempo, la forestación puede actuar removiendo algunos de dichos contaminantes, al acumular metales pesados, lo cual contribuye con la restauración del aire urbano. Conocer el comportamiento de las diferentes especies arbóreas frente a la contaminación físico-química del aire, constituye un área de vacancia en Argentina. Desarrollarla permitiría entre otras aplicaciones, identificar las especies apropiadas para proceder a su selección según las áreas urbanas posean mayor o menor exposición a los contaminantes ambientales.

REFLEXIONES FINALES

REFLEXIONES FINALES

Abordar problemáticas del hábitat humano a través de la lente de la sustentabilidad de nuestras ciudades, si bien involucra innovativos marcos epistemológicos, conforman viejas aspiraciones y sentires de la sociedad.

Responder a las necesidades de una comunidad a través de transformaciones en el sistema ambiental urbano que la cobija, lleva implícita la valoración y el respeto por el ser humano destinatario de cambios que puedan mejorar sus condiciones de vida.

Esta postura trasciende posiciones o lineamientos metodológicos, para hincarse en la profunda convicción de ser todos en el ser de todos.

Como profesionales/científicos, ello exige en contrapartida, un profundo compromiso ético, que nos impulse a responder activa e inteligentemente, para resolver o morigerar las necesidades que nos rodean.

Trabajar en ese sentido, con esos ideales, nos transformará a su vez llevándonos a recorrer un camino valioso que momento a momento, día tras día, nos acercará a concretar nuestros propios sueños.

Procurar el acercamiento de lo posible a lo esperable, podría ser entre tantos otros, un camino a seguir.

LISTADO DE
**FIGURAS,
TABLAS,
ACRÓNIMOS Y
ABREVIATURAS**

LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS

CAPÍTULO I: **SISTEMA AMBIENTAL DEL ÁRIDO Y VERDE URBANO**

FIGURAS

- Figura 1: Estructura Conceptual de Referencia para la Caracterización y Diagnóstico Ambiental de un asentamiento humano. Fuente: Papparelli, *et al.* (2003).
- Figura 2: Zonificación de Regímenes de Aridez en Argentina. Fuente: ATLAS de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe (2010)
- Figura 3: Temperatura del clima macroescalar de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.
- Figura 4: Humedad Relativa del clima macroescalar de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia
- Figura 5: Radiación Solar Global Total Diaria clima macroescalar de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia
- Figura 6: Heliofanía del clima macroescalar de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.
- Figura 8: Rosa de los Vientos clima natural de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.
- Figura 9: Balance hídrico del clima macroescalar de San Juan. Fuente: INTA (2000). Elaboración propia.
- Figura 10: Isotermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales - Verano, año 2011. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013).
- Figura 11: Isotermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales. Invierno año 2011. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013).
- Figura 12: Isotermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales, sobre el catastro de la ciudad. Verano año 2011. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013).
- Figura 13: Isotermas del clima urbano del Área Metropolitana de San Juan obtenidas a partir del procesamiento de imágenes satelitales, sobre el catastro de la ciudad. Invierno año 2011. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013).
- Figura 14: Perfil de la distribución de la temperatura urbana en el AMSJ, Verano 2011. Dirección Este-Oeste. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013). Elaboración propia.

- Figura 15: Balance Hídrico del AMSJ. Estadística 1995-2013. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013) y Kurbán, *et al.* (2014). Elaboración propia.
- Figura 16: Promedios anuales de T°C; HR% y RGW/m² del Área metropolitana de San Juan. Estadística 1995-2010. Fuente: Ortega, *et al.* (2013).
- Figura 17: Bandas Urbanas Características en el AM San Juan. Fuente: Kurbán, *et al.* (2013) y Papparelli, *et al.* (2015).
- Figura 18: Isla de Calor Invierno del AMSJ obtenida con procesamiento de imágenes satelitales - Año 2011. Fuente: Cúnsulo *et al.* (2013).
- Figura 19: Isla de Calor Verano del AMSJ obtenida con procesamiento de imágenes satelitales - Año 2011. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013).
- Figura 20: Perfil de la Isla de Calor del AMSJ, Verano 2011. Dirección Este-Oeste. Fuente: Cúnsulo, *et al.* (2013). Elaboración propia.
- Figura 21: Espacios Verdes del AMSJ. Fuente Kurbán, *et al.* (2007 a y b).
- Figura 22: Espacios Verdes bioclimáticamente eficientes del AMSJ y BUC. Fuente: Kurbán, *et al.* (2007, 2010 y 2013).
- Figura 23 (a y b): Cobertura térmica y húmedica del AMSJ. Fuente: Kurbán, *et al.* (2010).
- Figura 24: Identificación de las ROI y puntos de obtención de temperatura del aire en imágenes satelitales de verano e invierno de 2011. El gráfico superior izquierdo (17 puntos de medición) corresponde a las plazas; el superior derecho (24 puntos), a los parques. Fuente: Kurbán, *et al.* (2013).
- Figura 25: Isotermas de Verano del Parque de Mayo, sobre el catastro de la ciudad y con colores para identificar las zonas más frescas y las más cálidas. Equidistancias de 0,1°C. Fuente: Kurbán, *et al.* (2013).
- Figura 26: Isotermas de Verano 2011 de Plaza G. Funes, sobre el catastro de la ciudad y con colores para identificar las zonas más frescas y las más cálidas. Equidistancias de 0,1°C. Fuente: Kurbán, *et al.* (2013).

TABLAS

- Tabla 1: Valores límite de FOS y DV de las Bandas Urbanas Características en el AMSJ. Superficie y Población en cada BUC. Fuente: Kurbán, *et al.* (2013); Papparelli, *et al.* (2015).
- Tabla 2: Valores de permeabilidades promedio de la copa por especie, modo de radiación y estación climática. Fuente Cantón, *et al.* (1994).
- Tabla 3: Porcentajes de Permeabilidad arbórea a la Radiación Solar Global. Fuente: Kurbán, *et al.* (2006).
- Tabla 4: Indicador Bioclimático Arbóreo ponderado de 13 especies del Área Metropolitana de San Juan. Fuente: Kurbán, *et al.* (2006).

- Tabla 5: Espacios Verdes bioclimáticamente eficientes del AMSJ según Sector Cardinal y BUC. Fuente: Kurbán, *et al.* (2007, 2010 y 2013).
- Tabla 6: Superficie de EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ por BUC y sector cardinal. Fuente: Kurbán *et al.*, 2010 y Papparelli, *et al.* (2015).
- Tabla 7: Superficie de EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ según sector cardinal. Fuente: Kurbán, *et al.* (2010) y Papparelli, *et al.* (2015).

CAPÍTULO II

CUANTIFICACIÓN DEL CONFORT BIOCLIMÁTICO DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

FIGURAS

- Figura 1: Distribución esquemática de los puntos de mediciones climáticas en cada EVU del AMSJ.
- Figura 2: Correlación temperatura bulbo seco – Temperatura de Globo Plaza Vº Obrera.
- Figura 3: Correlaciones UTCI, IZA y TGI con Temperatura, Humedad Relativa y Viento.
- Figura 4: Representación gráfica de los Índices UTCI, IZA y TGI de los 19 EVU en estudio.

TABLAS

- Tabla 1: Escala de Valoración UTCI, categorizado según el stress térmico. Fuente: Glossary of Terms for Thermal Physiology (2003).
- Tabla 2: Escala de Valoración del TGI según grado de satisfacción. Fuente: Cannistraro, *et al.* (2014).
- Tabla 3: Escala de Valoración del IZA según la percepción. Fuente: Ruiz, *et al.*, Correa (2015).
- Tabla 4: Cronograma de mediciones de los EVU del AMSJ.
- Tabla 5: Día de medición de cada EVU y Estación Meteorológica de Control correspondiente
- Tabla 6: Ecuaciones de correlación entre Temperaturas de bulbo seco y temperatura de Globo por EVU del AMSJ.
- Tabla 7: Registros y promedios de variables climáticas a las 12HSV en las Estaciones Meteorológicas de control.
- Tabla 8: Porcentajes diferencia variables climáticas EM control, respecto a promedios respectivos.
- Tabla 9: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, del Parque de Mayo, trasladados al mediodía solar

- Tabla 10: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU España, San Martín y V° Obreira, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 11: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU B° Camus, San Roque y Huazihul, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 12: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU Del carril, Belgrano y Laprida, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 13: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU 25 de Mayo, Aberastain y Funes, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 14: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU Yrigoyen, San Damián y Rawson, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 15: Valores de T°C, HR%, TG°C y Viento, de EVU V° Krause, A. Sur y Brown, trasladados al mediodía solar.
- Tabla 16: Índice UTCI calculado para cada EVU.
- Tabla 17: Índice TGI calculado para cada EVU.
- Tabla 18: Índice IZA calculado para cada EVU.
- Tabla 19: Valor del índice UTCI de cada EVU y de sus entornos urbanos, al mediodía solar.
- Tabla 20: Relación índices UTCI de cada EVU con UTCI del entorno urbano, al mediodía solar.
- Tabla 21: Categorización de los EVU en función de los porcentajes de diferencia con el UTCI del entorno urbano.

CAPÍTULO III

TIPOLOGÍAS COMPOSITIVAS DE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS

FIGURAS

- Figura 1: Plaza 25 de Mayo. Localización: BUC Eminentemente Urbana.
- Figura 2: Plaza Salvador María del Carril. Localización: BUC Urbana.
- Figura 3: Plaza Barrio Huazihul. Localización: BUC Suburbana.

TABLAS

- Tabla 1: Estructura de variables a estudiar en cada EVU del AMSJ.
- Tabla 2: Codificaciones de los EVU estudiados en función de la variable Forma Visual.
- Tabla 3: Superficies de los EVU analizados e Improntas de Prado, Solados y Arbórea.
- Tabla 4: Improntas y codificación de los EVU agrupados en cinco, según el método estadístico de los Rangos.
- Tabla 5: Codificación de los EVU según la variable Llenos y Vacíos.
- Tabla 6: Codificación de los EVU según la variable Perfiles Urbanos.

- Tabla 7: Codificación de los EVU según la variable Condiciones de Borde.
- Tabla 8: Permeabilidad Visual de los EVU.
- Tabla 9: Improntas y BUC intervinientes en la variable: Elementos Reflectantes.
- Tabla 10: Rangos correspondientes a la variable Elementos Reflectantes.
- Tabla 11: Codificación de la variable Textura.
- Tabla 12: Codificación de los EVU de la variable Topología.
- Tabla 13: Codificaciones de los EVU estudiados en función de la variable Simetría.
- Tabla 14: Codificaciones de la variable Geometría
- Tabla 15: Codificación de los EVU según la variable Tamaño.
- Tabla 16: Caracterización de los EVU según la variable Rol o Función Propia.
- Tabla 17: Codificación de los EVU según la variable Rol o Función Propia.
- Tabla 18: Características de la variable Función del Equipamiento Urbano en cada EVU.
- Tabla 19: Codificación de EVU según la variable Funciones del Equipamiento Urbano Inmediato.
- Tabla 20: Codificación de los EVU según la variable Valor Patrimonial.
- Tabla 21 (a, b y c): Codificación de atributos de los EVU según las dimensiones Perceptual, Geométrica y Significativa.
- Tabla 22: Tipologías Morfológicas de los EVU según las dimensiones Perceptual, Geométrica y Significativa.
- Tabla 23: Cantidad de atributos de cada EVU según su codificación.
- Tabla 24: Pertenencia de los EVU a cada una de las cinco Tipologías y Subtipologías.
- Tabla 25: Tipologías y Subtipologías Morfológicas de los 19 EVU del AMSJ.
- Tabla 26: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Formas Gráficas.
- Tabla 27: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Proporción Prado y Solados.
- Tabla 28: Notas de Eficiencia Condiciones de Borde.
- Tabla 29: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Llenos y Vacíos.
- Tabla 30: Notas de Eficiencia según la variable Permeabilidad Arbórea.
- Tabla 31: Rangos de las Notas de Eficiencia según la variable Elementos Reflectantes.
- Tabla 32: Notas de Eficiencia de los EVU, según la variable Textura.
- Tabla 33: Nota de Eficiencia según la variable Perfiles Urbanos.
- Tabla 34: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Superficie.
- Tabla 35: Notas de Eficiencia de los EVU según la variable Confort Térmico.
- Tabla 36: Categorías Morfo-Bioclimáticas de los EVU del AMSJ.
- Tabla 37: Categorías Morfo-Bioclimáticas de los EVU del AMSJ listados en orden decreciente.

CAPÍTULO IV

ESPECIES ARBÓREAS MITIGADORAS DEL CLIMA URBANO ÁRIDO

FIGURAS

- Figura 1: Caudal medio mensual período 1975-2015 del Río San Juan. Fuente: elaboración propia sobre estadística de BDHI (2016).
- Figura 2: Caudal medio mensual período 1975-2015 del Río Mendoza. Fuente: elaboración propia sobre estadística de BDHI (2016).

TABLAS

- Tabla 1: Composición arbórea de los EVU bioclimáticamente eficientes del Área Metropolitana de San Juan. Fuente: elaboración propia en base a relevamientos de Kurbán, *et al.* (2005).
- Tabla 2: Principales especies arbóreas caducifolias implantadas en el AM San Juan. Fuente: elaboración propia en base a relevamientos de Kurbán, *et al.*, 2005 y 2007a).
- Tabla 3: Tipo de crecimiento de las principales especies arbóreas caducifolias plantadas en el AM San Juan. Fuente: Chanes, *et al.* (1979)
- Tabla 4: Características del arbolado caducifolio de alineación para zonas urbanas de ambientes áridos.
- Tabla 5: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes áridos. Perfil de calle: igual o menor a 15m.idos.
- Tabla 6: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes áridos. Perfil de calle: mayor a 15m.
- Tabla 7 (a y b): Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para perfiles de calles menores o iguales a 15m y mayores a 15m. Fuente: elaboración propia.
- Tabla 8: Características del arbolado caducifolio para zonas espacios verdes urbanos de ambientes áridos.
- Tabla 9: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para espacios verdes en ambientes áridos.
- Tabla 10: Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para EVU de ambientes áridos.

CAPÍTULO V **LINEAMIENTOS PARA UN MARCO NORMATIVO DE DISEÑO** **BIOClimÁTICO DEL VERDE URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS**

FIGURAS

- Figura 1: Indicador de superficie de espacios verdes por habitante en ciudades de América Latina. Fuente: elaboración propia sobre fuente de Terraza (2012).
- Figura 2: Indicadores de Zonas Verdes y áreas de esparcimiento en ciudades europeas. Fuente: elaboración propia sobre fuente de CAT-MED, 2009.

TABLAS

- Tabla 1: Propuesta de Sistema de Indicadores de Verde Urbano Bioclimático.

LISTADO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS POR ORDEN ALFABÉTICO

ABA	Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea
AMSJ	Área Metropolitana de San Juan
ASV	Actual Sensation Vote
BUC	Bandas Urbanas Características
CB	Condiciones de Borde
CG	Cuerpo Geométrico
COMFA	Comfort Formula
CU	Canopia Urbana (m)
DA	Déficit de Agua
DI	Índice de Discomfort
DPDU	Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano
DV	Densidad Volumétrica edilicia (m ³ /Ha)
DVA	Densidad Volumétrica Arbórea
E	Este
E.T.E.	Estrés Térmico Extremo
E.T.M.	Estrés Térmico Moderado
E.T.M.S.	Estrés Térmico muy Severo
E.T.S.	Estrés Térmico Severo
ECAI	% Estrategias Calefacción Activa Invierno
EEAP	% Estrategias Enfriamiento Activo Primavera

EEAV	% Estrategias Enfriamiento Activo Verano
EMB	Eficiencia Morfo-Bioclimática
EQI	Environmental Quality Index
ET	Temperatura Efectiva
ET*	Índice de Temperatura Efectiva Revisado
ETP	Evapo-Transpiración Potencial
ETR	Evapo-Transpiración Real
EU	Banda Eminentemente Urbana
EVU	Espacio Verde Urbano
FAUD	Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
FG	Forma Gráfica
FOS	Factor de Ocupación del Suelo (%)
HOA	Hora Oficial Argentina
Hr	Humedad Relativa
HRT	Humedad Relativa Traslada
HRTyP	Humedad Relativa Traslada y Ponderada
HSV	Hora Solar Verdadera
IA	Impronta Arbórea
IBA	Índice Bioclimático Arbóreo
ICA	Impronta cuerpos de agua
ICU	Isla de Calor Urbana
INEAA	Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental "Arq. Alberto Papparelli"
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
IP	Impronta prados
IPyS	Impronta prados + senderos no sombreados
IS	Impronta de solados
IZA	Índice de Confort Térmico para ciudades de Zonas Áridas
Kt	Índice de Claridad
LCZ	Local Climate Zones
N	Norte
NE	Nota de Eficiencia
NU	Banda No Urbana
O	Oeste
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OUT-SET	Out Standard Effective Temperature
P	Precipitación
PA	Permeabilidad arbórea a radiación solar verano

PCK	Papparelli Cúnsulo Kurbán
PET	Physiological Equivalent Temperature
PI	Permeabilidad Invierno
PMV	Predicted Main Vote
PP	Permeabilidad Primavera
PPD	Predicted Percentage Dissatisfied
PT	Temperatura Percibida
PU	Perfil Urbano
PV	Permeabilidad Verano
R2	Coefficiente de determinación
ROI	Region of Interest
RP	Rol Propio
RSG	Radiación Solar Global
S	Sur
SE	Sureste
SU	Banda Suburbana
T	Temperatura
TG	Temperatura de Globo
TGI	Thermohygrometric Global Index
TGTyP	Temperatura de Globo Traslada y Ponderada
THI	Thermohygrometric Index
THSW	Temperature Humidity Sun Wind
TT	Temperatura Traslada
TTyP	Temperatura Traslada y Ponderada
UNFPA	United Nations Population Fund
UNSJ	Universidad Nacional de San Juan
UR	Banda Urbana
UTCI	Universal Thermal Climatic Index
VP	Valor Patrimonial

ANEXOS

ANEXOS / INDICE

ANEXO I

BANCO DE DATOS DE ESPACIOS VERDES
URBANOS ESTUDIADOS

ANEXO II

MEDICIONES CLIMÁTICAS IN SITU EN LOS
ESPACIOS VERDES URBANOS

ANEXO III

BANCO DE DATOS DE ÁRBOLES ESTUDIADOS



ANEXO I

BANCO DE DATOS DE ESPACIOS ABIERTOS ESTUDIADOS

Se presentan todos los EVU bioclimáticamente eficientes del AMSJ, con la siguiente información:

- Identificación del EVU.
- Imagen de Google Earth en verano.
- Representación en ACAD.
- Volumetrías de su entorno urbano inmediato: del catastro provincial y relevamientos in situ.
- Volumen arbóreo esquemático: altura de acuerdo con cálculo ponderado de ejemplares y especies relevadas in situ.
- Corte urbano esquemático en dos direcciones cardinales principales: E-O y N-S.
- Tabla con banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos.
- Fotografías.

PLAZA 25 DE MAYO

- SECTOR CARDINAL: Norte - BUC: EU
- UBICACIÓN: Rivadavia, Gral. Acha, Mitre, Mendoza
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 11.755,12m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 11.755,12m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 7.868,41 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 67%
- SUPERFICIE PRADO = 3.886,71m²
- IMPRONTA PRADO = 33%
- SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 7.255,13m²
- IMPRONTA ARBOREA VERANO = 62%

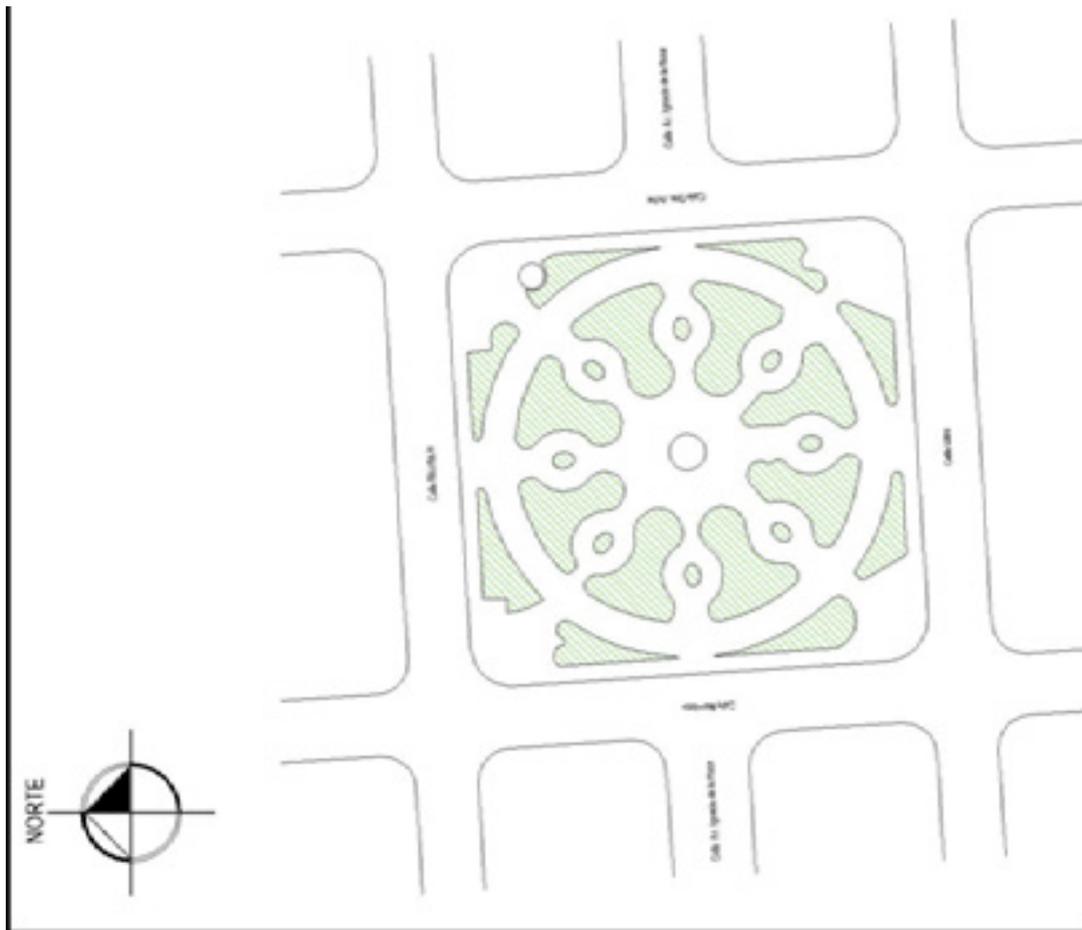
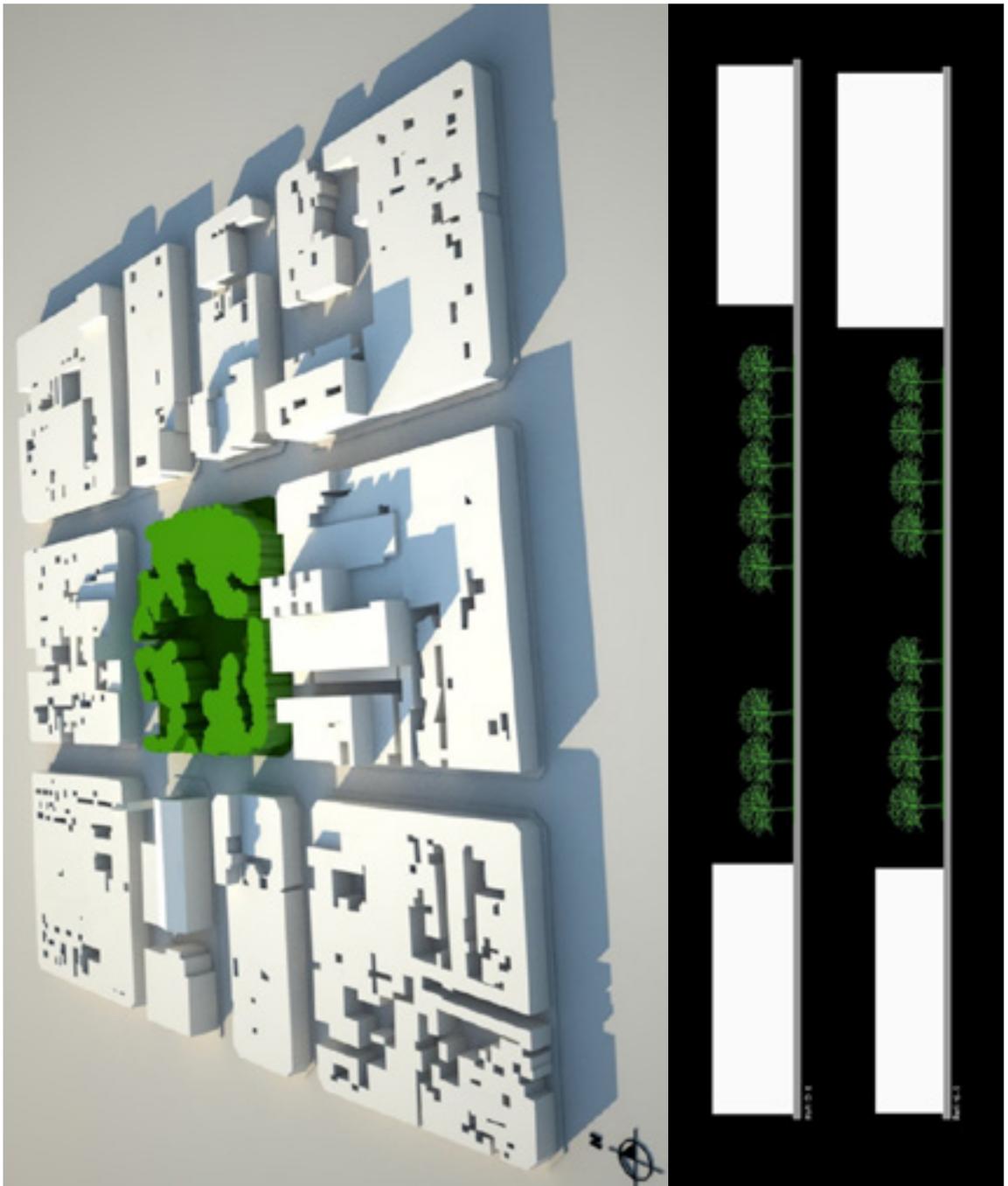


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	70%	ESPECIES VARIAS	Palmera
	Mora	10%		Jacarandá
	Especies Varias	20%		Siempre Verde

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	14,00	9,80	13,60	71.100,27	98.669,77
Mora	6,00	0,60			
Especies Varias	16,00	3,20			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	
Plátano	10,20	7,14	10,29	83.937,70
Mora	8,00	0,80		
Especies Varias	11,75	2,35		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 6.508,58m ²	BLOQUEO SOLAR: 89,71%
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 88.516,65m ³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA GERTRUDIS FUNES

SECTOR CARDINAL: Noreste - BUC: EU

UBICACION: 25 de Mayo, A. Aberastain, San Luis y Jujuy

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 13.202,02m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 15.368,83m²

SUPERFICIE SOLADOS = 5.442,50 m²

IMPRONTA SOLADOS = 35%

SUPERFICIE PRADO = 9.926,33m²

IMPRONTA SOLADOS = 65%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 8.668,07m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 56%

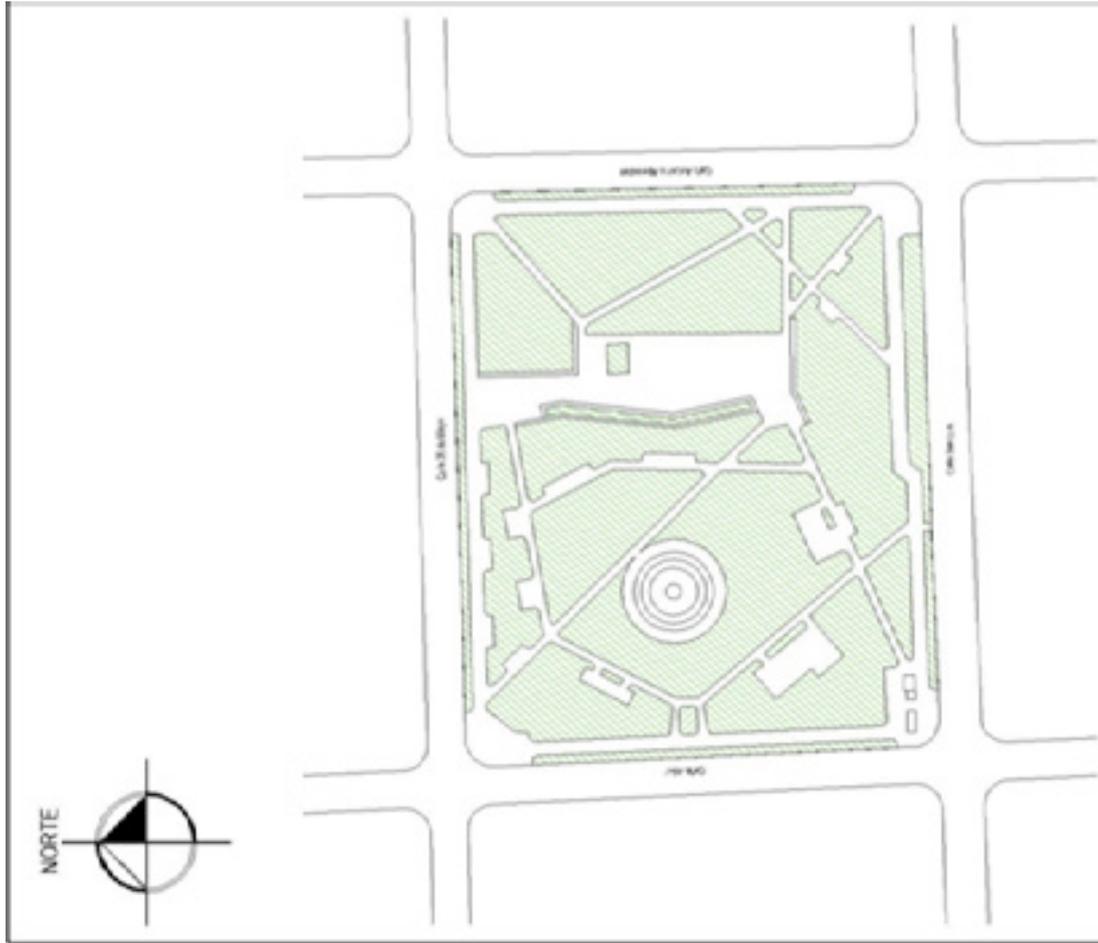
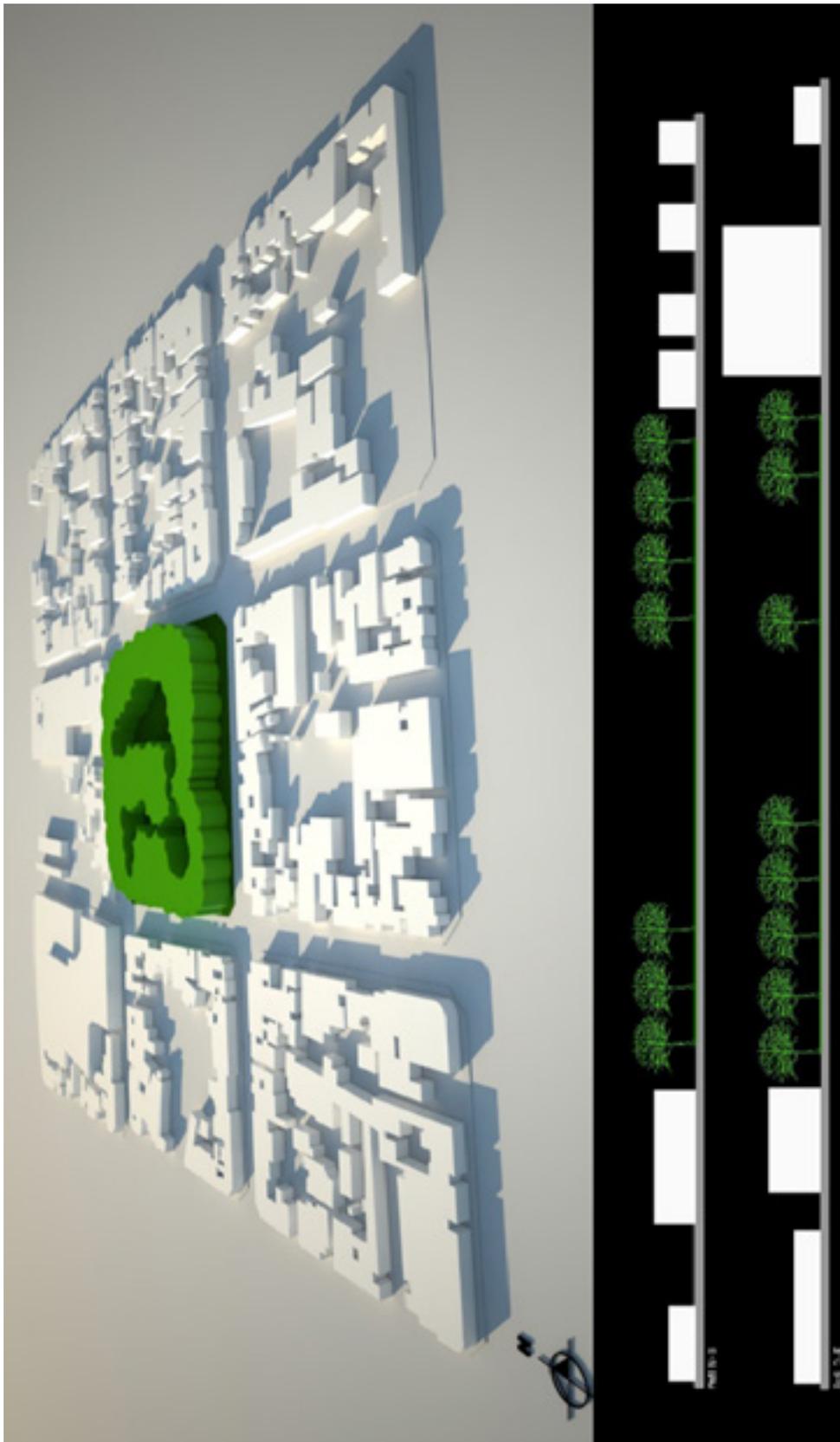


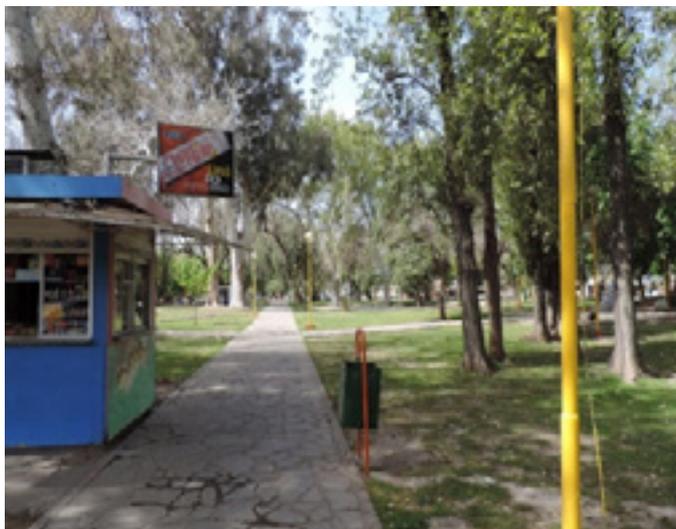
Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	15%	ESPECIES VARIAS	Cítricos	
	Álamo	16%		Eucaliptos	
	Mora	19%		Jacarandá	
	Siempre Verde	8%		Palo Borracho	
	Especies Varias	42%		Paraiso	
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	18,00	2,70	12,26	23.403,79	106.270,54
Álamo	15,00	2,40		20.803,37	
Mora	10,00	1,90		16.469,33	
Siempre Verde	8,00	0,64		5.547,56	
Especies Varias	11,00	4,62		40.046,48	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	69.146,80	
Plátano	10,20	1,53	10,65		
Álamo	10,80	1,73			
Mora	8,00	1,52			
Siempre Verde	11,75	0,94			
Especies Varias	11,75	4,94			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 7.744,66m ²				BLOQUEO SOLAR: 89,35 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 94.949,54m ³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA ABERASTAIN

- SECTOR CARDINAL: Este - BUC: EU
- UBICACION: Rivadavia, Caseros, Mitre y Aberastain
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 11.852,99m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 11.852,99m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 4.102,37 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 35%
- SUPERFICIE PRADO = 7.750,62m²
- IMPRONTA PRADO = 65%
- SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 9.894,18m²
- IMPRONTA ARBOREA VERANO = 83 %

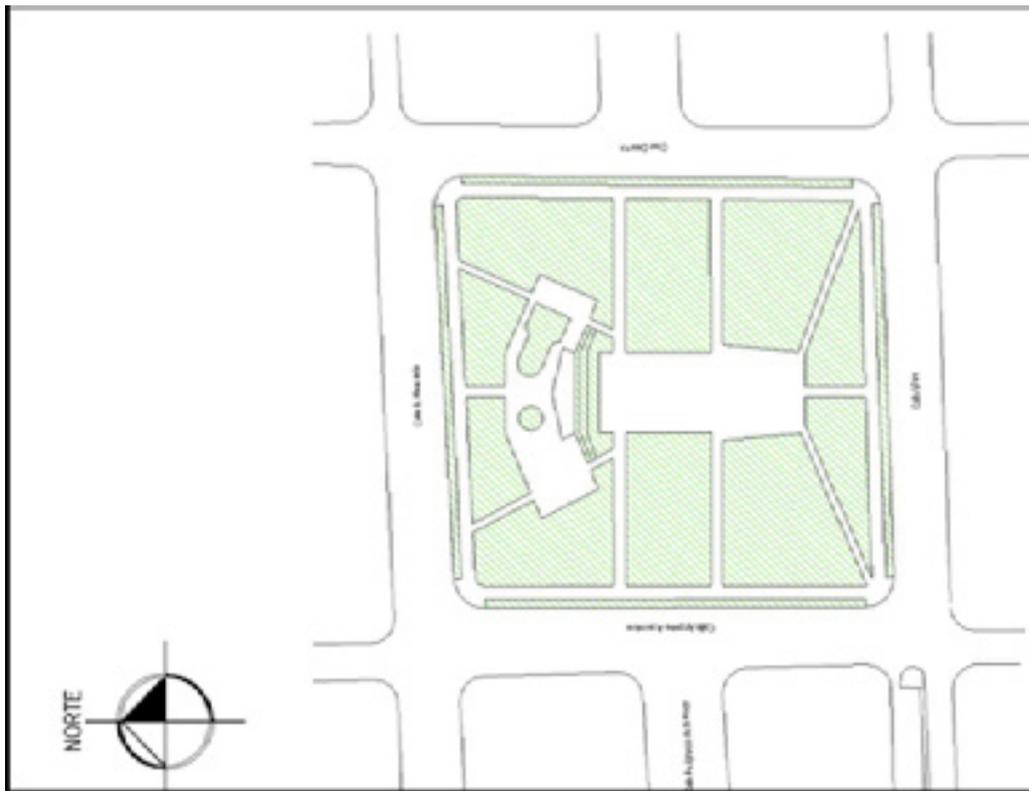
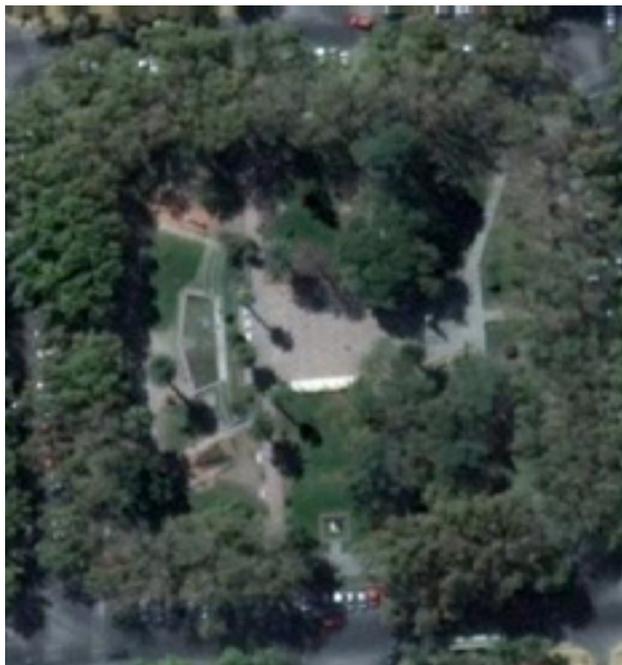
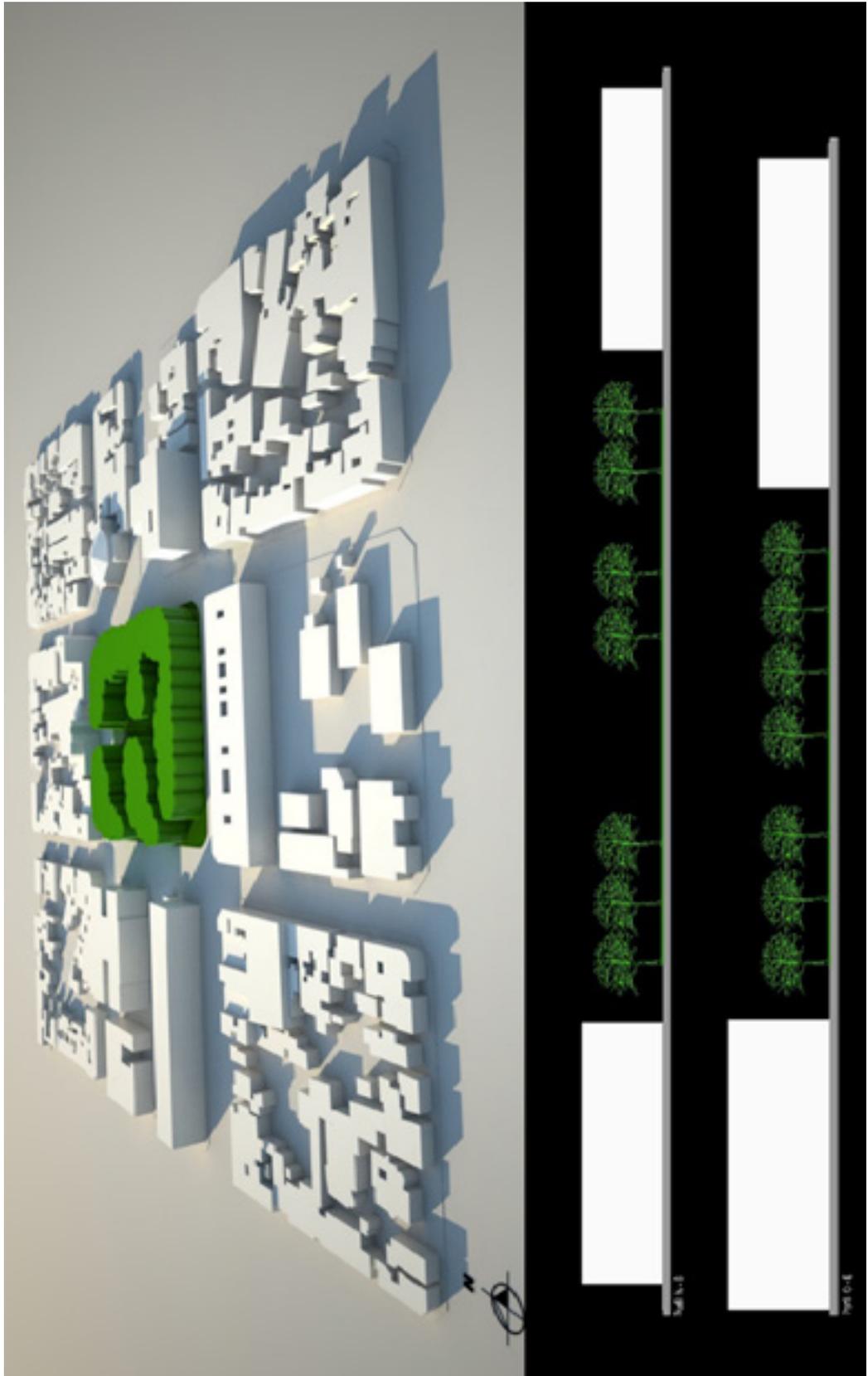


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	70%	ESPECIES VARIAS	Pino, Ceibo
	Palmera	10%		Casuarina
	Especies Varias	20%		Palmera

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	14,00	9,80	14,00	96962,96	138518,52
Palmera	12,00	1,20		11873,02	
Especies Varias	15,00	3,00		29682,54	

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	116.863,78	
Plátano	10,20	7,14	10,67		
Palmera	11,75	1,18			
Especies Varias	11,75	2,35			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 8.838,97m ²	BLOQUEO SOLAR: 89,34%
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 123.745,52m ³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA GRAL. SAN MARTIN

SECTOR CARDINAL: Este - BUC: SU

UBICACION: Gral. Paz, Gral. R. Franco, H. Irigoyen y A. Aberastain

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 13.828,27 m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 16.037,76m²

SUPERFICIE SOLADOS = 6.673,87 m²

IMPRONTA SOLADOS = 42%

SUPERFICIE PRADO = 9.363,89m²

IMPRONTA PRADO = 58%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 9.777,35 m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 61 %

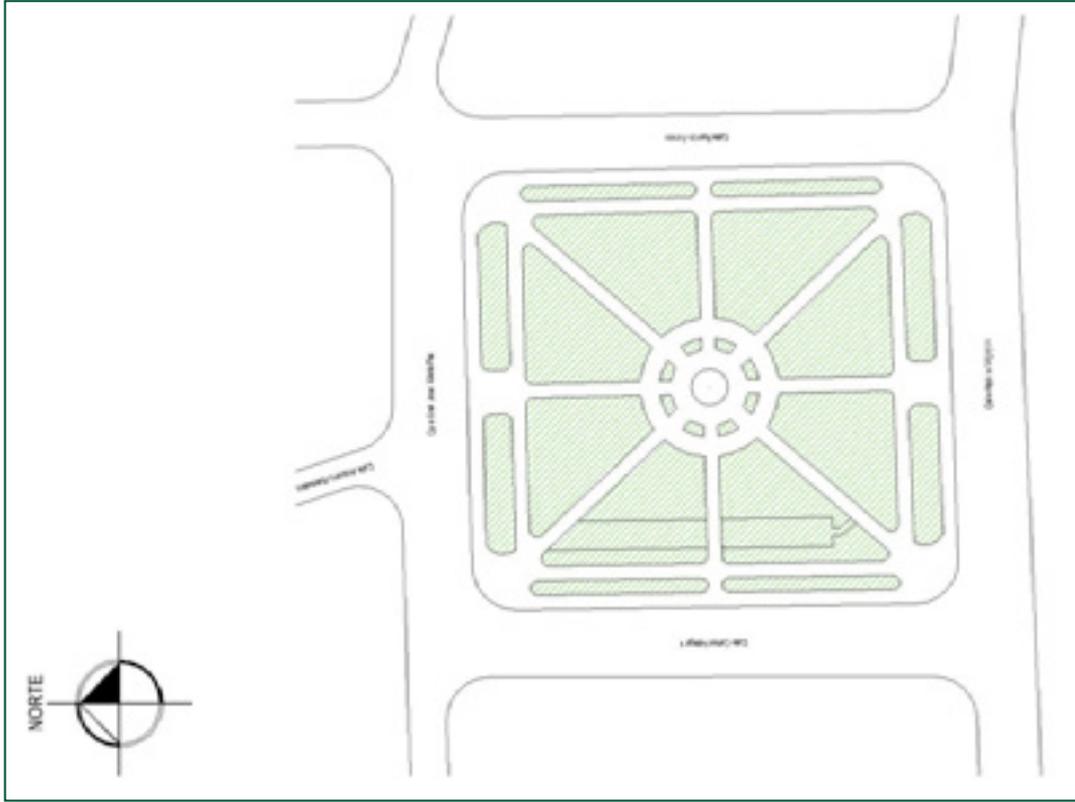
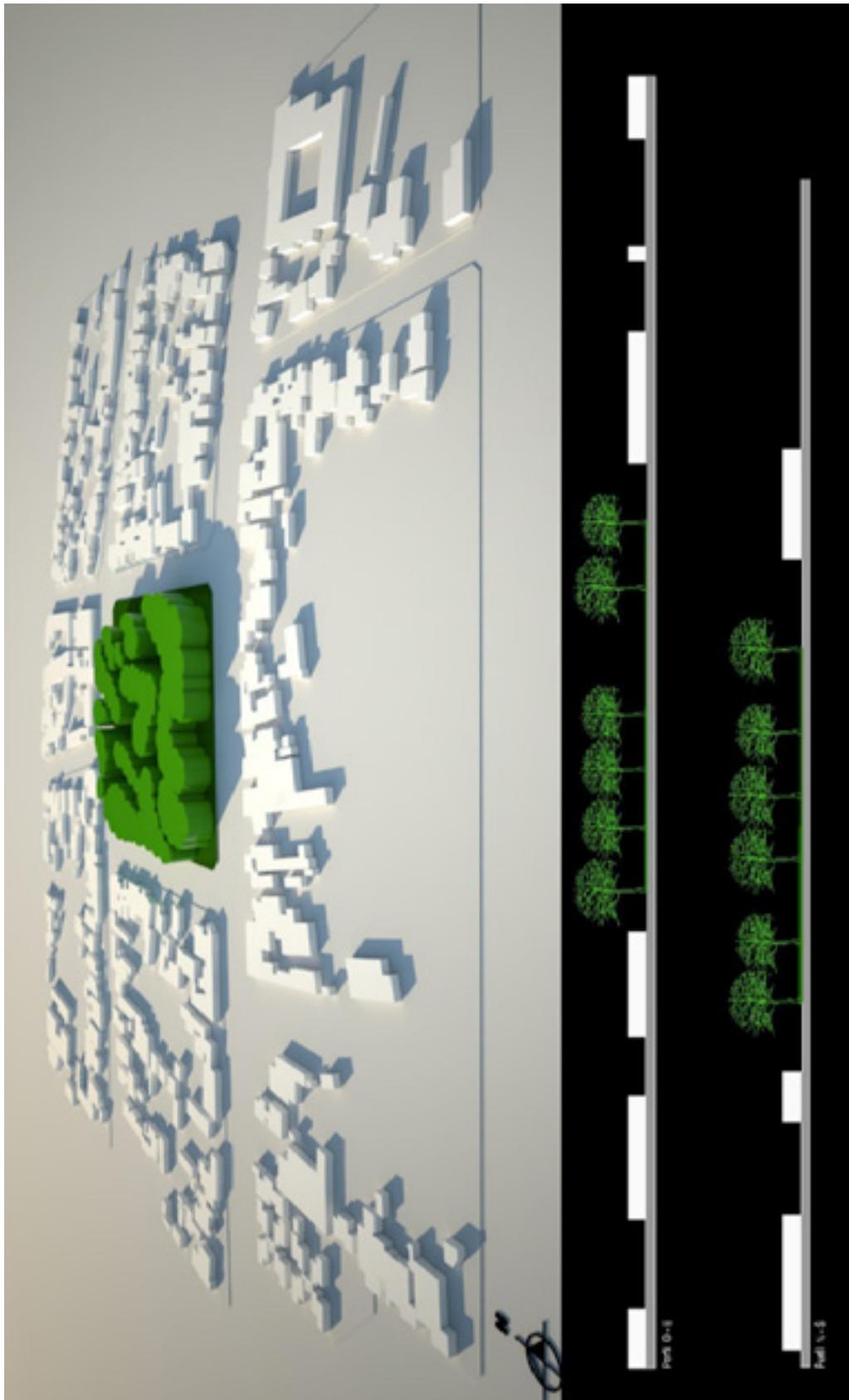


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	47 %	ESPECIES VARIAS	Palo Borracho
	Coníferas	28 %		Paraíso
	Mora	11 %		Tilo
	Especies Varias	14 %		Siempre Verde

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Plátano	15,00	7,05	11,85	88930,32	115.861,60
Coníferas	10,00	2,80			
Mora	8,00	0,88			
Especies Varias	8,00	1,12			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	72.243,00	
Plátano	10,20	4,79	10,61		
Coníferas	11,75	3,29			
Mora	8,00	0,88			
Especies Varias	11,75	1,65			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 8.740,07m² VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 103.569,84m³	BLOQUEO SOLAR: 89,39 %
---	------------------------

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA ACCESO SUR
SECTOR CARDINAL: Sureste - BUC: UR
UBICACION: Estrada, Güemes,
Sarassa y Av. Rawson.
SUPERFICIE CATASTRAL DEL
EVU: 11.468,77m²
SUPERFICIE CATASTRAL +
VEREDA: 13.776,85m²
SUPERFICIE SOLADOS = 2.714,93 m²
IMPRONTA SOLADOS = 20%
SUPERFICIE PRADO = 11.062,02m²
IMPRONTA PRADO = 80%
SUP. PROYECCION ARBOREA
VERANO: 2.117,09 m²
IMPRONTA ARBOREA
VERANO = 15 %

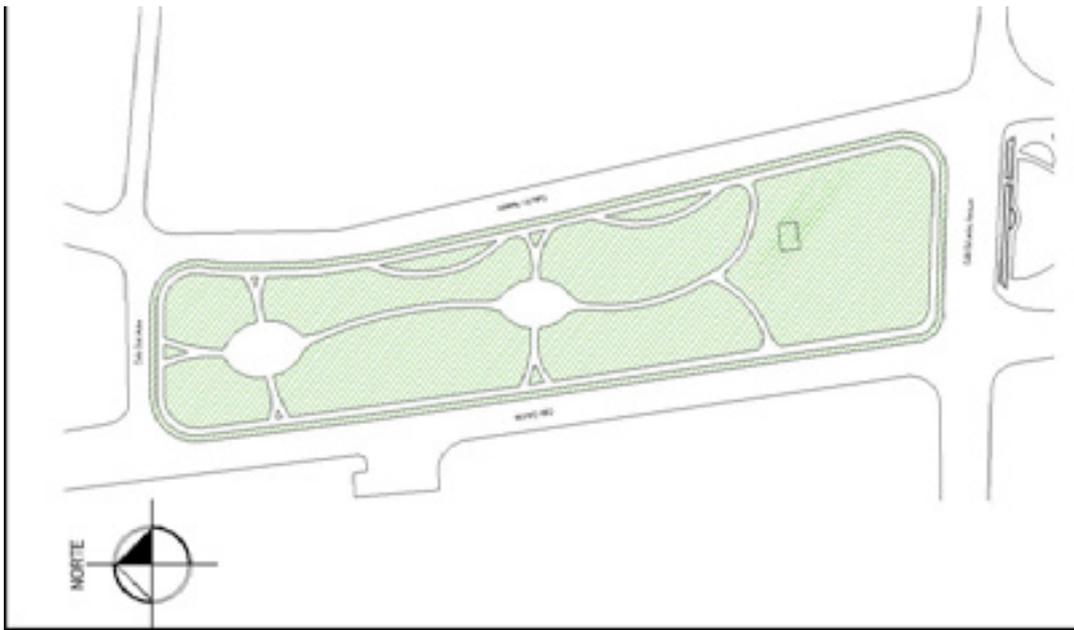
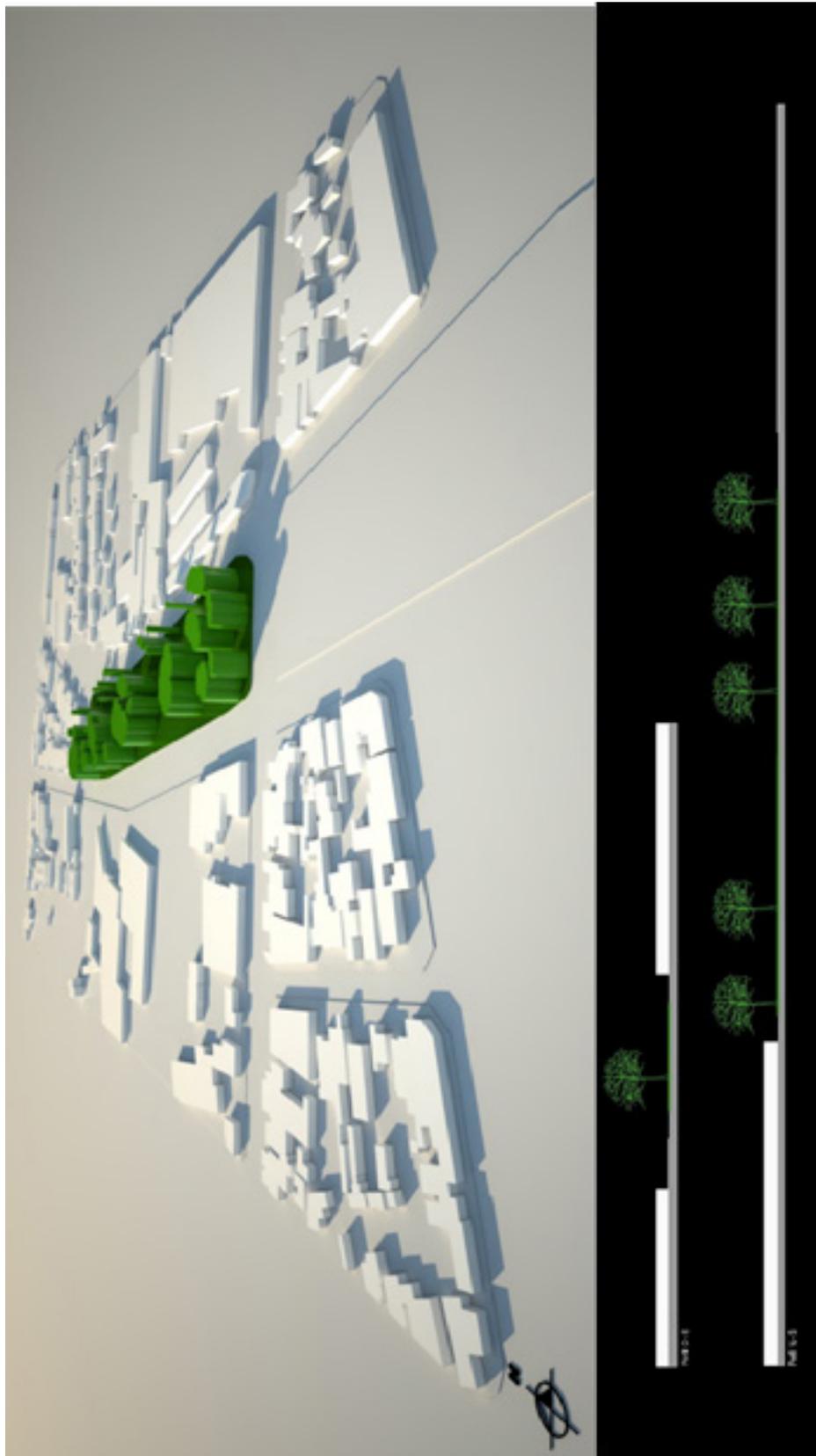


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Eucaliptus	40%	ESPECIES VARIAS	Sauce, Mora	
	Agüaribay	20%		Palmera	
	Siempre Verde	20%		Paraiso, Ciprés	
	Especies Varias	20%		Casuarina	
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Eucaliptus	18,00	7,20	14,20	15.243,05	31.332,93
Agüaribay	16,00	3,20		6.774,69	
Siempre Verde	16,00	3,20		6.774,69	
Especies Varias	6,00	0,60		2.540,51	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	22.743,18	
Eucaliptus	11,75	4,70	11,75		
Agüaribay	11,75	2,35			
Siempre Verde	11,75	2,35			
Especies Varias	11,75	2,35			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 1.868,33m ²				BLOQUEO SOLAR: 88,25%	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 27.651,31m ³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA HIPOLITO YRIGOYEN

SECTOR CARDINAL: Sur – BUC: EU

UBICACION: 9 de Julio, Gral. Acha, Brasil, Mendoza

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 14.938,53m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 17.216,56m²

SUPERFICIE SOLADOS = 7.295,49 m²

IMPRONTA SOLADOS = 42%

SUPERFICIE PRADO = 9.921,07m²

IMPRONTA PRADO = 58%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 4.899,05m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 28 %

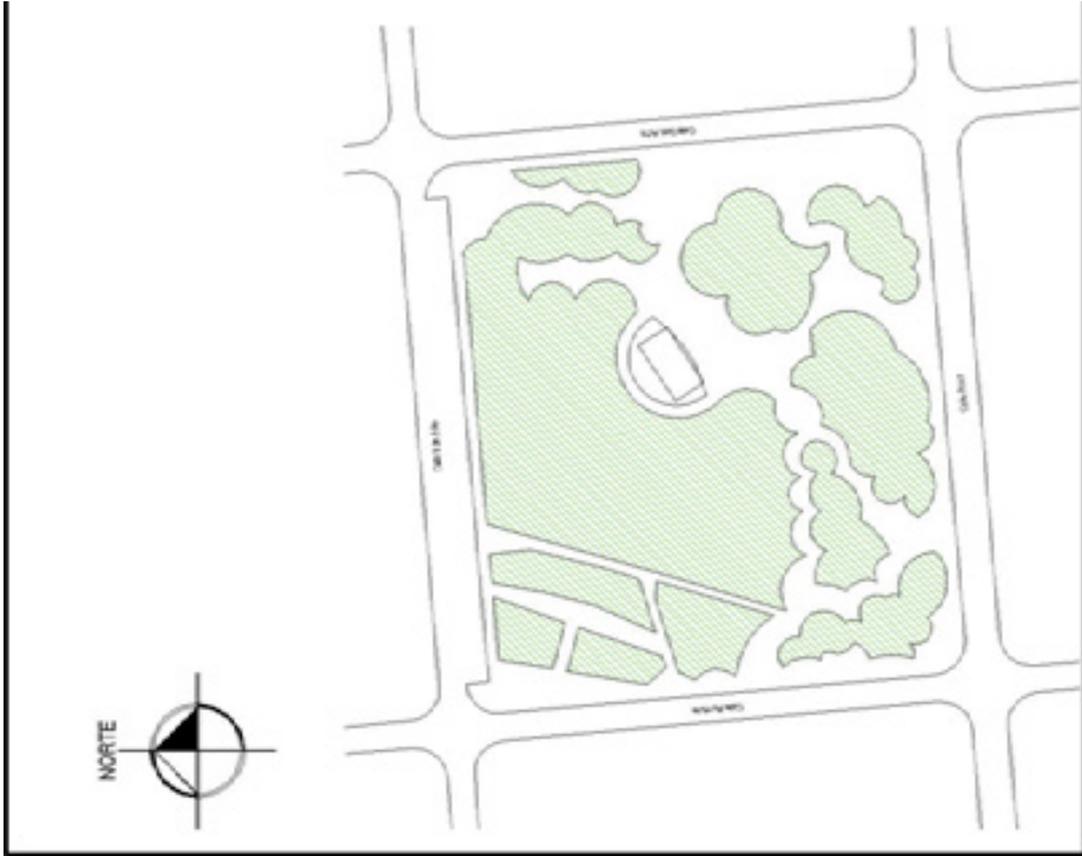
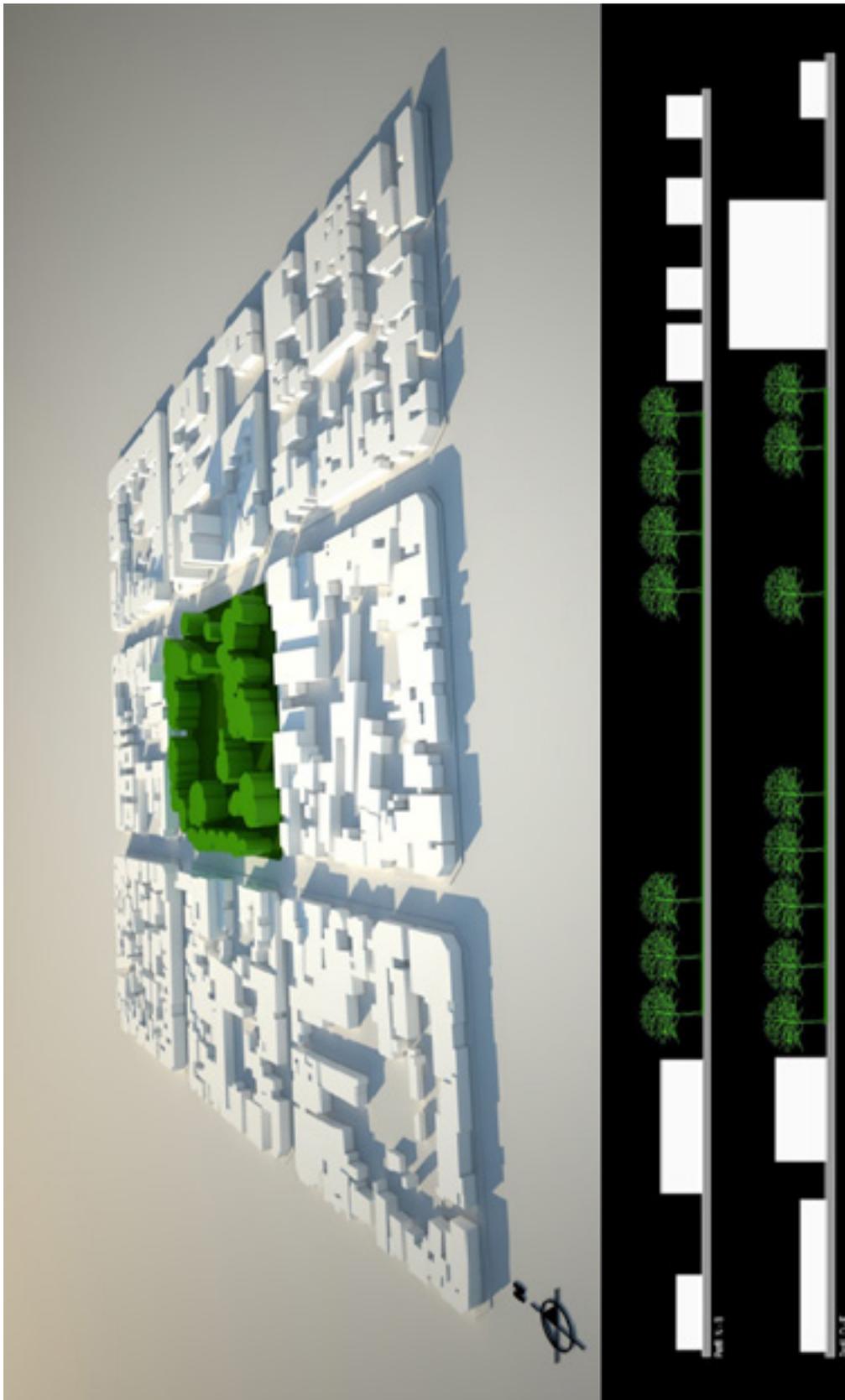


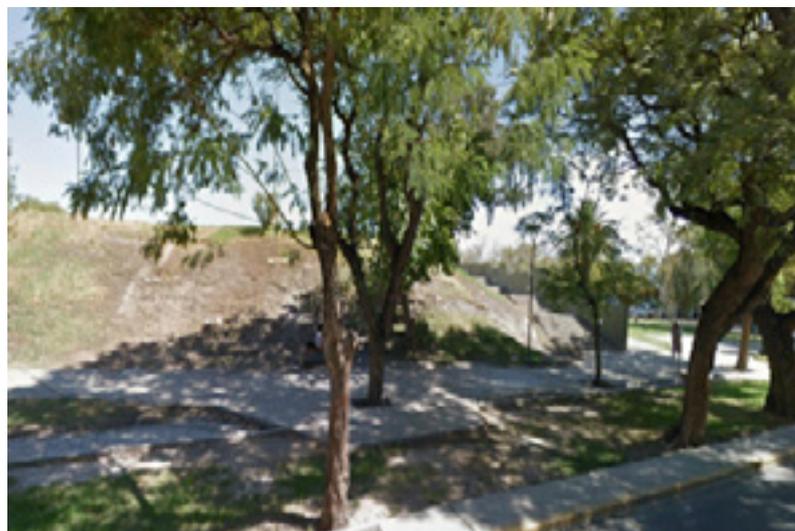
Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Tipa	30%	ESPECIES VARIAS	Palmera	
	Mora	30%		Conifera	
	Plátano	20%		Jacarandá	
	Especies Varias	20%			
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Tipa	14,00	4,20	12,30	20.576,01	60.258,32
Mora	7,00	2,10		10.288,01	
Plátano	12,00	2,40		11.757,72	
Especies Varias	18,00	3,60		17.636,58	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	35.000,21	
Tipa	11,75	3,53	10,32		
Mora	8,00	2,40			
Plátano	10,20	2,04			
Especies Varias	11,75	2,35			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 4.393,71m ²				BLOQUEO SOLAR: 89,69 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 54.042,67m ³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA ALMTE. BROWN

SECTOR CARDINAL: Sur - BUC: EU

UBICACION: P. de Valdivia, Tucumán, A. Gómez, y Gral. Acha.

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 15.500,33m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 17.846,63m²

SUPERFICIE SOLADOS = 5.100,53 m²

IMPRONTA SOLADOS = 29%

SUPERFICIE PRADO = 12.746,10m²

IMPRONTA PRADO = 71%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 13.843,00 m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 78 %

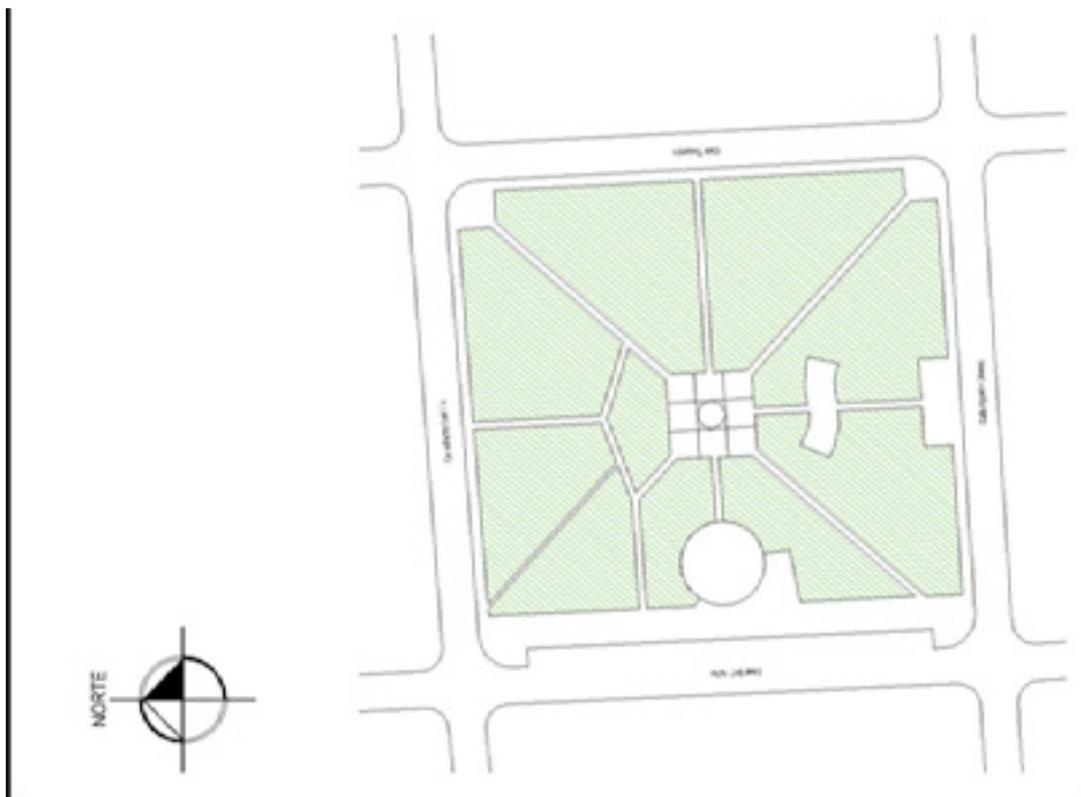
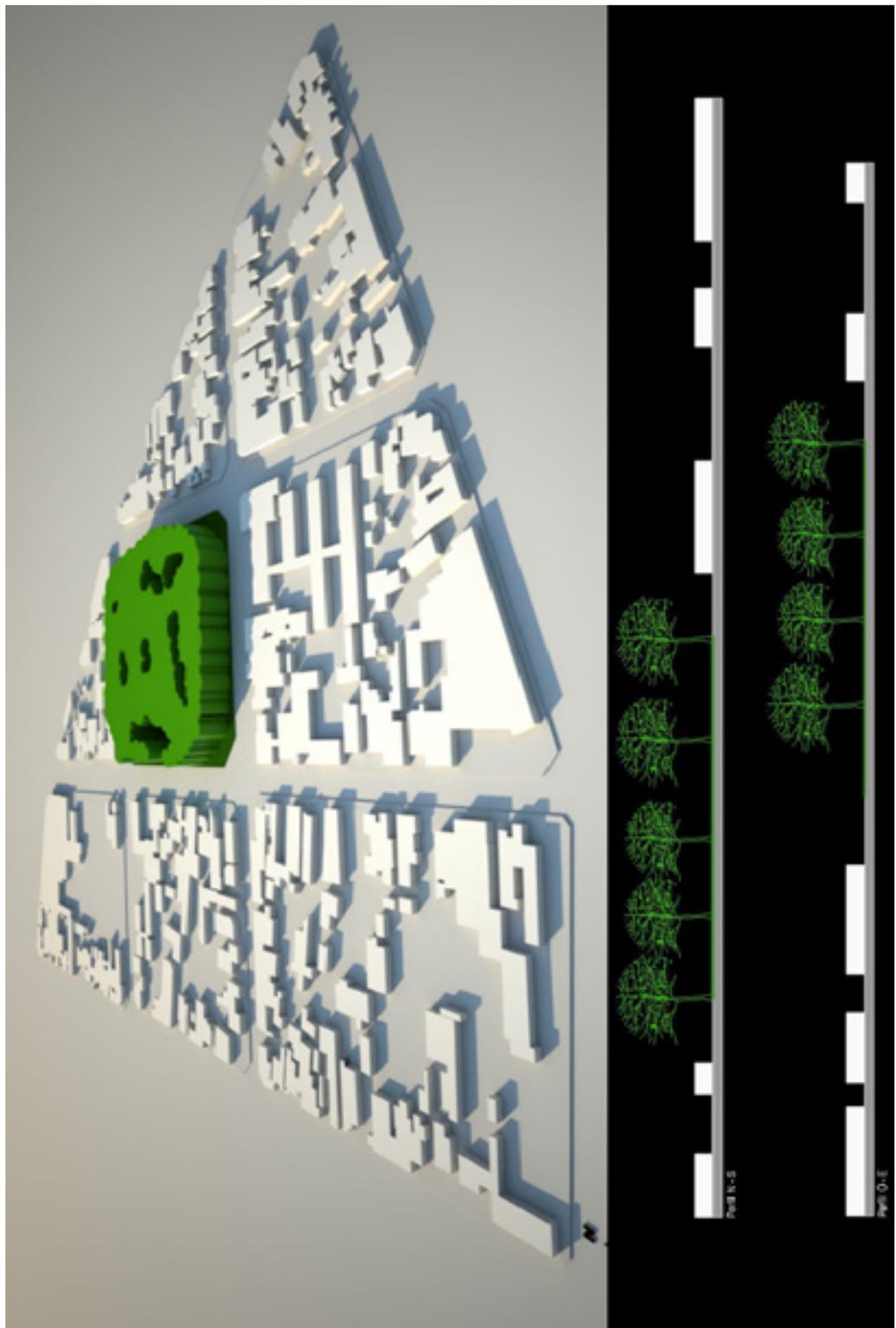


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	51%	ESPECIES VARIAS	Siempre Verde
	Tipa	31%		Jacarandá
	Especies Varias	18%		Palmera

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	19,00	9,69	16,68	134.138,67	230.901,24
Tipa	15,00	4,65			
Especies Varias	13,00	2,34			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	
Plátano	10,20	5,20	10,96	129.380,86
Tipa	11,75	3,64		
Especies Varias	11,75	2,12		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 12.325,88m ² VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 205.595,62m ³	BLOQUEO SOLAR: 89.04 %
--	------------------------

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA VILLA KRAUSE

SECTOR CARDINAL: Sur – BUC: SU

UBICACION: Boulevard. Sarmiento, Av. España, Torino, Sta. Rosa

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 14.767,48m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 15.163,38m²

SUPERFICIE SOLADOS = 7.264,86m²

IMPRONTA SOLADOS = 48 %

SUPERFICIE PRADO = 7.888,52m²

IMPRONTA PRADO = 52%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 2.497,81m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 16%

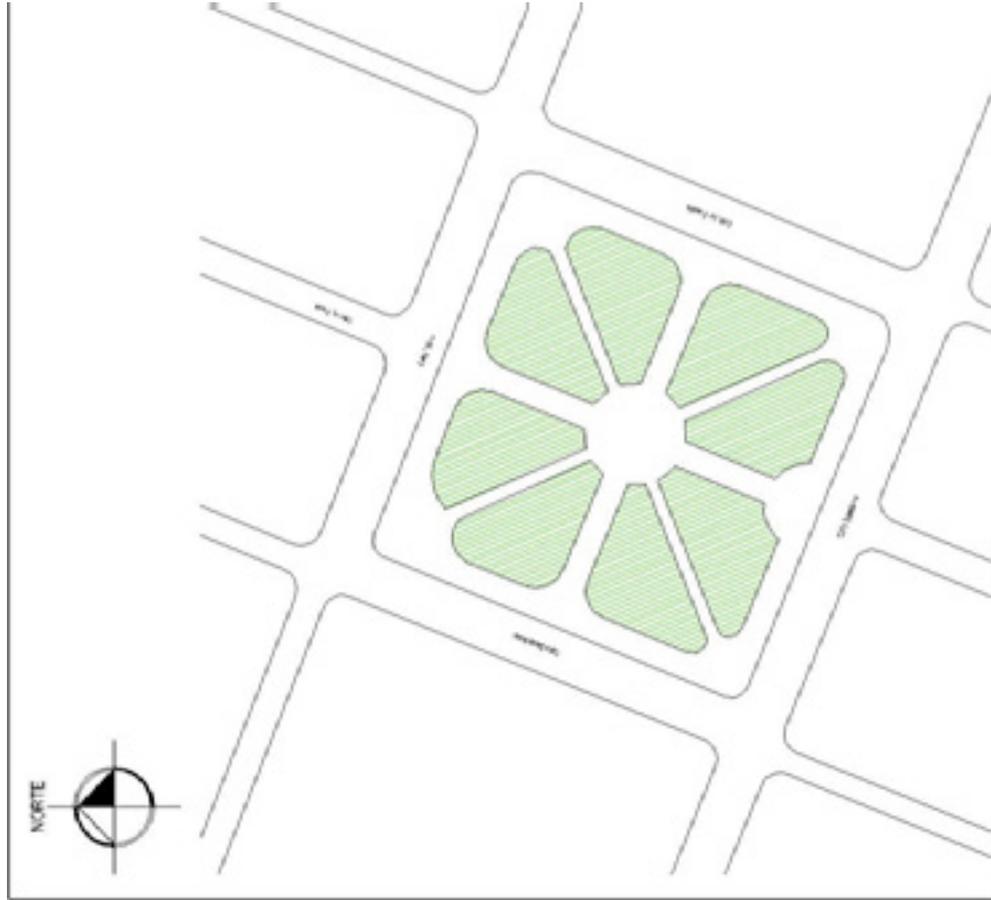
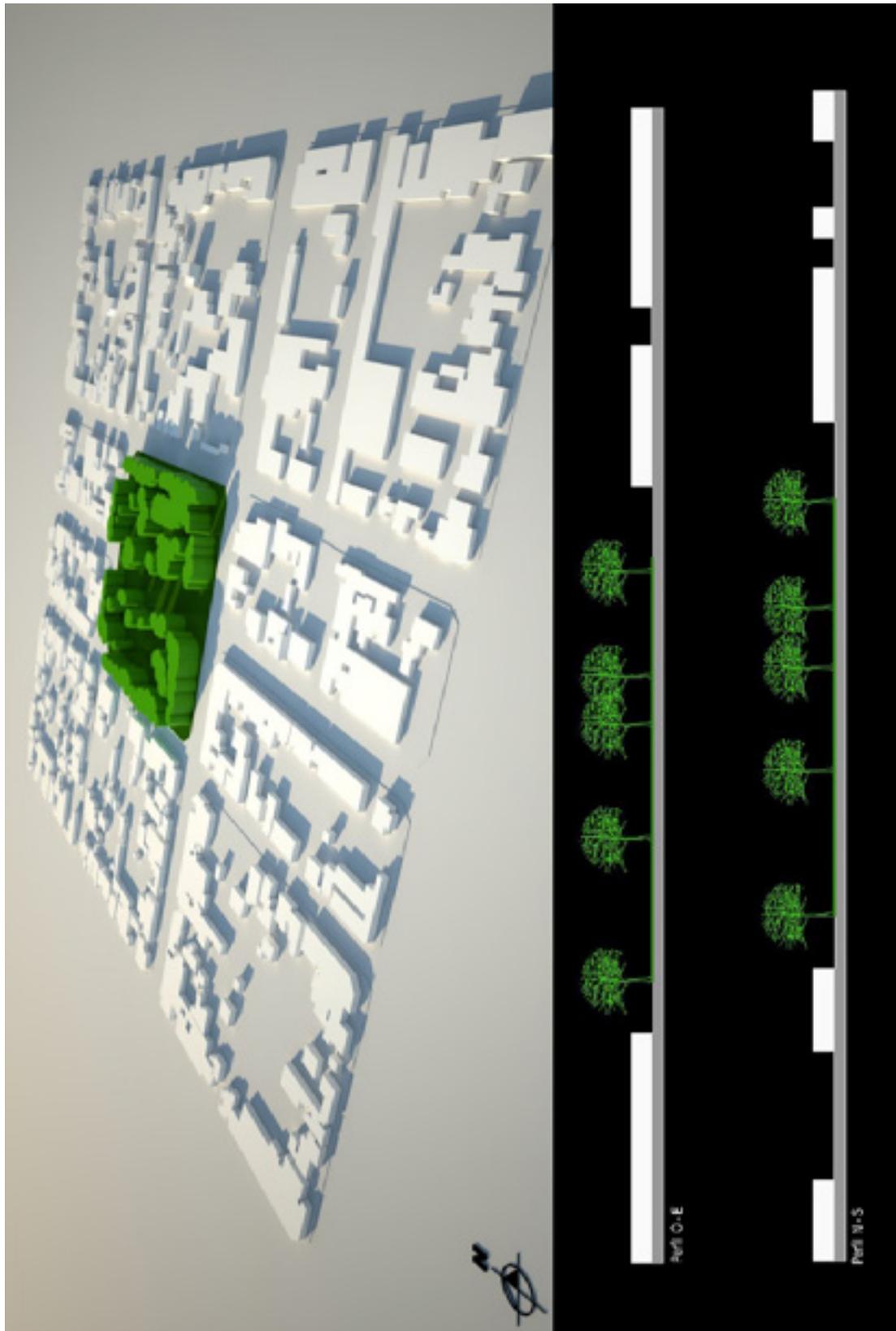


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	40%	ESPECIES VARIAS	Conifera	
	Mora	40%		Siempre Verde	
	Especies Varias	20%		Casuarina	
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	13,00	5,20	10,40	12.988,61	25.977,22
Mora	9,00	3,60		8.992,12	
Especies Varias	8,00	1,60		3.996,50	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	17.131,55	
Plátano	10,20	4,08	9,63		
Mora	8,00	3,20			
Especies Varias	11,75	2,35			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 2.257,27m ²				BLOQUEO SOLAR: 90,37 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 23.475,62m ³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA Vª SAN DAMIÁN

- SECTOR CARDINAL: Suroeste - BUC: SU
- UBICACION: C. Colón, Magallanes y Gral. Paz.
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 9.328,84m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 11.111,19m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 3.330,19 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 30%
- SUPERFICIE PRADO = 7.781m²
- IMPRONTA PRADO = 70%
- SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 3.810,49m²
- IMPRONTA ARBOREA VERANO = 34 %

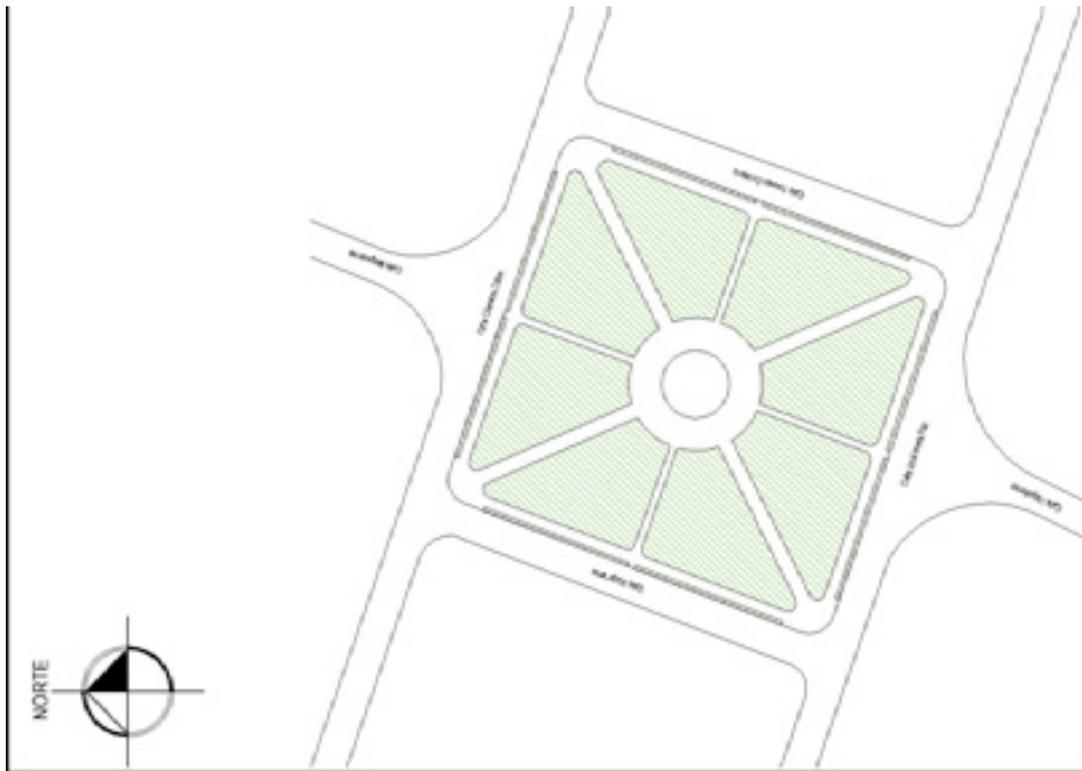
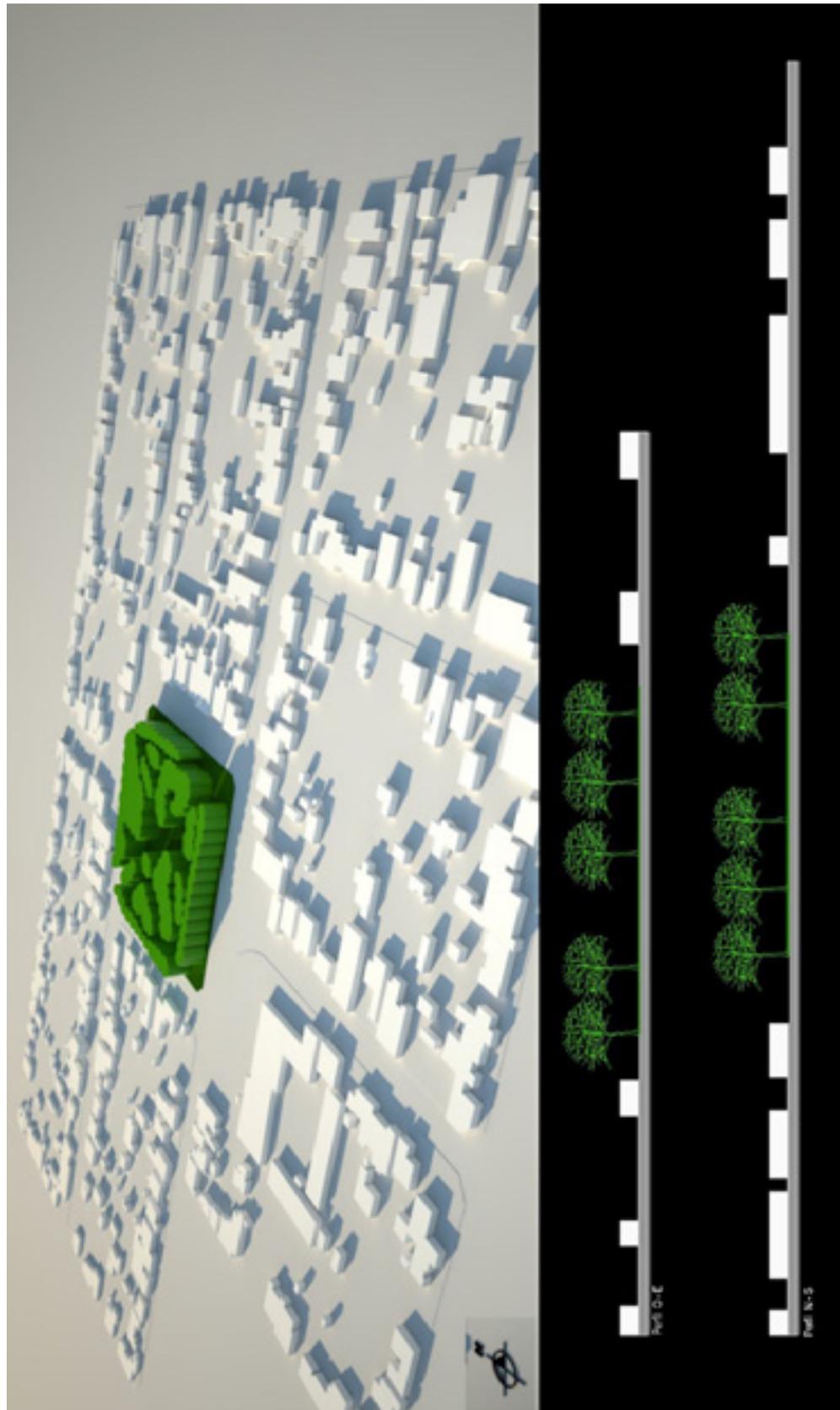


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Mora	60%	ESPECIES VARIAS	Conífera	
	Casuarina	30%		Casuarina	
	Especies Varias	10%		Sauce Llorón	
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Mora	12,00	7,20	13,30	27.435,53	50.679,52
Casuarina	17,00	5,10			
Especies Varias	10,00	1,00		3.810,49	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	45.611,24	
Mora	8,00	4,80	9,50		
Casuarina	11,75	3,53			
Especies Varias	11,75	1,18			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 3.448,49m²				BLOQUEO SOLAR: 90,50 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 45.864,96m³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PARQUE RAWSON

SECTOR CARDINAL: Suroeste - BUC: SU

UBICACION: Dr. Ortega entre Lemos y

B. Sarmiento

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 63.373,03m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 70.800,73m²

SUPERFICIE SOLADOS: 12.783,15m²

SUPERFICIE LAGO: 1.507,76m²

IMPRONTA LAGO: 2%

IMPRONTA SOLADOS: 18%

SUPERFICIE PRADO: 56.509,82m²

IMPRONTA PRADO: 80%

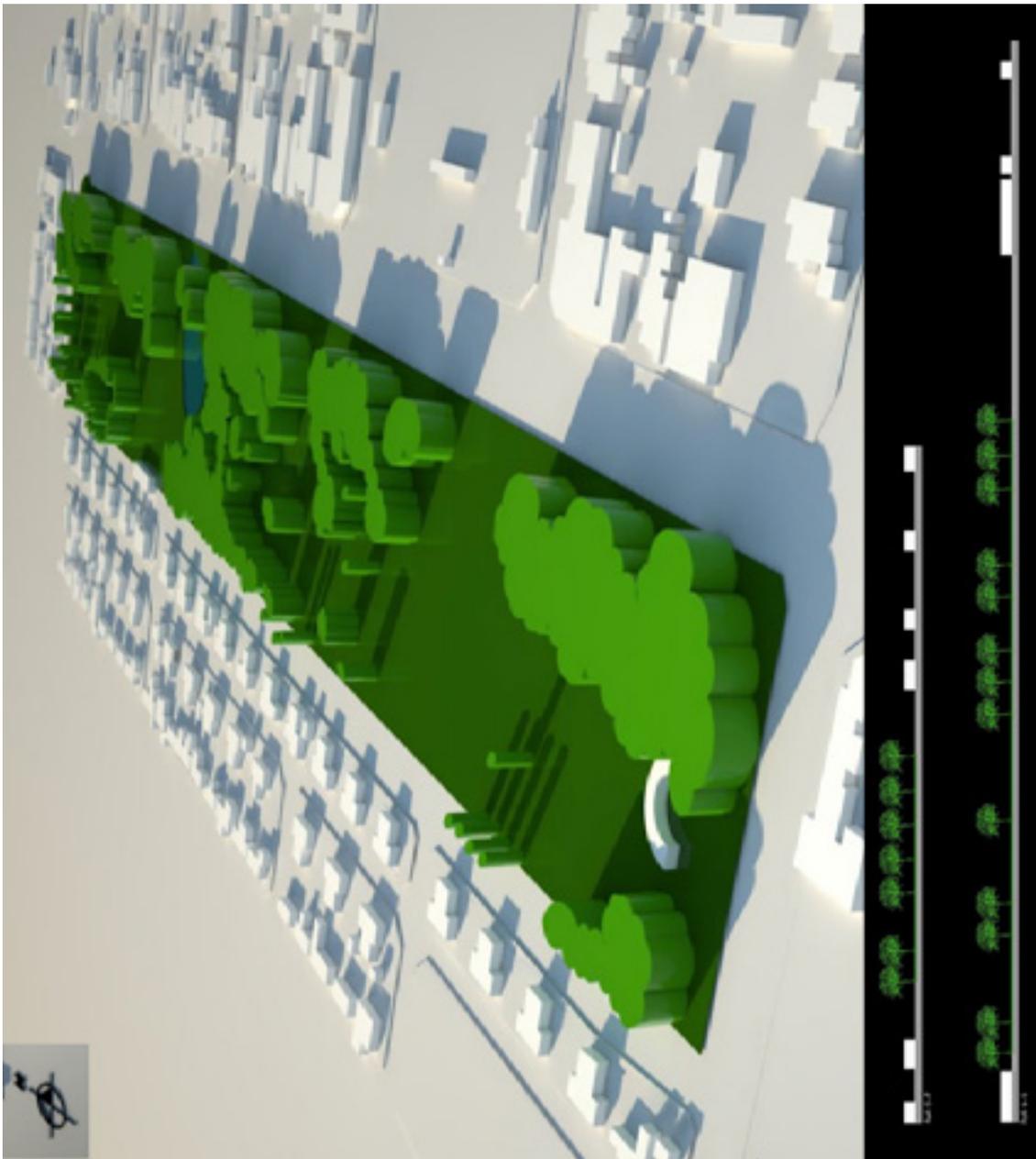
SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA

VERANO: 9.985,74 m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO: 14 %



Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Eucaliptus	30%	ESPECIES VARIAS	Alamos
	Aguaribay	30%		Coníferas
	Tipa	30%		Jacarandá
	Especies Varias	10%		Palmeras

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Eucaliptus	18,00	5,40	10,00	53.923,00	99.857,40
Aguaribay	5,00	1,50		14.978,61	
Tipa	7,00	2,10		20.970,05	
Especies Varias	10,00	1,00		9.985,74	

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	14.104,01	
Eucaliptos	11,75	3,53	11,75		
Aguaribay	11,75	3,53			
Tipa	11,75	3,53			
Especies Varias	11,75	1,18			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 8.812,42m ² VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 88.124,16m ³	BLOQUEO SOLAR: 88,25 %
--	------------------------

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA LAPRIDA

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: EU
UBICACION: Av. Libertador, Catamarca, N. Laprida y Av. Alem
SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 10.265,88m²
SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 12.409,73m²
SUPERFICIE SOLADOS: 7.348,66 m²
IMPRONTA SOLADOS: 59%
SUPERFICIE PRADO: 5.061,07m²
IMPRONTA PRADO: 41%
SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 4.256,38m²
IMPRONTA ARBOREA VERANO: 34%

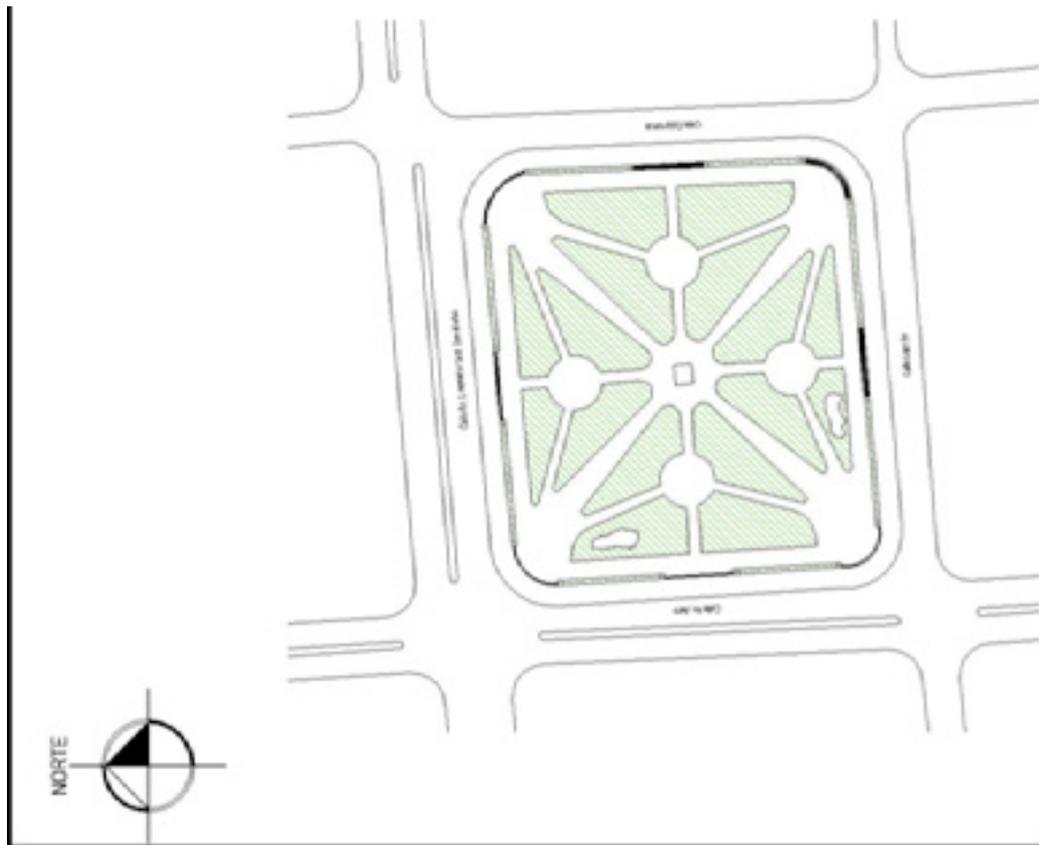
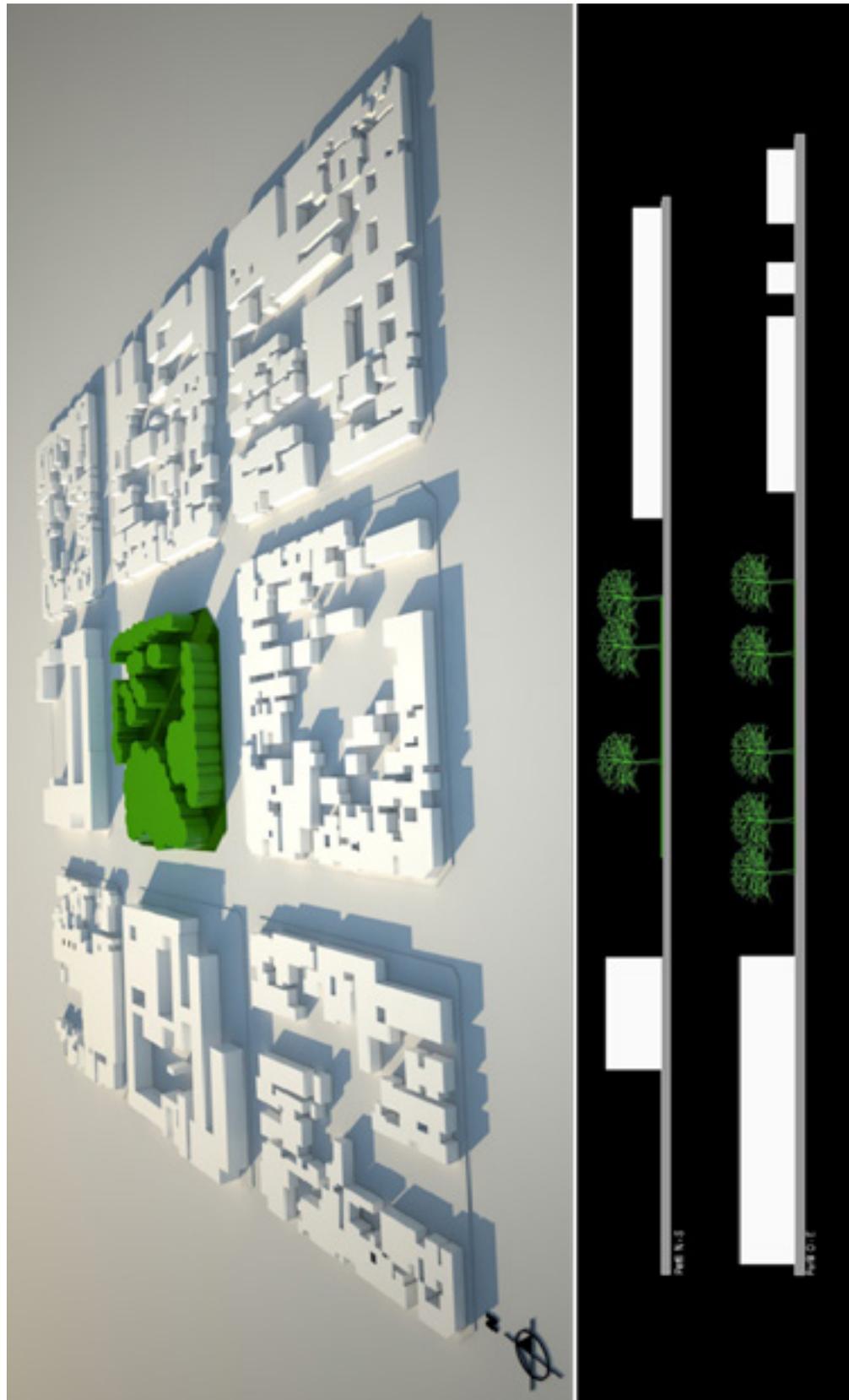


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	75%	ESPECIES VARIAS	No Posee	
	Mora	10%			
	Tipa	10%			
	Palmera	5%			
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	13,00	9,75	11,75	41.499,71	50.012,47
Mora	6,00	0,60		2.553,83	
Tipa	9,00	0,90		3.830,74	
Palmera	10,00	0,50		2.128,19	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	40.301,01	
Plátano	10,20	7,65	10,21		
Mora	6,00	0,60			
Tipa	11,75	1,18			
Palmera	11,75	0,59			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 3.821,70m ²				BLOQUEO SOLAR: 89,79 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 44.904,94m ³					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA ESPAÑA

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC EU

UBICACION: San Luis, Av. España, Av. Libertador, y Av. Las Heras

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 12.870,04m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 14.983,90m²

SUPERFICIE SOLADOS = 3.569,66 m²

IMPRONTA SOLADOS = 24%

SUPERFICIE PRADO = 11.414,24m²

IMPRONTA PRADO = 76%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 5.179,67m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 35 %

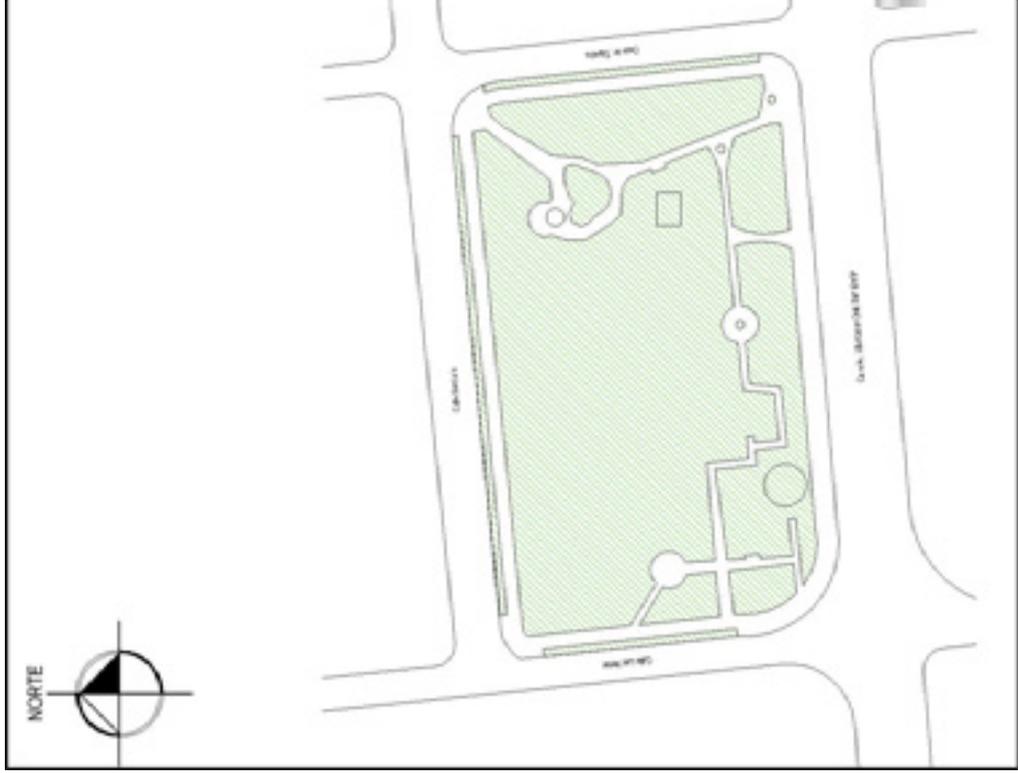
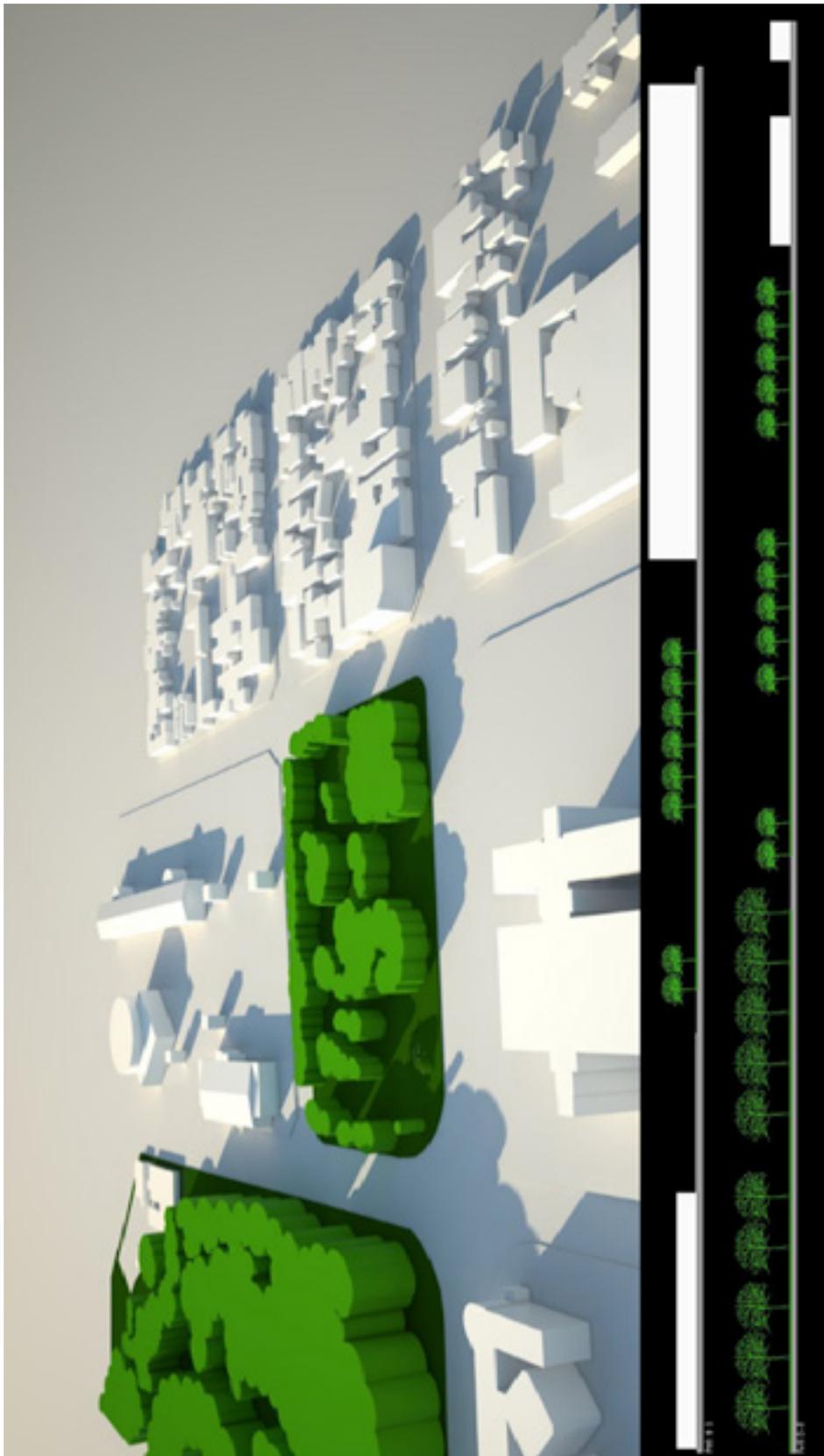


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Eucaliptus	20%	ESPECIES VARIAS	Paraíso
	Jacarandá	30%		Palmera
	Mora	20%		Álamo
	Tipas	10%		Conifera
	Especies Varias	20%		Aguaribay

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Eucaliptus	12,00	2,40	9,00	12.431,21	46.617,03
Jacarandá	7,00	2,10		10.877,31	
Mora	8,00	1,60		8.287,47	
Tipas	11,00	1,10		5.697,64	
Especies Varias	9,00	1,80		9.323,41	

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	31.111,41	
Eucaliptus	11,75	2,35	11,00		
Jacarandá	11,75	3,53			
Mora	8,00	1,60			
Tipas	11,75	1,18			
Especies Varias	11,75	2,35			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 4.609,91m ²	BLOQUEO SOLAR: 89,00 %
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 41.489,16m ³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PARQUE DE MAYO

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: EU

UBICACIÓN: 25 de Mayo esq. Av. Las Heras.

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 125.303,50m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 125.303,50m²

SUPERFICIE SOLADOS = 35.204,74 m²45.

IMPRONTA SOLADOS = 28%

SUPERFICIE PRADO = 80.000,27m²

IMPRONTA PRADO = 64%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO = 53.824,50 m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 43 %

303,23 m²

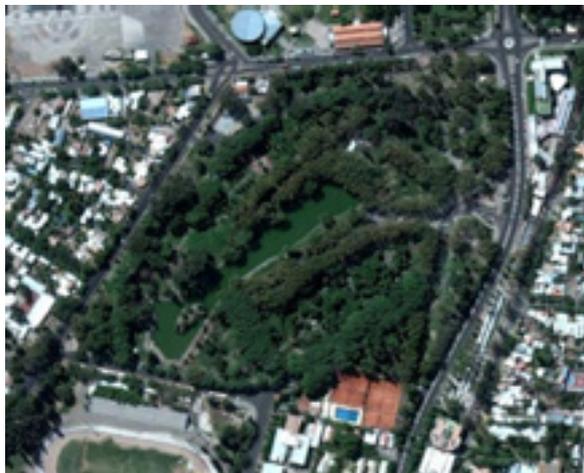
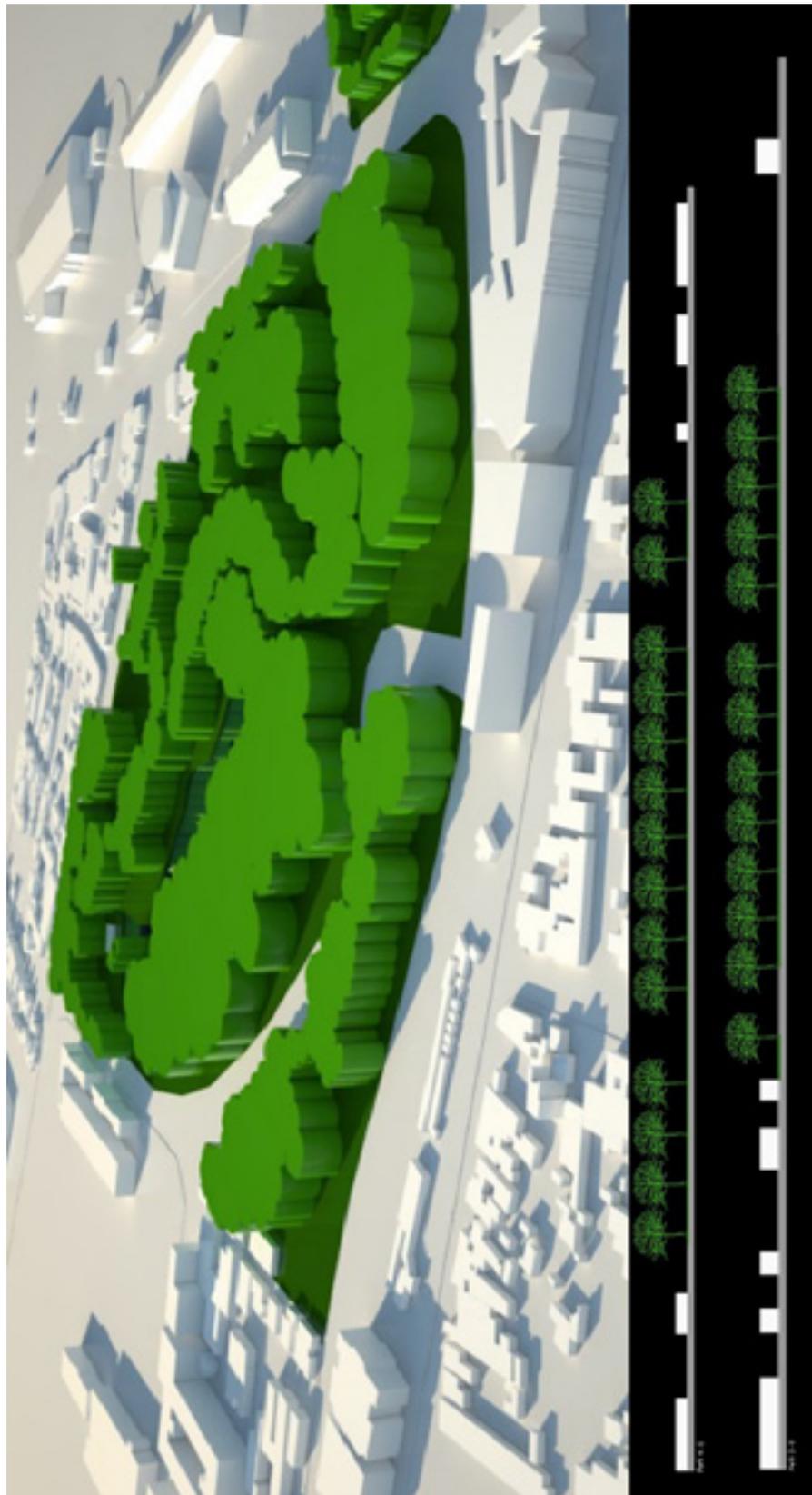


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Plátano	39%	ESPECIES VARIAS	Palmera
	Tipa	26%		Jacarandá
	Eucaliptus	7%		Siempre Verde
	Mora	7%		Brachichitón
	Especies Varias	21%		Conífera

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Plátano	18,00	7,02	15,66	377.847,99	842.891,68
Tipa	16,00	4,16			
Eucaliptus	21,00	1,47			
Mora	10,00	0,70			
Especies Varias	11,00	2,31			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	
Plátano	10,20	3,98	10,88	67.268,01
Tipa	11,75	3,06		
Eucaliptus	11,75	0,82		
Mora	8,00	0,56		
Especies Varias	11,75	2,47		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 47.966,78 m ²	BLOQUEO SOLAR: 89,12 %
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 751.159,77 m ³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA SALVADOR MARIA DEL CARRIL

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: UR

UBICACION: Av. Libertador y Santa María de Oro

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 11.863,33m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 12.926,88m²

SUPERFICIE SOLADOS = 5.483,02 m²

IMPRONTA SOLADOS = 42%

SUPERFICIE PRADO = 7.743,86m²

IMPRONTA PRADO = 58%

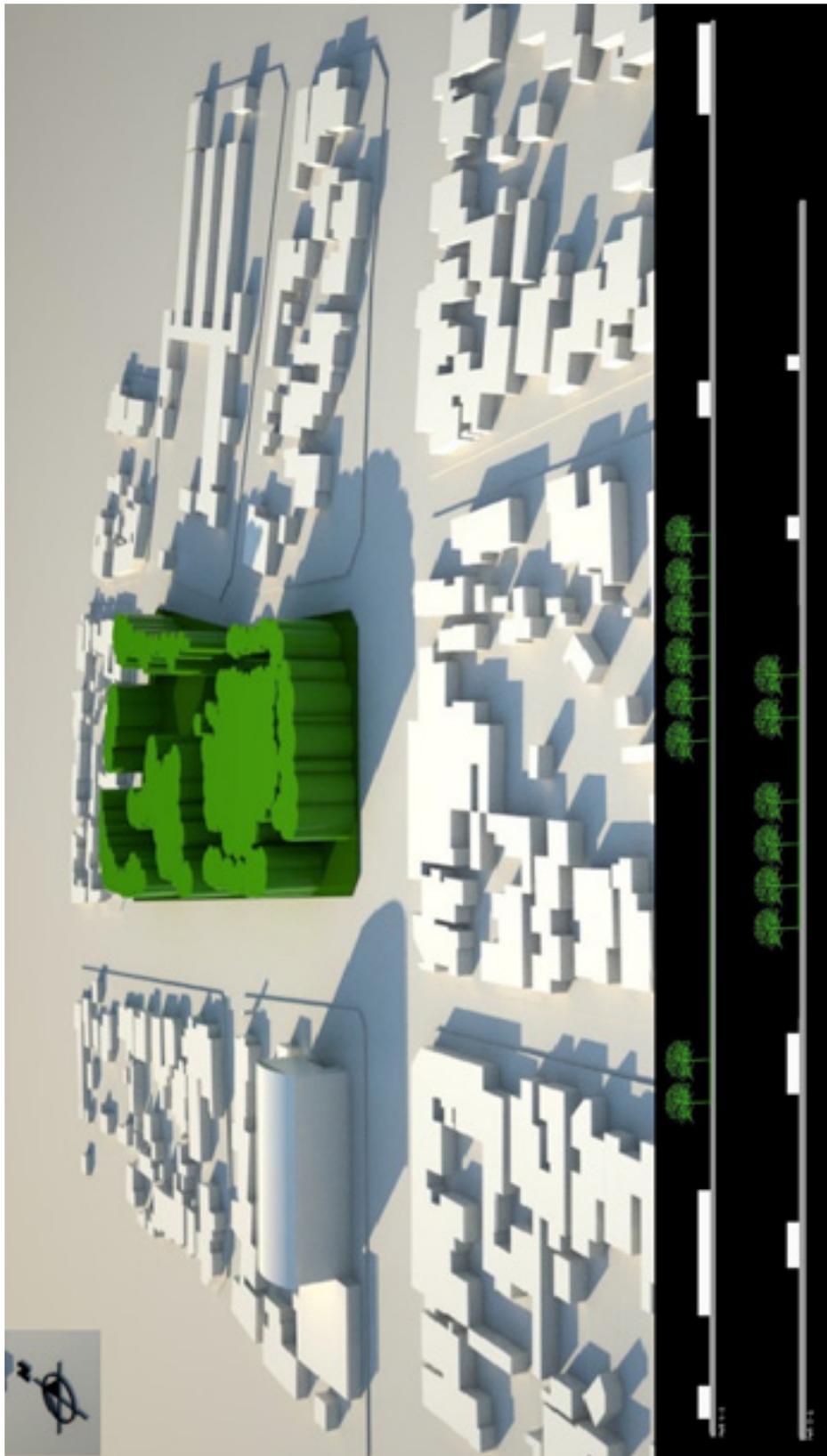
SUPERFICIE PROYECCION ARBÓREA

VERANO = 5.078,68m²

IMPRONTA ARBÓREA VERANO = 39 %



Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aerea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Tipa	30%	ESPECIES VARIAS	Conifera
	Plátano	30%		Palmera
	Mora	20%		Paraiso
	Especies Varias	10%		Siempre Verde

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m ³)	p/EVU (m ³)
Tipa	14,00	4,20	11,60	21.330,46	58.912,69
Plátano	18,00	5,40			
Mora	6,00	1,20			
Especies Varias	8,00	0,80		4.062,94	

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m ³ /Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	45.573,79	
Tipa	11,75	3,53	9,36		
Plátano	10,20	3,06			
Mora	8,00	1,60			
Especies Varias	11,75	1,18			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 4.603,32m ²	BLOQUEO SOLAR: 90,64 %
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 53.398,46m ³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



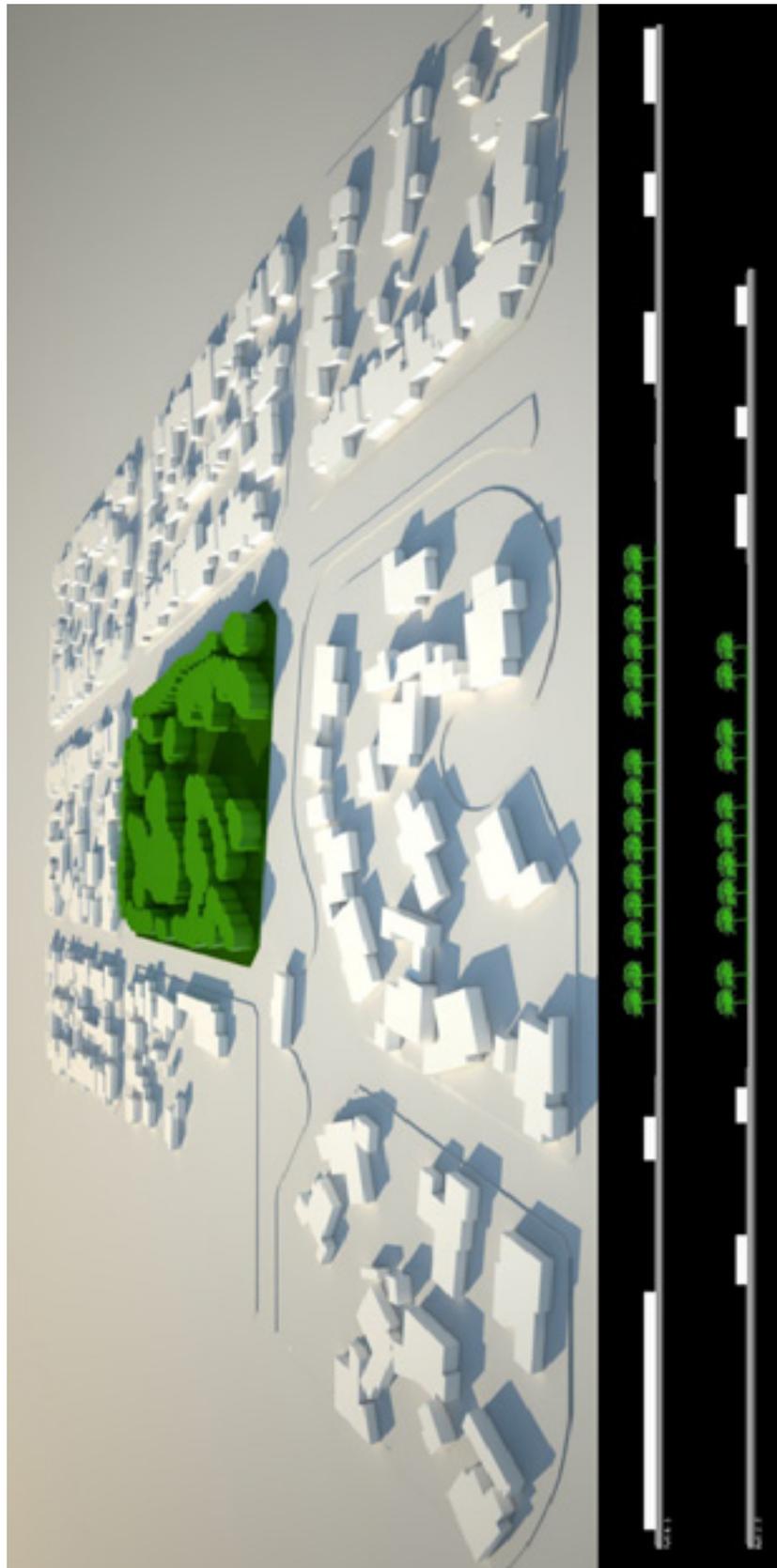
Fotografías del EVU

PLAZA MANUEL BELGRANO

- SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: UR
- UBICACION: J. Manso, E. Echeverría, La Pampa, y O. Andrade.
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 11.587,69m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 13.837,35m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 2.274,20 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 16%
- SUPERFICIE PRADO = 11.563,15m²
- IMPRONTA PRADO = 84%
- SUPERFICIE PROYECCIÓN ARBÓREA VERANO = 4.369,53 m²
- IMPRONTA ARBÓREA VERANO = 32 %



Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Mora	70%	ESPECIES VARIAS	Jacarandá
	Siempre Verde	10%		Palmera
	Álamo	10%		Conífera
	Especies Varias	10%		---

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Mora	8,00	5,60	8,30	24.469,37	36.267,10
Siempre Verde	5,00	0,50			
Álamo	12,00	1,20			
Especies Varias	10,00	1,00			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	
Mora	8,00	5,60	9,03	26.209,57
Siempre Verde	11,75	1,18		
Álamo	10,80	1,08		
Especies Varias	11,75	1,18		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 3.974,98m²	BLOQUEO SOLAR: 90,97%
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 32.992,18m³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA SAN ROQUE

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: UR

UBICACION: Pueyrredón, Espora, Lavalle y Curupaytí.

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 7.806,15m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 9.455,64m²

SUPERFICIE SOLADOS = 2.318,29 m²

IMPRONTA SOLADOS = 25%

SUPERFICIE PRADO = 7.137,35m²

IMPRONTA PRADO = 75%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO = 5.822,24 m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 62 %

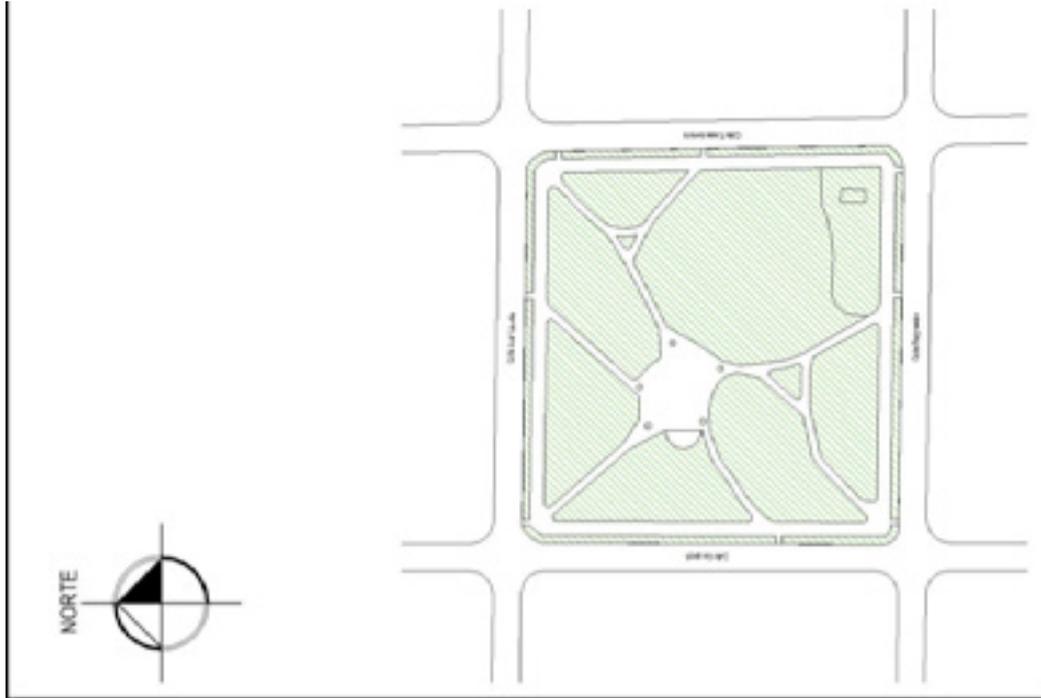
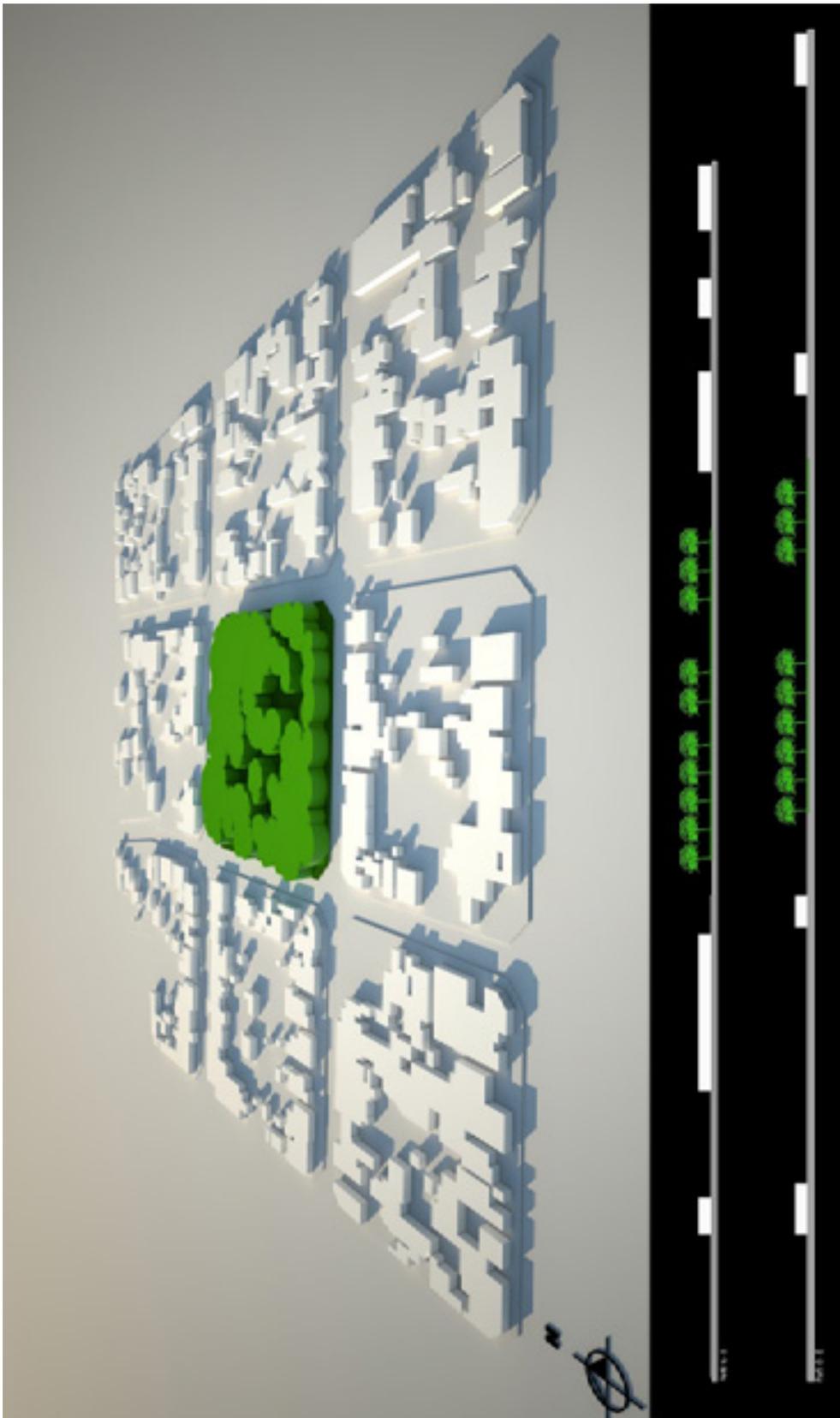


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES		Mora	90%	ESPECIES VARIAS	Conífera
		Especies Varias	10%		Aguaribay
ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Mora	6,00	5,40	6,40	31.440,10	37.262,34
Especies Varias	10,00	1,00		5.822,24	
PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	39.407,52	
Mora	8,00	7,20	8,38		
Especies Varias	11,75	1,18			
IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 5.334,63m²				BLOQUEO SOLAR: 91,63 %	
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 34.141.62m3					

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA BARRIO CAMUS

SECTOR CARDINAL: Oeste - BUC: SU

UBICACION: Period. Argentinos, Gral. Madariaga y Valenzuela Varas

SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 13.838,67m²

SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 16.160,88m²

SUPERFICIE SOLADOS = 2.919,80 m²

IMPRONTA SOLADOS = 18%

SUPERFICIE PRADO = 13.241,08m²

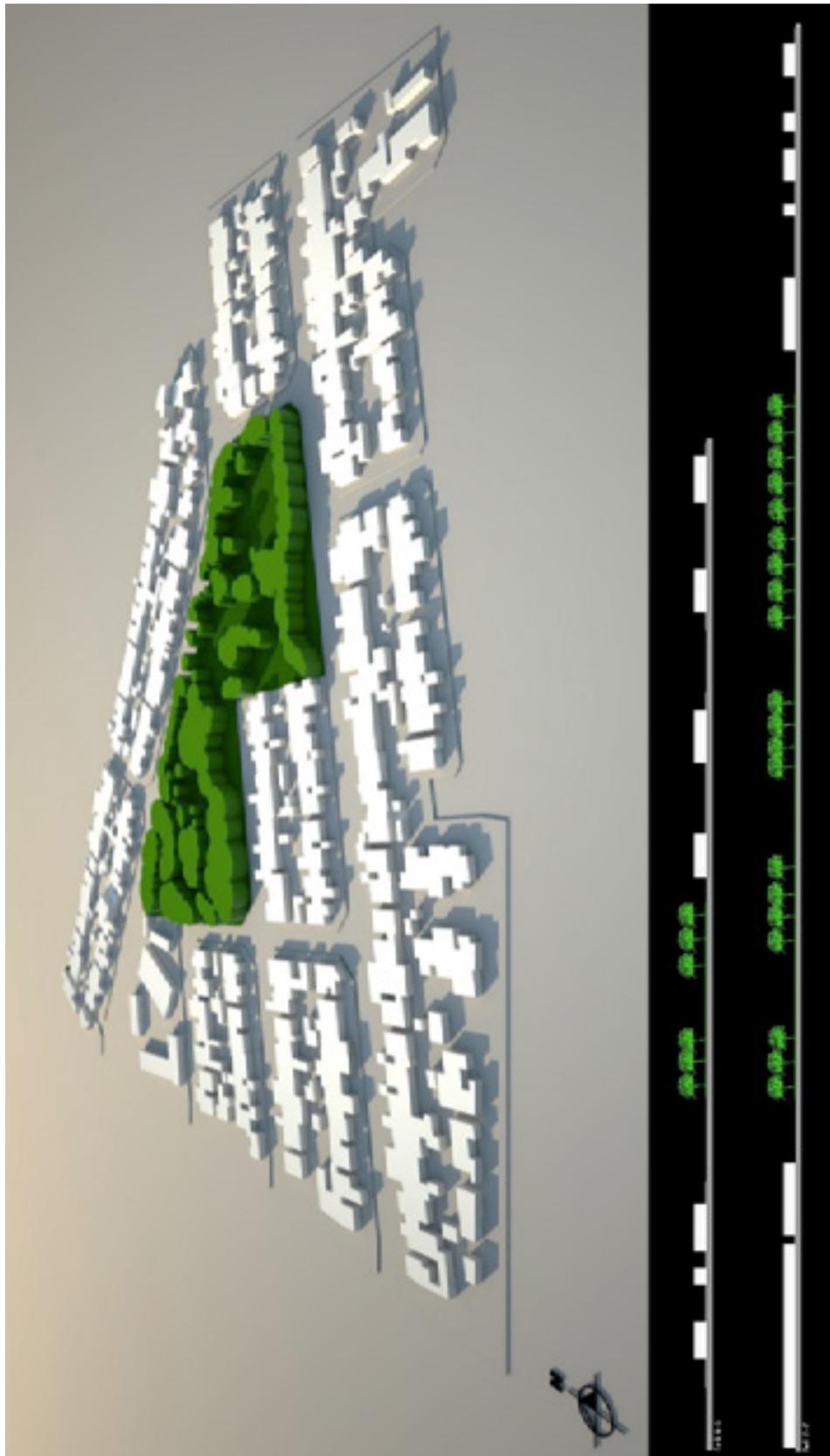
IMPRONTA PRADO = 82%

SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 3.399,66m²

IMPRONTA ARBOREA VERANO = 21 %



Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Mora	50%	ESPECIES VARIAS	Sauce Llorón
	Conifera	20%		Casuarina
	Álamo	10%		Ciruelo
	Especies Varias	10%		Fresno

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Mora	6,00	3,00	7,20	10.198,98	24.477,55
Conifera	12,00	2,40			
Álamo	10,00	1,00			
Especies Varias	8,00	0,80			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	
Mora	8,00	4,00	8,61	15.146,18
Conifera	11,75	2,35		
Álamo	10,80	1,08		
Especies Varias	11,75	1,18		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 3.107,12m²	BLOQUEO SOLAR: 91,40%
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 22.371,26m³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA BARRIO HUAZIUL

- SECTOR CARDINAL: Noroeste - BUC: SU
- UBICACION: Almirante Brown, Primera Junta y Rawson
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 7.305,62m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 8.876,35m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 3.838,86 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 43%
- SUPERFICIE PRADO = 5.037,49m²
- IMPRONTA PRADO = 57%
- SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO: 5.964,13m²
- IMPRONTA ARBOREA VERANO = 67%

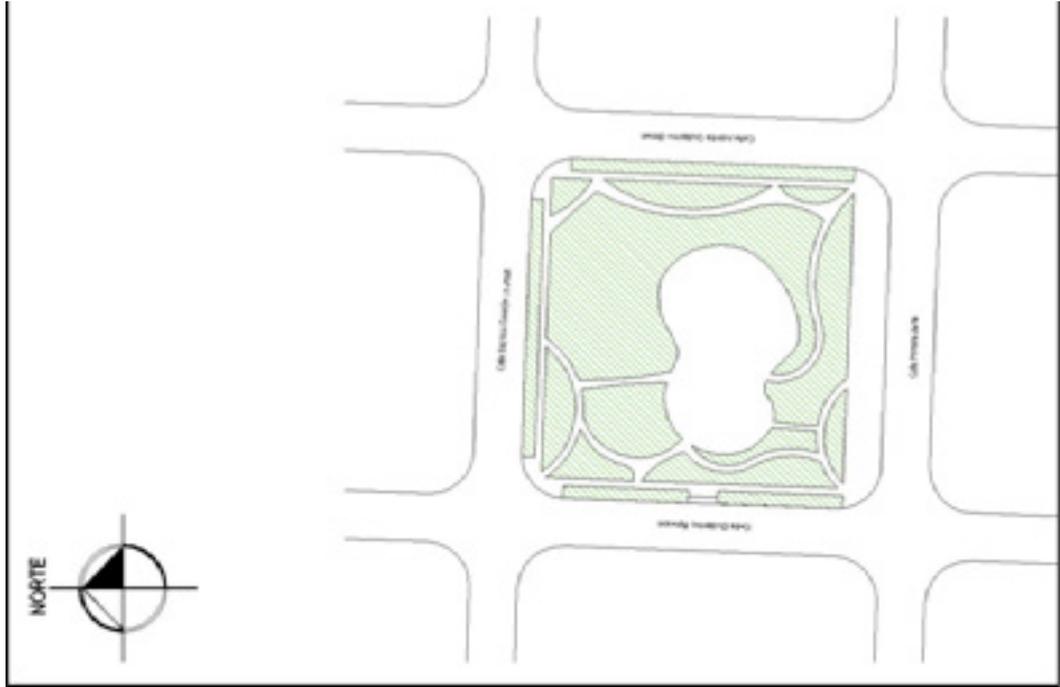
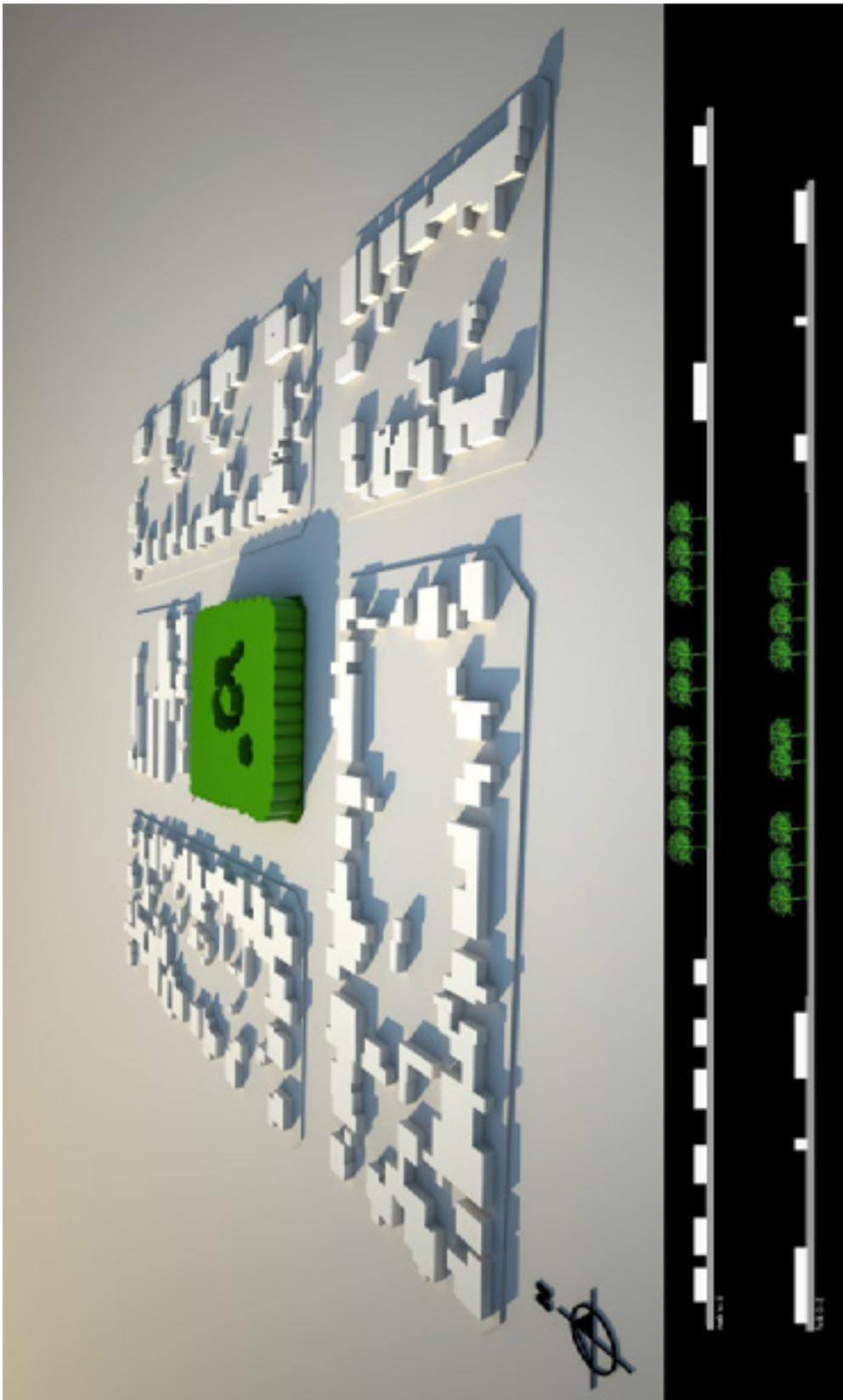


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Mora	80%	ESPECIES VARIAS	Palmera
	Álamo	10%		Conífera
	Especies Varias	10%		Casuarina

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Mora	8,00	6,40	9,40	38.170,43	56.062,82
Álamo	16,00	1,60			
Especies Varias	14,00	1,40			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)
Especie	p/Especie (%)	Ponderada(%)	p/EVU (%)	
Mora	8,00	6,40	8,66	63.159,76
Álamo	10,80	1,08		
Especies Varias	11,75	1,18		

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 5.447,93m²	BLOQUEO SOLAR: 91,35 %
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 51.210,58m³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

PLAZA Vª OBRERA

- SECTOR CARDINAL: Noroeste - BUC: SU
- UBICACION: El Cosechero, R. Calivar, El Sembrador, El Carrerito.
- SUPERFICIE CATASTRAL DEL EVU: 9.981,58m²
- SUPERFICIE CATASTRAL + VEREDA: 11.793,66m²
- SUPERFICIE SOLADOS = 3.850,67 m²
- IMPRONTA SOLADOS = 33%
- SUPERFICIE PRADO = 7.942,99m²
- IMPRONTA PRADO = 67%
- SUPERFICIE PROYECCION ARBOREA VERANO = 6.413,56m²
- IMPRONTA ARBOREA VERANO = 54 %

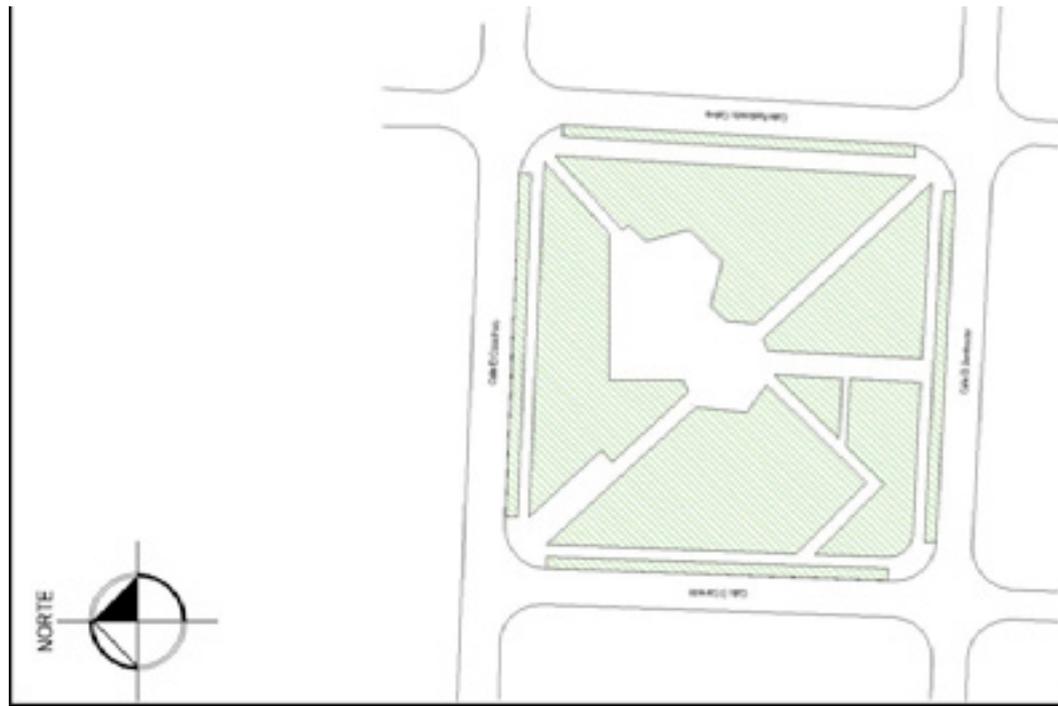
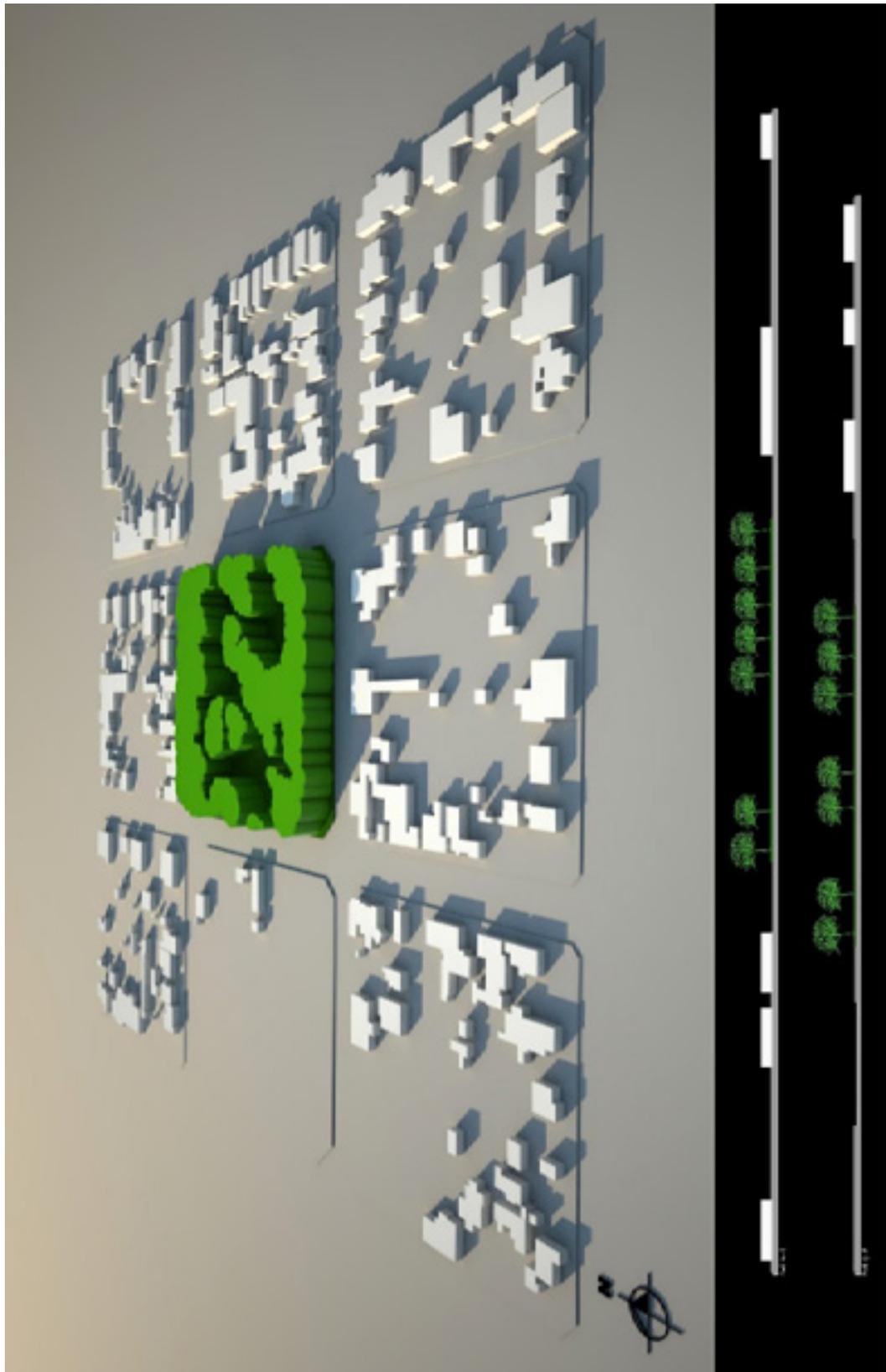


Imagen del EVU (Google Earth) y representación en ACAD



Modelado del EVU y de su entorno inmediato: perspectiva aérea y cortes urbanos en las direcciones E-O y N-S

ESPECIES DOMINANTES	Conifera	45%	ESPECIES VARIAS	Jacarandá
	Eucaliptus	30%		Álamo
	Mora	20%		Casuarina
	Especies Varias	5%		

ALTURA ARBOREA PROMEDIO (m)				VOLUMEN ARBOREO	
Especie	p/Especie (m)	Ponderada (m)	Total (m)	p/Especie (m³)	p/EVU (m³)
Conifera	12,00	5,40	12,20	34.633,22	78.245,43
Eucaliptus	18,00	5,40			
Mora	5,00	1,00			
Especies Varias	8,00	0,40			

PERMEABILIDAD SOLARIMETRICA VERANO				DENSIDAD VOLUMETRICA ARBOREA (m³/Ha)	
Especie	p/Especie (%)	Ponderada (%)	p/EVU (%)	66.345,33	
Conifera	11,75	5,29	11,00		
Eucaliptus	11,75	3,53			
Mora	8,00	1,60			
Especies Varias	11,75	0,59			

IMPRONTA C/PERMEABILIDAD: 5.708,07m²	BLOQUEO SOLAR: 89,00 %
VOLUMEN CON PERMEABILIDAD: 69.638,43m³	

Banco de datos de relevamiento in situ y cálculo de indicadores arbóreos



Fotografías del EVU

ANEXO II

MEDICIONES CLIMÁTICAS EN LOS EVU

PARQUE DE MAYO											
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	MEDIDOR WBGT						ANEMÓMETRO	
				INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h	m/s
	1	Césped	13:05	21,3	38,3	28	29,4	18,1	12,5	0,7	0,2
	2	Césped	13:11	21,2	32,6	28,8	30,8	17,6	10,8	0,5	0,1
	3	Tierra	13:15	22,8	32,6	30,6	32,6	18,9	12,4	7,0	1,9
	4	Piso	13:20	22,1	32,7	29,8	32	18,2	11,6	2,0	0,6
	5	Césped	13:23	22,0	32,8	29,6	31,5	18,2	11,6	1,6	0,4
	6	Césped	13:27	22,2	33,7	29,6	32,2	18,4	12,0	2,1	0,6
	7	Césped	13:31	21,6	33,1	28,7	32,7	17,5	10,8	4,3	1,2
	8	Césped	13:33	22,2	32,5	29,8	32,6	18,2	11,5	0,9	0,3
	9	Césped	13:35	22,1	32,2	29,8	31,9	18,2	11,5	0,7	0,2
11	10	Césped	13:43	22,8	35,5	29,8	32,7	18,9	12,9	5,8	1,6
12	11	Césped	13:47	22,3	32,1	30,1	32,5	18,4	11,7	0,7	0,2
2014	12	Césped	13:52	22,2	31,8	30,1	32,3	18,3	11,5	0,0	0,0
	13	Césped	13:55	22,8	34,0	30,4	32,7	19,0	12,7	2,1	0,6
	14	Césped	13:58	22,0	33,1	29,9	31,1	18,4	11,9	1,6	0,4
	15	Césped	14:01	22,7	37,3	29,9	30,6	19,4	13,8	4,8	1,3
	16	Piso	14:05	22,0	34,1	29,5	31,1	18,4	12,1	0,0	0,0
	17	Césped	14:10	21,8	32,8	29,5	31,6	18	11,4	0,3	0,1
	18	Tierra	14:14	22,1	35,3	29,6	30,8	18,6	12,6	0,0	0,0
	19	Césped	14:18	22,2	31,8	30,1	32,1	18,3	11,5	3,9	1,1
	20	Césped	14:22	22,2	32,9	30,1	31,6	18,6	12,1	0,0	0,0
	21	Césped	14:26	22,8	35,7	30,2	31,9	19,2	13,3	0,3	0,1
	22	Césped	14:29	21,5	30,9	29,7	30,7	17,8	10,7	2,1	0,6
	23	Tierra	14:34	21,7	30,0	30,1	30,8	17,9	10,7	8,5	2,4
	24	Césped	14:37	22,4	33,5	30,1	31,8	18,7	12,3	0,0	0,0
	25	Césped	14:42	23,4	31,1	31,6	34,4	19,2	12,4	1,6	0,4
	26	Césped	14:50	23,9	29,0	33,1	34	19,7	12,6	1,1	0,3
Promedio			14:30	22,2	33,1	29,9	31,9	18,5	12,0	1,9	0,5

Tabla 1: Valores climáticos del Parque de Mayo, medidos in situ y registrados a la hora real.

PLAZA ESPAÑA											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT	HR	TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Césped	14:58	22,6	28,7	31,2	33,4	18,3	10,9	2,6	0,7
	2	Césped	15:01	22,9	30,4	31,3	32,9	18,8	11,8	0,0	0,0
	3	Tierra	15:04	22,6	30,8	30,9	32,5	18,6	11,7	0,0	0,0
	4	Césped	15:07	23,0	32,1	31,3	32,2	19,2	12,6	0,0	0,0
	5	Césped	15:10	22,9	26,7	32,2	33,4	18,6	10,6	1,3	0,4
	6	Césped	15:14	23,3	28,0	32,2	34,4	18,9	11,3	0,0	0,0
	7	Césped	15:17	23,6	30,3	32	34,5	19,3	12,4	1,3	0,4
	8	Césped	15:20	22,7	30,4	31,0	33,3	18,6	11,5	4,6	1,3
	9	Tierra	15:24	23,5	33,1	31,7	33,1	19,7	13,4	4,3	1,2
	10	Césped	15:27	23,9	29,9	32,7	34,5	19,7	12,8	2,1	0,6
	11	Césped	15:29	23,1	29,7	31,8	33,4	19	11,9	0,0	0,0
Promedio			15:17	23,2	30,0	31,9	33,6	19,1	12,1	1,5	0,4

Tabla 2: Valores climáticos de la Plaza España, medidos in situ y registrados a la hora real.

PLAZA GRAL. SAN MARTÍN											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT	HR	TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Césped	15:58	24,3	30,9	33,2	34,3	20,3	13,7	0,0	0,0
	2	Césped	16:00	24,0	28,8	33,2	34,6	19,8	12,6	3,5	1,0
	3	Laja	16:03	23,1	28,9	31,8	33,6	18,9	11,6	5,7	1,6
	4	Césped	16:06	23,2	28,9	32,3	33,0	19,2	11,9	5,7	1,6
	5	Césped	16:08	23,0	27,3	32,3	33,4	18,8	11,1	5,8	1,6
	6	Césped	16:10	23,2	28,3	32,4	33,3	19,1	11,7	2,1	0,6
	7	Césped	16:13	24,0	24,9	34,4	34,8	19,5	11,3	5,0	1,4
	8	Césped	16:15	23,3	29,3	32,1	33,7	19,2	12,0	6,1	1,7
	9	Césped	16:17	23,2	29,2	32,1	33,2	19,2	12,0	8,2	2,3
Promedio			16:08	23,5	28,5	32,6	33,8	19,3	12,0	4,7	1,3

Tabla 3: Valores climáticos de la Plaza San Martín, medidos in situ y registrados a la hora real.

PLAZA BARRIO VILLA OBRERA											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	12:20	19,6	34,9	26,5	27,9	16,3	9,8	0,7	0,2
	2	Césped	12:24	20,2	33,6	27,6	28,6	16,8	10,1	1,3	0,4
	3	Césped	12:29	20,3	33,9	27,7	28,4	17	10,3	3,0	0,8
	4	Tierra	12:32	20,8	31,4	28,7	29,6	17,1	10	3,0	0,8
	5	Piso	12:35	20,8	32,4	28,6	29,3	17,3	10,4	5,9	1,6
	6	Tierra	12:38	21,4	31,2	29,5	30,7	17,7	10,6	2,6	0,7
	7	Tierra	12:40	21,1	33	28,5	30,7	17,4	10,6	2,1	0,6
	8	Tierra	12:43	21,6	35,3	28,2	32,0	17,7	11,5	0,7	0,2
	9	Tierra	12:45	21,6	33,2	29	31,5	17,8	11,2	5,0	1,4
Promedio			12:34	20,8	33,2	28,3	29,9	17,2	10,5	2,7	0,8

Tabla 4: Valores climáticos de Plaza Barrio Villa Obrera, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA BARRIO CAMUS											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	12:59	20,7	33,2	28,2	29,3	17,2	10,4	0,9	0,3
	2	Césped	13:02	21,1	32,1	28,9	30,3	17,4	10,6	2,1	0,6
	3	Césped	13:05	21,7	37,8	28,4	30,4	18,3	12,7	7,6	2,1
	4	Césped	13:07	21,5	33,9	28,8	31	17,8	11,4	0,9	0,3
	5	Piso	13:10	21,7	31,8	29,3	31,8	17,8	10,8	1,1	0,3
	6	Césped	13:13	21,5	34,1	28,7	31,3	17,8	11,4	0,7	0,2
	7	Césped	13:15	21,0	33,6	28	31,1	17,2	10,5	4,3	1,2
	8	Piso	13:18	22,0	37,0	28,8	31,0	18,5	12,7	6,9	1,9
	9	Piso	13:20	22,3	32,4	30,0	32,0	18,5	11,7	3	0,8
	10	Césped	13:23	21,6	34,3	28,6	31,5	17,8	11,4	0,3	0,1
Promedio			13:11	21,6	34,1	28,8	31,2	17,9	11,5	3,0	0,8

Tabla 5: Valores climáticos de la Plaza Barrio Camus, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA BARRIO SAN ROQUE											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	13:36	22,0	30,9	30,1	31,9	18,1	11,1	3,8	1,1
	2	Tierra	13:38	21,5	31,5	29,4	31,0	17,8	10,8	0,7	0,2
	3	Piso	13:40	22,1	31,5	30	31,9	18,2	11,3	4,6	1,3
	4	Tierra	13:43	21,7	30,8	29,2	33,2	17,4	10,1	0,3	0,1
	5	Piso	13:45	22,3	30,5	30,2	33,2	18,1	11	5,7	1,6
	6	Césped	13:48	22,4	30,1	30,4	34,1	18	10,8	1,1	0,3
	7	Césped	13:51	22,4	29,6	30,8	32,9	18,3	11	3,4	0,9
	8	Tierra	13:54	22,6	30,8	30,9	32,9	18,6	11,7	0,0	0,0
	9	Piso	13:56	22,0	31,1	29,9	32,4	18	11	0,0	0,0
Promedio			13:45	22,1	30,8	30,1	32,6	18,1	11,0	2,2	0,6

Tabla 6: Valores climáticos de Plaza Barrio San Roque, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA BARRIO HUAZIUL											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Césped	14:14	22,3	30,1	30,8	31,7	18,4	11,2	0,7	0,2
	2	Tierra	14:16	21,8	32,3	29,7	31,2	18,1	11,3	3,8	1,1
	3	Piso	14:18	22,0	31,6	30,1	31,7	18,2	11,4	5,5	1,5
	4	Césped	14:20	22,2	32,9	30	32	18,4	11,9	0,0	0,0
	5	Tierra	14:22	22,1	30,9	30,3	31,5	18,3	11,3	3,4	0,9
	6	Piso	14:24	22,4	31,0	30,8	31,7	18,6	11,7	0,0	0,0
	7	Tierra	14:26	22,2	30,3	30,6	31,7	18,3	11,2	2,1	0,6
	8	Tierra	14:29	22,7	29,7	31,3	32,7	18,6	11,5	0,0	0,0
	9	Tierra	14:31	22,8	29,9	31,4	32,8	18,8	11,6	3,8	1,1
Promedio			14:22	22,3	31,0	30,6	31,9	18,4	11,5	2,1	0,6

Tabla 7: Valores climáticos de Plaza Barrio San Martín, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA SALVADOR M ^o DEL CARRIL											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Césped	14:44	21,4	31,1	29,4	31	17,6	10,5	3,6	1,0
	2	Tierra	14:47	22,3	31,0	30,5	32,3	18,4	11,4	5,8	1,6
	3	Piso	14:50	22,6	30,1	31,0	33,0	18,5	11,4	0,0	0,0
	4	Césped	14:52	22,2	31,1	30,4	32,2	18,3	11,4	4,0	1,1
	5	Césped	14:55	22,5	30,7	30,8	32,8	18,5	11,5	3,4	0,9
	6	Tierra	14:58	22,2	30,9	30,2	32,4	18,2	11,1	5,4	1,5
	7	Tierra	15:00	22,4	29,6	31	32,4	18,4	11,1	5,0	1,4
	8	Césped	15:03	23,2	28,2	32,1	34	18,9	11,4	0,7	0,2
	9	Césped	15:05	22,8	29,7	31,2	33,8	18,6	11,4	3,0	0,8
	10	Tierra	15:07	22,5	32,1	30,2	33,4	18,4	11,7	5,8	1,6
	11	Césped	15:09	21,9	33,1	29,5	31,4	18,2	11,6	0,0	0,0
Promedio			14:59	22,5	30,6	30,7	32,8	18,4	11,4	3,0	0,8

Tabla 8: Valores climáticos de Plaza S. M^o del Carril, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA MANUEL BELGRANO											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	15:20	22,5	31,3	30,4	33,2	18,4	11,5	5,5	1,5
	2	Césped	15:22	23,1	30,7	31,3	33,8	18,9	12	6,6	1,8
	3	Piso	15:25	22,6	30,4	30,7	33,3	18,5	11,5	1,1	0,3
	4	Césped	15:28	23,4	32	31,3	34,4	19,2	12,6	4,8	1,3
	5	Césped	15:31	23	30,6	31,3	33,2	18,9	11,9	2,1	0,6
	6	Tierra	15:34	23,7	30,2	32	35,3	19,3	12,3	6,5	1,8
	7	Césped	15:36	23,4	29,7	31,5	35,3	18,9	11,7	4,6	1,3
	8	Césped	15:39	22,9	29,8	30,8	35,1	18,4	11,2	0,0	0,0
	9	Piso	15:41	23,7	28,5	32,4	35,5	19,1	11,8	0,0	0,0
Promedio			15:30	23,1	30,4	31,3	34,3	18,8	11,8	3,5	1,0

Tabla 9: Valores climáticos de Plaza Manuel Belgrano, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA NARCISO LAPRIDA											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	11:45	22,4	35,8	29,9	30,8	19,0	13,2	0,0	0,0
	2	Piso	11:47	22,3	38,7	29,3	30,0	19,1	13,7	0,0	0,0
	3	Piso	11:50	22,3	36,2	29,7	30,4	19,0	13,2	0,0	0,0
	4	Césped	11:52	22,9	36,0	30,2	32,3	19,3	13,5	0,7	0,2
	5	Piso	11:55	23,2	34,5	30,4	34,0	19,1	13,0	0,0	0,0
	6	Piso	11:58	22,9	33,2	30,5	33,2	18,9	12,5	2,1	0,6
	7	Piso	12:01	22,6	36,7	29,7	31,8	19,0	13,3	8,3	2,3
	8	Piso	12:04	22,7	35,3	30,2	31,5	19,1	13,1	5,8	1,6
	9	Piso	12:06	23,0	34,1	30,8	32,3	19,3	13,2	0,0	0,0
Promedio			11:55	22,7	35,6	30,1	31,8	19,1	13,2	1,9	0,5

Tabla 10: Valores climáticos de Plaza Narciso Laprida, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA 25 DE MAYO											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	12:25	23,2	32,1	31,5	32,8	19,4	12,9	2,6	0,7
	2	Piso	12:28	22,6	33,3	30,4	32,4	18,8	12,4	8,1	2,3
	3	Césped	12:31	22,7	33,2	30,7	32,1	19	12,6	0,0	0,0
	4	Césped	12:34	22,4	34,4	29,8	32,0	18,6	12,4	5,7	1,6
	5	Piso	12:37	22,8	32,6	31,0	32,0	19,1	12,6	1,3	0,4
	6	Piso	12:40	22,6	32,5	30,8	31,6	18,9	12,4	4,2	1,2
	7	Césped	12:42	22,7	32,2	31,0	31,7	19,0	12,4	4,6	1,3
	8	Césped	12:46	22,6	31,9	30,9	31,6	18,9	12,2	4,5	1,3
	9	Piso	12:49	22,7	30,6	31,1	32,2	18,8	11,8	0,9	0,3
Promedio			12:37	22,7	32,5	30,8	32,0	18,9	12,4	3,5	1,0

Tabla 11: Valores climáticos de Plaza 25 de Mayo, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA ANTONINO ABERASTAIN											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT	HR	TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Piso	13:05	23,7	29,7	32,5	34,3	19,6	12,6	0,0	0,0
	2	Césped	13:07	24,6	28,8	33,6	36,2	20,1	13,0	4,6	1,3
	3	Piso	13:11	23,9	27,6	33,2	34,9	19,5	12,0	3,9	1,1
	4	Tierra	13:14	23,2	29,3	32,3	33,0	19,3	12,1	4,7	1,3
	5	Piso	13:17	23,5	28,4	32,8	33,3	19,4	12,1	0,0	0,0
	6	Piso	13:20	23,5	29,6	32,4	33,8	19,4	12,3	6,1	1,7
	7	Tierra	13:22	22,9	31,9	31,2	32,2	19,1	12,5	0,0	0,0
	8	Césped	13:25	23,6	31,5	32,2	33,4	19,7	13,1	5,9	1,6
	9	Piso	13:28	23,4	28,7	32,5	33,5	19,3	12,0	5,0	1,4
Promedio			13:16	23,6	29,5	32,5	33,8	19,5	12,4	3,4	0,9

Tabla 12: Valores climáticos de Plaza A. Aberastain, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA GERTRUDIS FUNES											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT	HR	TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Piso	13:45	22,7	29,2	31,8	31,5	19	11,7	0,5	0,1
	2	Césped	13:48	22,9	30,8	31,3	32,9	18,9	12,0	1,6	0,4
	3	Césped	13:51	22,5	30	31,2	31,9	18,6	11,5	4,8	1,3
	4	Césped	13:54	23,7	29,7	32,7	33,9	19,6	12,7	0,0	0,0
	5	Piso	13:58	23,5	27,9	32,9	33,8	19,3	11,9	0,7	0,2
	6	Piso	14:02	23,1	27,7	32,3	33,6	18,9	11,3	3,4	0,9
	7	Tierra	14:06	23,4	29,2	32,3	33,7	19,3	12,1	0,0	0,0
	8	Césped	14:09	24,0	28,3	33,0	35,4	19,5	12,2	0,9	0,3
	9	Piso	14:12	23,9	27,7	33,3	34,6	19,6	12,1	7,2	2,0
Promedio			13:58	23,3	28,9	32,3	33,5	19,2	11,9	2,1	0,6

Tabla 13: Valores climáticos de Plaza G. Funes, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA HIPÓLITO YRIGOYEN											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	14:28	22,7	28,6	31,8	32,6	18,7	11,3	0,0	0,0
	2	Tierra	14:34	23,0	27,7	32,2	33,1	18,7	11,1	3,6	1,0
	3	Tierra	14:38	24,2	26,3	33,8	35,9	19,6	11,7	0,5	0,1
	4	Césped	14:40	24,3	27,3	33,6	36,0	19,7	12,2	2,6	0,7
	5	Césped	14:43	23,1	27,6	32,2	34,0	18,8	11,1	1,3	0,4
	6	Piso	14:46	23,6	25,5	33,3	35,2	19,0	10,9	0,3	0,1
	7	Tierra	14:49	23,5	25,3	33,2	34,9	18,9	10,7	3,8	1,1
	8	Tierra	14:52	23,6	25,3	33,2	35,4	18,9	10,7	6,2	1,7
	9	Piso	14:55	23,5	24,6	33,6	34,3	19,0	10,6	3,9	1,1
Promedio			14:43	23,5	26,5	33,0	34,6	19,0	11,1	2,5	0,7

Tabla 14: Valores climáticos de Plaza H. Yrigoyen, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA Bº SAN DAMIÁN											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT °C	HR %	TA °C	TG °C	TBH °C	PR °C	Velocidad del aire km/h m/s	
2014	1	Piso	12:13	23,4	21,3	34,2	35,1	18,6	9,0	4,2	1,2
	2	Césped	12:15	23,5	20,5	34,5	35,7	18,5	8,6	0,9	0,3
	3	Tierra	12:17	24,7	20,6	35,8	37,8	19,3	9,7	1,6	0,4
	4	Piso	12:21	24,2	16,2	36,3	39,1	18,4	6,7	5,3	1,5
	5	Césped	12:23	23,9	16,0	36,1	38,1	18,1	6,3	4,8	1,3
	6	Tierra	12:26	24,5	15,8	36,8	39,5	18,5	6,6	6,6	1,8
	7	Tierra	12:28	24,5	17,0	36,7	38,7	18,8	7,6	0,0	0,0
	8	Tierra	12:31	24,2	15,7	36,5	38,7	18,3	6,3	4,5	1,3
	9	Césped	12:33	24,1	16,3	36,6	37,7	18,5	6,9	4,3	1,2
Promedio			12:23	24,1	17,7	35,9	37,8	18,6	7,5	3,6	1,0

Tabla 15: Valores climáticos de Plaza Bº San Damián, medidos in situ y registrados a la hora real

PARQUE RAWSON											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT		TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Piso	12:46	24,5	14,8	37,7	38,3	18,8	6,5	2,6	0,7
	2	Césped	12:49	24,9	17,1	37,0	39,2	19,0	8,0	4,6	1,3
	3	Césped	12:52	25,5	18,4	37,8	39,4	19,9	9,7	3,9	1,1
	4	Césped	12:55	25,4	16,8	37,9	39,9	19,5	8,4	3,4	0,9
	5	Césped	12:58	25,0	16,3	37,3	39,8	19,0	7,7	5,0	1,4
	6	Césped	13:00	25,7	12,0	40,2	42,3	18,9	4,9	4,2	1,2
	7	Césped	13:05	25,1	13,0	38,7	40,9	18,7	5,4	4,8	1,3
	8	Césped	13:09	26,0	15,4	39,1	41,9	19,6	8,1	9,5	2,6
	9	Césped	13:13	24,5	11,4	38,4	40,7	18,0	3,3	0,5	0,1
	10	Césped	13:15	24,4	12,5	38,1	40,0	18,0	3,7	0,0	0,0
	11	Césped	13:19	24,8	13,5	38,4	39,7	18,7	5,6	3,9	1,1
	12	Césped	13:22	24,1	11,7	37,8	39,3	17,7	3,0	2,1	0,6
	13	Césped	13:25	24,9	11,5	39,4	40,4	18,5	4,0	0,0	0,0
	14	Césped	13:27	24,6	12,0	38,3	40,5	18,1	3,9	0,5	0,1
	15	Césped	13:30	24,8	16,4	38,0	39,6	18,7	8,1	5,4	1,5
	16	Césped	13:35	24,6	13,8	37,8	39,6	18,5	5,5	12,5	3,5
Promedio			13:21	24,7	13,1	38,4	40,2	18,4	5,0	3,8	1,1

Tabla 16: Valores climáticos de Parque Rawson, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA VILLA KRAUSE											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT		TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Piso	13:49	23,9	11,5	38,0	38,4	17,8	3,1	5,0	1,4
	2	Césped	13:52	24,0	12,4	37,6	38,8	17,9	3,9	1,6	0,4
	3	Césped	13:57	23,7	11,4	37,5	38,5	17,5	2,5	5,4	1,5
	4	Césped	13:59	24,1	11,8	37,8	39,3	17,8	3,2	6,6	1,8
	5	Césped	14:01	23,8	11,8	37,5	38,9	17,6	3,0	5,9	1,6
	6	Césped	14:04	24,8	13,9	38,2	39,9	18,7	5,9	2,6	0,7
	7	Césped	14:06	24,8	14,3	37,9	39,6	18,7	6,1	1,8	0,5
	8	Césped	14:09	24,2	12,8	37,7	39,4	18,0	4,3	2,8	0,8
	9	Césped	14:11	24,0	10,5	38,3	39,7	17,6	2,0	0,7	0,2
Promedio			14:01	24,1	12,3	37,8	39,2	18,0	3,8	3,6	1,0

Tabla 17: Valores climáticos de Plaza Villa Krause, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA ACCESO SUR											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT		TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Césped	14:38	22,3	11,7	35,7	36,0	16,5	1,5	1,1	0,3
	2	Césped	14:41	22,8	9,7	36,8	37,6	16,6	-0,1	1,7	0,5
	3	Césped	14:44	23,4	9,8	37,4	39,3	16,9	0,3	1,3	0,4
	4	Césped	14:46	24,0	11,6	37,4	40,1	17,5	2,7	1,5	0,4
	5	Césped	14:48	24,5	10,5	38,8	40,1	18,0	2,4	0,7	0,2
	6	Césped	14:51	23,5	9,7	37,9	39,0	17,1	0,6	1,0	0,3
	7	Césped	14:53	24,5	12,6	37,9	40,3	18,1	4,2	1,1	0,3
	8	Césped	14:58	23,5	9,0	37,8	39,9	16,8	-0,4	0,0	0,0
	9	Césped	15:01	24,6	10,9	38,8	41,0	18,0	2,9	0,0	0,0
Promedio			14:49	23,7	10,6	37,6	39,3	17,3	1,6	0,9	0,3

Tabla 18: Valores climáticos de Plaza Acceso Sur, medidos in situ y registrados a la hora real

PLAZA ALMTE. GUILLERMO BROWN											
MEDIDOR WBGT										ANEMÓMETRO	
DÍA	PUNTO	SUPERFICIE	HORA	INDICE WBGT		TA	TG	TBH	PR	Velocidad del aire	
				°C	%	°C	°C	°C	°C	km/h	m/s
2014	1	Piso	15:16	23,7	13,6	37,1	37,3	18,0	4,7	0	0,0
	2	Tierra	15:18	23,1	12,6	36,4	36,9	17,3	3,1	0	0,0
	3	Piso	15:21	23,2	11,0	37,6	37,1	17,2	2,2	0,9	0,3
	4	Tierra	15:23	23,2	10,0	37,6	37,8	17,0	0,8	0	0,0
	5	Tierra	15:25	23,2	9,8	37,6	38,1	17,0	0,5	0	0,0
	6	Tierra	15:28	22,8	8,7	37,3	38,0	16,5	-1,2	0	0,0
	7	Césped	15:31	22,9	9,5	37,3	37,5	16,7	-0,1	0,2	0,1
	8	Piso	15:34	22,9	8,8	37,5	38,1	16,6	-1,0	1,3	0,4
	9	Tierra	15:37	23,2	8,2	38,2	38,6	16,7	-1,4	0,2	0,1
Promedio			15:26	23,1	10,2	37,4	37,7	17,0	0,8	0,3	0,1

Tabla 19: Valores climáticos de Plaza A. G. Brown, medidos in situ y registrados a la hora real

ANEXO III

BANCO DE DATOS DE ÁRBOLES ESTUDIADOS

Cada una de las especies estudiadas se presenta conforme el siguiente detalle:

NOMBRE COMÚN NOMBRE BOTÁNICO FAMILIA
FOTOGRAFIA DE INVIERNO Y VERANO DE UN EJEMPLAR AISLADO FOTOGRAFIA DE INVIERNO Y VERANO DEL EJEMPLAR MEDIDO
FENOLOGÍA: foliación, floración y fructificación DESCRIPCIÓN: fenotipo, hojas, ramas, corteza, inflorescencia y flores, fruto
CRECIMIENTO
CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

ACACIA

Acacia Visco

(Fuente: Árboles nativos del Centro de Argentina)

<p>NOMBRE COMÚN: Visco NOMBRE BOTÁNICO: <i>Acacia visco</i> FAMILIA: Mimosáceas</p>	<p>FENOTIPO</p> 
--	---

VERANO - INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: desde principios de primavera hasta el otoño

floración: octubre, noviembre y diciembre

fructificación: febrero, marzo, abril

DESCRIPCIÓN

fenotipo: árbol mediano a grande, de 8 a 15 m de altura; copa rala e irregular en forma de cono invertido, con el extremo superior redondeado

hojas: caducas, bipinaticompuestas, alternas, verde claras, grandes. Eje principal de 4 a 15 cm de longitud, 3 a 20 pares de ejes secundarios de 3 a 17 cm, cada uno con 20 a 40 pares de foliolulos de 5 a 7mm de long.

corteza: castaño clara o rojiza, rugosa, con profundas hendiduras longitudinales.

inflorescencia y flores: completas, muy pequeñas, de aprox. 9mm de long. Cáliz y corola tubulares. Numerosos estambres. Se agrupan en inflorescencias esféricas parecidas a pompones, amarillo pálidas sostenidas por pedúnculos de 1,5 a 4 cm de long., agrupadas de 2 a 4 fascículos.

fruto: vaina o chaucha membranosa, chata, seca, de 7 a 15 por 1,5 a 2,5cm, castaño amarillenta, con el extremo puntiagudo, con 6 a8 semillas circulares aplanadas.

CRECIMIENTO: Rápido.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Se distribuye en Chile, Bolivia y Argentina. Es común en el Chaco serrano y Monte, vinculada siempre a zonas de más humedad, como quebradas y valles. Tolera bien la sequía y es muy cultivada al punto de asilvestrarse en algunos parajes al sur y este de su distribución espontánea

ALAMO CAROLINO

Populus deltoides
(Fuente: Libro del árbol III)

NOMBRE COMÚN: Carolino NOMBRE BOTÁNICO: <i>Populus deltoides</i> FAMILIA: Salicáceas	FENOTIPO 
---	---

VERANO INVIERNO**FENOLOGÍA**

foliación: desde principios de primavera hasta el otoño
floración: sin interés
fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: árbol de gran porte, alcanza alturas de 15 a 25m, copa globosa y regular, con abundantes ramas. Tronco derecho, muy cilíndrico y corteza color castaño grisácea con profundas hendiduras en estado adulto.

hojas: caducas, verde amarillentas, grandes de hasta 30 cm de largo, de forma someramente triangular, sin vello, con bordes dentados, base casi trunca sobre un peciolo comprimido lateralmente, presentando dos o más glándulas en su inserción.

corteza: agrietada, gris oscura

inflorescencia y flores: posee únicamente flores masculinas, ya que es un clon cuyas cualidades se mantienen en el tiempo mediante reproducción agámica.

fruto:

CRECIMIENTO: Rápido.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Originario del valle del Misisipi en Estados Unidos, crece en climas desde templado-cálido hasta templado-frío. En general requiere un periodo de frío en invierno. Se planta en suelos desde arenosos a algo pesados y húmedos. Es resistente a los fríos pero sensible a las heladas tardías.

ALAMO PLATEADO

Populus alba
(Fuente: Deodendron)

<p>NOMBRE COMÚN: Alamo plateado Alamo blanco NOMBRE BOTÁNICO: <i>Populus alba</i> FAMILIA: Salicáceas</p>	<p>FENOTIPO</p> 
--	--

VERANO -

INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: desde principio de primavera hasta fines de otoño.

floración: sin interés

fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma ovoidal irregular, de tronco más o menos recto y follaje distribuido.

hojas: caducas; alternas, de variadas formas (palmadas, ovaladas o acorazonadas), con 3 a 5 lóbulos burdamente dentados, de 6 a 12cm de largo; color verde oscuro por encima y blancas por debajo.

corteza: lisa, blanco verdosa; agrietada y marrón oscura en la base del tronco.

inflorescencia y flores: sin interés; grises y rojas.

fruto: cápsula ovoide, marrón claro; sin interés

CRECIMIENTO

Rápido, por ello sirve para detener la erosión. Su madera blanda es útil como pulpa en poco tiempo. Tiene corta vida y raíces muy invasoras que lo hacen inapropiado en jardines pequeños y en la proximidad de las construcciones.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Originario del centro y sur de Europa y Asia Menor. Es rústico en cuanto a condiciones de temperatura y de suelos, pero vive mejor en sitios bajos y suelos húmedos.

FRESNO COMÚN

Fraxinus Excelsior
(Fuente: Deodendron - Chanes, et al., 1979)

NOMBRE COMÚN: Fresno NOMBRE BOTÁNICO: <i>Fraxinus excelsior</i> FAMILIA: Oleáceas	FENOTIPO 
--	---

VERANO**INVIERNO****FENOLOGÍA**

foliación: desde principios de primavera hasta mediados el otoño

floración: principios de primavera

fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma ovoidal irregular, tronco recto, follaje distribuido. Puede llegar a medir de 20 a 30m y diámetro de 6 a 10m

hojas: caducas, opuestas, de 20 a 25 cm de largo, compuestas por 9 a 11 folíolos lanceolados, aserrados; color verde oscuro por encima y muy pálido por debajo

corteza: lisa, gris verdosa; al envejecer fisurada

inflorescencia y flores: posee únicamente flores masculinas, ya que es un clon cuyas cualidades se mantienen en el tiempo mediante reproducción agámica.

fruto: sámara alada, en racimos

CRECIMIENTO: Rápido.

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Originario del sur de Europa. Vive en cualquier tipo de terreno, necesitando algo de humedad. Madera muy dura, se utiliza por su sombra y para contención de taludes. Sus ramas son poco resistentes a la acción de los vientos

LIQUIDAMBAR

Liquidambar styraciflua
(Fuente: Deodendron – Chanes, et al., 1979)

<p>NOMBRE COMÚN: Liquidámbar NOMBRE BOTÁNICO: <i>Liquidambar styraciflua</i> FAMILIA: Hamamelidáceas</p>	<p>FENOTIPO</p> 
---	---

VERANO

INVIERNO



<p>FENOLOGÍA foliación: desde principios de primavera hasta fines de otoño floración: sin interés fructificación: sin interés</p>
--

<p>DESCRIPCIÓN fenotipo: forma ovoidal de ramas extendidas comenzando desde la parte inferior del tronco; follaje denso. Puede llegar a medir de 15 a 20m y diámetro de 5 a 7m. hojas: caducas, alternas, palmeadas, de 5 a 7 lóbulos, de 10 a 18 cm de ancho, peciolo de 6 a 12cm; levemente aserradas, color verde oscuro brillante, se tornan rojas en otoño corteza: grisácea, gruesa, muy hendida inflorescencia y flores: amarillas, en grupos esféricos fruto: pequeñas cápsulas color marrón brillante, reunidas en una esfera de unos 3 cm de diámetro, semejante al fruto el plátano.</p>
--

<p>CRECIMIENTO Medio, lento en la primera edad.</p>

<p>CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS Originario del norte de América. Prefiere suelos húmedos, profundos y de mediana compacidad; mucha luz; resistente al frío.</p>

MORERA*Morus alba pendula*

(Fuente: Deodendron - Chanes, et al., 1979)

NOMBRE COMÚN: Mora NOMBRE BOTÁNICO: <i>Morus alba pendula</i> FAMILIA: Moráceas	FENOTIPO 
--	---

VERANO**INVIERNO****FENOLOGÍA****foliación:** fines de invierno a mediados de otoño**floración:** sin interés**fructificación:** sin interés**DESCRIPCIÓN****fenotipo:** forma esférica irregular, de folaje denso; tronco corto, ramas grisáceas. Alcanza los 8 a 15m de altura y de 6 a 8m de diámetro.**hojas:** caducas, alternas, oval acuminadas o divididas en 5 o 7 lóbulos (polimórficas), anchas de 6 a 12 cm de largo, irregularmente aserradas; color verde claro brillante.**corteza:** color gris amarillento, gruesa, muy fisurada.**inflorescencia y flores:** blanquecinas.**fruto:** al ser híbrida con pie masculino, no posee frutos.**CRECIMIENTO:** Rápido, vive alrededor de 100 años.**CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS:** Rústica en cuanto a la naturaleza de los suelos, pero algo sensible a las heladas.

OLMO BOLA

Ulmus procera
Fuente (Deodendron)

NOMBRE COMÚN: Olmo NOMBRE BOTÁNICO: <i>Ulmus campestris</i> FAMILIA: Ulmáceas	FENOTIPO 
--	--

VERANO



INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: principios de primavera hasta mediados de otoño
floración: fines de invierno hasta principios de primavera
fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma esférica regular de tronco recto, ramillas delgadas, follaje denso.
hojas: caducas, alternas, de pecíolo corto, ovaladas, oblicuas en la base, de 5 a 8 cm de largo, doblemente aserradas, de nervación notoria; color verde medio por encima., oscuras por debajo.
corteza: marrón grisácea oscura; muy fisurada.
inflorescencia y flores: en densos ramilletes rojizos, antes de las hojas.
fruto: sámara sencilla, verdosa, plana, ovalada con semilla a un extremo, de 1 a 2cm de ancho, en grupos.

CRECIMIENTO

Medio, vive 300 años

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS : Originaria de Europa y norte de Africa. Rústica en cuanto a la naturaleza de los suelos, prefiriendo los ricos y frescos. Resistente al frío, prefiere los clima templados, en tierras llanas y valles. Es atacado por insectos. Constituye una de las 15 variedades del *ulmus campestris*.

OLMO COMÚN*Ulmus campestris*

(Fuente: Deodendron)

NOMBRE COMÚN: Olmo NOMBRE BOTÁNICO: <i>Ulmus campestris</i> FAMILIA: Ulmáceas	FENOTIPO 
--	--

VERANO

INVIERNO

**FENOLOGÍA****foliación:** principios de primavera hasta mediados de otoño**floración:** fines de invierno hasta principios de primavera**fructificación:** sin interés**DESCRIPCIÓN****fenotipo:** forma ovoidal irregular de tronco recto, ramillas delgadas, follaje denso. Alcanza de 15 a 20 m de altura.**hojas:** caducas, alternas, de peciolo corto, ovaladas, oblicuas en la base, de 5 a 8 cm de largo, doblemente aserradas, de nervación notoria; color verde medio por encima., oscuras por debajo.**corteza:** marrón grisácea oscura; muy fisurada.**inflorescencia y flores:** en densos ramilletes rojizos, antes de las hojas.**fruto:** sámara sencilla, verdosa, plana, ovalada con semilla a un extremo, de 1 a 2cm de ancho, en grupos.**CRECIMIENTO**

Medio, vive 300 años

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Originaria de Europa y norte de África. Rústica en cuanto a la naturaleza de los suelos, prefiriendo los ricos y frescos. Resistente al frío, prefiere los clima templados, en tierras llanas y valles. Es atacado por insectos.

PARAISO COMÚN

Melia azedarach
(Fuente: Deodendron)

NOMBRE COMÚN: Paraíso Común NOMBRE BOTÁNICO: <i>Melia azedarach</i> FAMILIA: Meliáceas	FENOTIPO 
---	---

VERANO

INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: mediados de primavera a mediados de otoño
floración: principios del verano
fructificación: principios de otoño

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma extendida irregular, de follaje muy distribuido y desordenado
hojas: caducas o semipersistentes, alternas, compuestas, de 25 a 80cm de largo; folíolos ovales, acuminados, de 2 a 5cm de largo, muy aserrados o lobulados, lisos, pubescentes en los nervios; color verde claro.
corteza: estriada
inflorescencia y flores: color lila de 2cm de ancho, perfumadas, en racimos axilares de 10 a 20cm de largo.
fruto: globosos, carnosos, de aprox. 1,5cm de diámetro, amarillos; persisten en el árbol, después de la caída de las hojas, durante todo el invierno. Son venenosos.

CRECIMIENTO

Rápido

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Originario de Australia y sur de Asia. Es rústico en cuanto los suelos pero requiere temperaturas cálidas, sin heladas. Soporta la sequía.

PARAISO SOMBRILLA

Melia azedarach umbraculiformis
(Fuente: Deodendron)

NOMBRE COMÚN: Paraíso Sombrilla NOMBRE BOTÁNICO: <i>Melia azedarach umbraculiformis</i> FAMILIA: Meliáceas	FENOTIPO 
---	---

VERANO

INVIERNO

**FENOLOGÍA**

foliación: mediados de primavera a mediados de otoño
floración: principios del verano
fructificación: principios de otoño

DESCRIPCIÓN

fenotipo: variedad de *Melia azedarach*, de ramas abundantes, rectas, que salen desde el tronco en forma radial y follaje péndula (forma de parasol o sombrilla)
hojas: caducas o semipersistentes, alternas, compuestas, de 25 a 80cm de largo; folíolos ovales, acuminados, de 2 a 5cm de largo, muy aserrados o lobulados, lisos, pubescentes en los nervios; color verde claro.
corteza: estriada
inflorescencia y flores: color lila de 2cm de ancho, perfumadas, en racimos axilares de 10 a 20cm de largo.
fruto: globosos, carnosos, de aprox. 1,5cm de diámetro, amarillos; persisten en el árbol, después de la caída de las hojas, durante todo el invierno. Son venenosos.

CRECIMIENTO

Rápido

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Originario de Australia y sur de Asia. Es rústico en cuanto los suelos pero requiere temperaturas cálidas, sin heladas. Soporta la sequía.

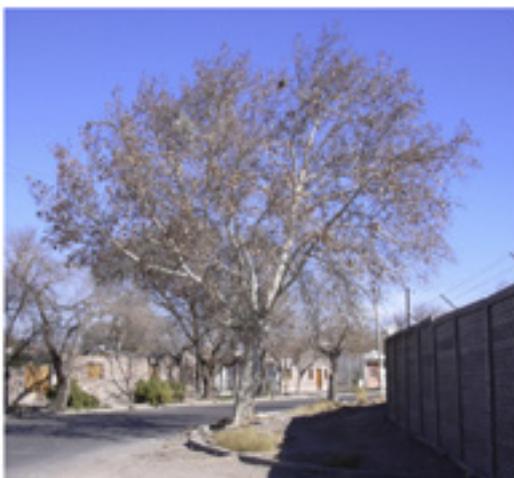
PLÁTANO

Platanus hispanica
(Fuente: Deodendron)

<p>NOMBRE COMÚN: Plátano NOMBRE BOTÁNICO: <i>Platanus acerifolia</i> FAMILIA: Platanáceas</p>	<p>FENOTIPO</p> 
--	---

VERANO

INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: mediados de primavera a finales de otoño
floración: sin interés
fructificación: mediados de otoño hasta fines de invierno

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma ovoidal, de ramas extendidas (las inferiores pendientes); copa regular de follaje distribuido; tronco recto.
hojas: caducas, alternas palmadas, tri o pentalobuladas, de 12 a 25cm de ancho, aserradas; peciolo de 3 a 10 cm de largo; color verde claro.
corteza: lisa color verde amarillento grisáceo; se desprende en escamas que dejan ver el fondo marrón amarillento.
inflorescencia y flores: verdosas, pendientes.
fruto: globosos, de 3cm de diámetro, compuestos por semillas envueltas en pelo, de largo pedúnculo color marrón; en grupos (generalmente de a dos) permanece todo el invierno.

CRECIMIENTO

Rápido

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Originario del sur de Europa y Asia occidental. Es muy rústico aunque prefiere los suelos profundos y frescos. Soporta la sequía. Se le supone un híbrido entre el *platanus orientalis* y el *platanus occidentalis*.

ROBLE

Quercus robur
(Fuente: Deodendron)

NOMBRE COMÚN: roble NOMBRE BOTÁNICO: <i>Quercus robur</i> FAMILIA: Fagáceas	FENOTIPO 
--	---

VERANO**INVIERNO****FENOLOGÍA**

foliación: mediados de primavera a mediados de otoño

floración: sin interés

fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma esférica de copa irregular y follaje distribuido; tronco irregular en la primera edad, luego muy recto. Puede llegar a medir 20 o 25 m de altura y su copa de 10 a 12 m de diámetro.

hojas: caducas, en racimos terminales, oblongas, de 5 a 12 cm de largo, de peciolo corto, más anchas hacia la punta, con 6 a 14 lóbulos redondeados; color verde oscuro por encima y verde pálido por debajo.

corteza: marrón oscura, con fisuras verticales.

inflorescencia y flores: sin interés botánico particular

fruto: bellota oboide-oblonga de 1,5 a 2,5 cm de largo, encerrada hasta un tercio de su longitud por una cúpula en forma de taza. En grupos de 2 al extremo de un pedúnculo largo.

CRECIMIENTO

Lento. Vive hasta 200 años

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

Originario de Europa, Asia y norte de África. Es rústico para la calidad del suelo aunque teme los calcáreos; vive bien las tierras bajas, frescas.

TILO

Tilia platyphyllos
(Fuente: Deodendron)

<p>NOMBRE COMÚN: tilo NOMBRE BOTÁNICO: <i>Tilia platyphyllos</i> FAMILIA: Tiliáceas</p>	<p>FENOTIPO</p> 
--	---

VERANO

INVIERNO



FENOLOGÍA

foliación: principios de primavera a fines de otoño
floración: fines de primavera a principios de verano
fructificación: sin interés

DESCRIPCIÓN

fenotipo: forma ovoidal regular, de follaje denso; tronco derecho de madera blanda y blanca. Es la especie más temprana en foliación y floración.
hojas: caducas, orbiculares, alternas, de bordes aserrados, acuminadas abruptamente, de 7 a 10 cm de largo; color verde oscuro por encima y verde claro y pubescentes por debajo.
corteza: lisa, marrón grisácea
inflorescencia y flores: amarillentas, colgantes, en grupos de 3 o 5 sobre una bráctea de 5 a 12cm de largo de largo; de uso medicinal.
fruto: globosos o piriformes, de 8 a 10 mm de diámetro, de cáscara dura

CRECIMIENTO: Rápido

CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS: Originario de Europa. Es rústico en cuanto a la calidad del suelo, requiere cierta humedad en él y en el ambiente. Resiste al frío, pero no al calor excesivo.

**INSTITUTO DE ESTUDIOS EN ARQUITECTURA AMBIENTAL
"ARQ. ALBERTO PAPPARELLI"**

FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN



VERDEURBANO

Alejandra Kurbán

