

## **ARBOLADO EN UN ESPACIO VERDE PÚBLICO DE YERBA BUENA, TUCUMÁN. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.**

**Marta S. Cisterna<sup>1</sup>, Luciano M. Garbero<sup>1</sup>, Fernando Martínez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Estudios Energía, Habitabilidad y Arquitectura Sustentable (CEEHAS). Instituto de Acondicionamiento Ambiental (IAA). Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900, S.M. de Tucumán, CP 4000, Tucumán. [www.ceehas.org.ar](http://www.ceehas.org.ar).

Tel. (54) (381) 4364093, interno 114.

E mail [mcisterna@herrera.unt.edu.ar](mailto:mcisterna@herrera.unt.edu.ar) - [lmgarbero@herrera.unt.edu.ar](mailto:lmgarbero@herrera.unt.edu.ar)

**RESUMEN:** Se presenta una metodología cualicuantitativa para el análisis del arbolado en espacios verdes públicos. Se ha seleccionado como caso de estudio la Plaza Nogués, ubicada en el Municipio de Yerba Buena, Tucumán. El objetivo es proponer una herramienta de análisis que permita caracterizar la calidad de espacios verdes urbanos, relacionada principalmente con el estado de su arbolado, su valor paisajístico y las mejoras ambientales que provee. Se plantea la determinación de dos índices de valoración: el Índice Volumétrico de Vegetación Ambientalmente Activa (IVVA [ $m^3/m^2$ ]), y el Índice Ambiental Urbanístico (IAU). El análisis realizado permitió cuantificar la importancia de la vegetación desde el punto de vista urbanístico-ambiental, y también cualificar el valor paisajístico. Los resultados muestran que la Plaza Nogués presenta un valor ambiental medio, considerado bueno. Desde el punto de vista urbanístico, en función de las características de su arbolado, se considera un lugar atractivo, con valor cultural, histórico y paisajístico. El análisis permite avanzar hacia una planificación sostenible, con la inclusión de estrategias para mejorar la calidad y el mantenimiento. La metodología propuesta se considera un aporte para el estudio de los espacios verdes urbanos.

**Palabras Clave:** arbolado urbano, condiciones ambientales, valor paisajístico.

### **INTRODUCCIÓN**

#### ***Importancia de los espacios verdes públicos.***

Los espacios verdes públicos, con su arbolado, forman parte del patrimonio biológico, histórico, social y cultural de una ciudad, constituyen un legado generacional y contribuyen a la satisfacción de las necesidades recreativas y ambientales de la sociedad (Ledesma, 2008). El arbolado ejerce efectos positivos sobre la estética y las condiciones ambientales de la ciudad: regula las temperaturas, provee sombra, constituye el hábitat de aves e insectos que forman parte de la biodiversidad urbana, es refugio de flora y fauna, cuida la polinización, atenúa y filtra los vientos, también colabora en la reducción de ruidos urbanos (Mora-Olivo y Martínez, 2012; Calquín et al., 2019). Permite infiltrar agua en el suelo y la recarga de acuíferos, atenúa la luminosidad y purifica la atmósfera por la captación de partículas de polvo y contaminantes (Berland et al., 2017). A través de la fotosíntesis, contribuye a disminuir los efectos de la contaminación del aire, en particular el CO<sub>2</sub> (Gülçin y van den Bosch, 2021), mientras que por la transpiración liberan agua a la atmósfera en forma de vapor que modifica el microclima de las ciudades (Erlwein et al., 2021).

Además, la importancia de los espacios verdes públicos surge de su rol como elemento estructurador del paisaje urbano, contribuyendo así con la organización espacial de la ciudad, su definición perceptual y la identidad urbana (Birche, 2019). Dependiendo de su magnitud y composición, las plazas, parques y jardines urbanos aportan valor estético e identidad a las ciudades, las hace más agradable para vivir, al mismo tiempo, aportan valor perceptual paisajístico, influyendo notoriamente sobre las condiciones

ambientales, y, por consiguiente, mejoran la calidad de vida urbana. Además, brindan servicios sociales al favorecer la recreación, el juego, el esparcimiento y la integración social.

Con el avance de la urbanización y la densificación de las ciudades, la necesidad de contar con espacios verdes que cumplan la función de ser mejoradores ambientales y paisajísticos, adquiere mayor importancia. Surge así interés por analizar la calidad de los parques y plazas, en este caso relacionado con el valor paisajístico y el volumen vegetativo que presentan, sus características, estado y mantenimiento (Cisterna et al., 2021). En la actualidad, existen diversos protocolos y metodologías que se pueden aplicar para determinar la calidad de parques y plazas, considerando la vegetación y cuantificando la cantidad de estratos presentes para asignar, en base a ello, un puntaje (INE CHILE 2019). Otra metodología, de carácter descriptivo, consiste en la cuantificación de especies arbóreas, acompañada con registro fotográfico para la identificación de los especímenes. Conjuntamente al registro se elaboran planos de ubicación y perfiles de los especímenes (Aguilar Frías, 2022).

Investigaciones sobre espacios verdes sostienen que las áreas naturales contribuyen a mejorar la calidad de vida de los habitantes urbanos, impactando positivamente en la satisfacción y en el bienestar auto percibido. Según los estudios, el uso de espacios verdes se relaciona significativamente con el estado de salud percibido: las personas que usan con frecuencia las plazas y los parques de las ciudades analizadas, reportan tener mejor salud que aquellos que no lo hacen (Godben et al., 1992; Chiesura, 2003; Gómez y Parente, 2018; Chang et al., 2020). Las características naturales de las ciudades pueden ofrecer también beneficios sociales. Kaźmierczak (2013) plantea en su investigación que la naturaleza fomenta el uso de espacios al aire libre, aumenta la integración social y la interacción entre vecinos. Concluye que los espacios verdes favorecen el desarrollo de valores sociales y culturales, y ofrecen lugares de encuentro que promueven el sentido de comunidad a través de vínculos emocionales con el vecindario.

Con el objetivo de incrementar la presencia de área verde y arbolado en las ciudades, se propone el manejo de criterios cuantitativos y cualitativos que ayuden a los profesionales en el manejo de elementos representativos de la naturaleza, tanto para la protección de los ejemplares existentes, como para la mitigación de efectos ambientales adversos (Codina y Barón, 2003).

#### ***Caso de estudio: Plaza Nogués, Yerba Buena, Tucumán.***

El presente estudio se realiza en el marco del proyecto de investigación PIUNT B706: “Diseño del Espacio Público Urbano y Confort Ambiental en el Área Metropolitana de Tucumán”, actualmente en desarrollo. Se ha propuesto como objetivo evaluar las condiciones ambientales que presentan espacios públicos urbanos en el Área Metropolitana de Tucumán (AMeT), a través de una metodología que permita determinar las condiciones físico-ambientales y la valoración, según las expresiones de los habitantes de la ciudad. En esta oportunidad se presenta una metodología cuantitativa para el análisis del arbolado, aplicada en un caso de estudio.

Se propone para el estudio la Plaza Nogués, ubicada en el Municipio de Yerba Buena, al oeste de la ciudad capital San Miguel de Tucumán. Yerba Buena es una de las Localidades que presenta mayor desarrollo en los últimos veinte años. Su población muestra un incremento del 35,7% respecto del año 2010 - el segundo más alto de la provincia-, según el INDEC 2022. Desde sus orígenes en 1898, con el establecimiento de las primeras viviendas rurales unifamiliares sobre la Avenida Aconquija, en 1906, el Municipio de Yerba Buena presenta un paisaje urbano de suburbio jardín o “ciudad jardín”, con predominio en el uso del suelo de la vivienda unifamiliar con jardines. El interés primordial que movió a los primeros habitantes, fue la de buscar los beneficios de la vida del campo, con un mayor contacto con el verde de la naturaleza, muy en consonancia con las ideas “higienistas” de la época. Este deseo de promover prácticas urbanas consonantes con los preceptos de las corrientes higienistas en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de sus residentes, representa un objetivo fundamental que favorece el carácter de ciudad verde, que conserva hasta el presente (Ferrari 2017). Esta característica de ciudad jardín nos ha motivado a seleccionarla para realizar el estudio, con el fin de cuantificar y cualificar la calidad de una de sus plazas más importantes. En el entorno de la plaza, se encuentra la Parroquia Nuestra Señora del Valle, edificio de importante valor histórico para la comunidad (Fig.1).

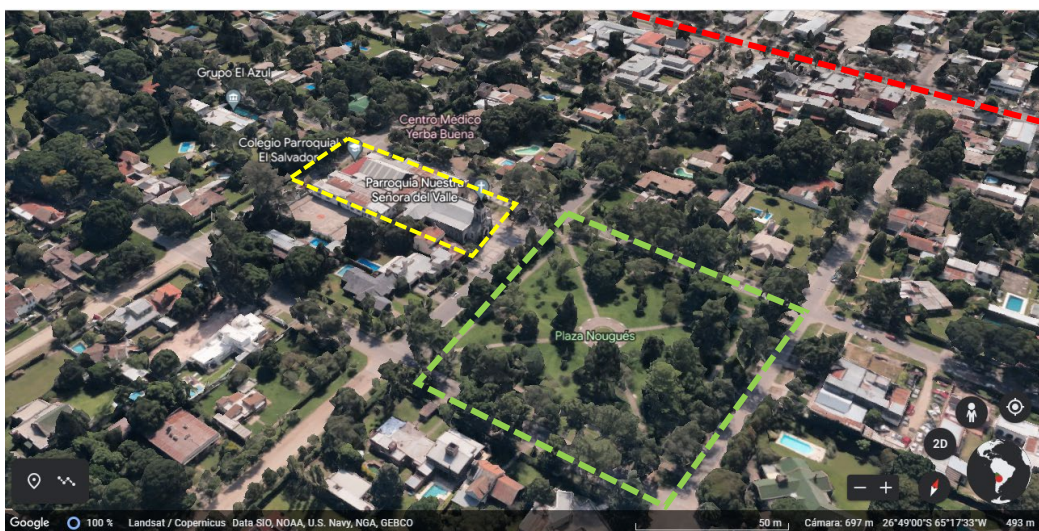


Figura 1: Imagen satelital de la Plaza Nougues y su entorno, la Parroquia Ntra. Señora del Valle, y también la Av. Aconquija, principal vía circulación. Fuente Google Earth.

## METODOLOGÍA PROPUESTA. Índice Volumétrico de Vegetación Ambientalmente Activa

Para realizar el análisis de la plaza, se propone el Índice Volumétrico de Vegetación Ambientalmente Activa (IVVA  $m^3/m^2$ ), y el Índice Ambiental Urbanístico (IAU) desarrollados por los ingenieros Ramón Codina y Jorge Barón, de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo de Mendoza, Argentina. El análisis permite avanzar en la definición de metodologías para la evaluación de las condiciones ambientales de espacios verdes urbanos.

Con el objetivo de cuantificar la importancia de la vegetación, se propone una metodología basada en el volumen vegetativo presente en un espacio verde urbano (Codina y Barón, 2003). El Índice Volumétrico de Vegetación Ambientalmente Activa y el Índice Ambiental Urbanístico integran aspectos cuantitativos y cualitativos, ambos permiten cuantificar la importancia urbanística y ambiental de la vegetación y también cualificar su valor paisajístico. La metodología propuesta introduce criterios para la valoración cuantitativa de los espacios verdes existentes y permite estimar la necesidad de espacios verdes en asentamientos urbanísticos, fundamentado en la influencia de la vegetación como mejorador ambiental de factores micro climáticos, contaminantes y paisajísticos. El IVVA indica, en volumen, la cantidad de vegetación ambientalmente activa, por unidad de superficie de terreno afectado y del espacio ocupado por la vegetación. Superficie verde efectiva es la superficie que porta la vegetación. Para el cálculo del IVVA intervienen los siguientes parámetros:

- Persistencia del follaje
- Textura del follaje
- Densidad del follaje
- Esperanza de vida de cada especie vegetal
- Renovación sistemática.

### *Índice Ambiental Urbanístico (IAU)*

Desde el punto de vista urbanístico, es necesario incorporar otros parámetros de juicio valorativo, ya que todo elemento vegetal reviste valores especiales según el lugar donde se encuentra. También se debe considerar el efecto paisajístico, un criterio decisivo para la valoración del hábitat humano. Entornos paisajísticamente agradables o con adecuada vegetación aumentan incluso el valor económico de las propiedades. Por lo tanto, la vegetación debe ser analizada desde dos puntos de vista: la utilidad funcional y la calidad estética. En ambos casos existe la posibilidad de valorar los elementos vegetales de manera alta o baja. Un árbol puede cumplir una función ambiental por su elevado IVVA, pero estar ubicado en un lugar inadecuado. Entonces, por ejemplo, brindará sombra en el periodo invernal, cuando se requiere asoleamiento (déficit de utilidad funcional) o constituirá un factor de riesgo; por tales razones, su valor disminuirá.

Es necesario tener en cuenta valoraciones de los elementos vegetales existentes desde otros dos puntos de vista: el ecológico y el cultural. Ecológicamente la vegetación, además de las funciones señaladas, aumenta la biodiversidad, tópico importante en los conglomerados urbanos, constituyen el hábitat de especies animales que -de otra manera- tienden a desaparecer, como las aves. Culturalmente, la presencia vegetal junto al hombre puede representar un hito histórico y una referencia educativa, independientemente de los valores científicos y de aplicación de las especies. El Índice Ambiental Urbanístico (IAU) propone elementos valorativos cuantificables integrados en una ecuación de cálculo y se puede aplicar para categorizar y evaluar espacios verdes existentes y posibilita comparar cuantitativamente el impacto ambiental de espacios verdes; de proyectos, de relevamientos, entre otros.

El valor ambiental-urbanístico de un espacio verde existente depende de:

- El IVVA, como valor básico.
- La ubicación respecto del conglomerado urbanizado.
- Su ponderación paisajística, ecológica y cultural.

Tabla 1: Resumen de factores que se consideran para el cálculo del IVVA.

| <b>Índice de Volumétrico de Vegetación Activa (IVVA)</b> |  |
|--|--|
| <b>FACTORES</b>  | <b>Descripción</b>   |
| Persistencia del follaje (FP)                            | De 0,1 a 1 según período anual (fracción anual en meses) en que la especie, en el lugar, permanece con hojas.  |
| Textura del follaje (FT)                                 | Especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, se consideran 5 categorías según la textura de su follaje: muy fina, fina, media gruesa, muy gruesa.  |
| Densidad del follaje (FD)                                | Importante en la determinación de la influencia ambiental de las especies. Se propone un concepto cuantitativo de valoración, basado en la intercepción lumínica producida por el follaje. Para su determinación se realizan mediciones con luxómetro, debajo de copa, con la influencia de su sombra, y en un sector con el total de luz natural, sin obstrucciones.  |
| Estado fisiológico y sanitario (FE)                      | Se pondera globalmente el estado fisiológico, nutricional y sanitario del vegetal, considerando la incidencia de factores adversos: enfermedades y plagas, y su grado de recuperabilidad, posibles tratamientos adecuados.   |
| Esperanza de vida (FEV)                                  | El efecto ambiental de un elemento vegetal está condicionado por la duración en el tiempo, siempre será deseable que los componentes volumétricos básicos del paisaje - árboles y arbustos- posean condiciones de adecuada durabilidad o esperanza de vida. Esto también se relaciona con la sustentabilidad de los espacios.  |
| <b>Índice Ambiental Urbanístico (IAU)</b>                |  |
| <b>FACTORES</b>  | <b>Descripción</b>   |
| De Ubicación Urbana (Fu)                                 | Depende de la relación entre distancia respecto del conglomerado urbanizado y el N° de habitantes  |
| Paisajístico, Ecológico y Cultural (Fp)                  | <p>Valora al espacio verde, grupo vegetal o ejemplar aislado considerado, según su aptitud para mejorar el paisaje, basado en criterios funcionales, estéticos, valores culturales y/o ecológicos.</p> <p><b>Funcionalidad:</b> aptitud de la vegetación para cumplir la función requerida por el usuario: sombra o asoleamiento, protección, delimitación, mejoramiento micro climático, etc. También incluye el riesgo de caída, ubicación inadecuada.</p> <p><b>Calidad visual:</b> analiza la belleza escénica que sugiere el vegetal o su conjunto, valorando la capacidad de acogida del espacio circundante o como elemento estético en sí mismo, según el grado de captación del interés en su contemplación por parte del usuario.</p> <p><b>Naturalidad y valores ecológicos y culturales:</b> El grado de naturalidad del paisaje se califica según el aspecto de natural, ya sea vegetación de origen espontáneo (autóctona) o cultivada (diseño paisajístico). Se otorga mayor puntaje a la distribución de vegetación según lineamientos naturales.</p> <p>El valor ecológico depende de la integración de los elementos vegetales con los medios biótico y abiótico, y la rareza de las especies presentes (endemismos, especies únicas, etc.); su utilidad para otras formas de vida (especies colonizadoras); su capacidad de adaptación a condiciones difíciles del sitio (resistencia a sequía o a la contaminación), etc.</p> <p>El valor cultural se vincula con la connotación histórica o conmemorativa que se asigne a la vegetación estudiada o el valor científico (plantas madres o semilleras, especies raras, etc).</p> |

### ***Relevamiento de la plaza***

Se realizaron visitas de campo a la plaza para llevar a cabo relevamientos fotográficos, mediciones de sonido, de niveles de luz natural y relevamiento de especies vegetales. También se llevaron a cabo entrevistas a las personas que se encontraban allí realizando diversas actividades. Los datos forman parte de los estudios que se desarrollan en la investigación propuesta.

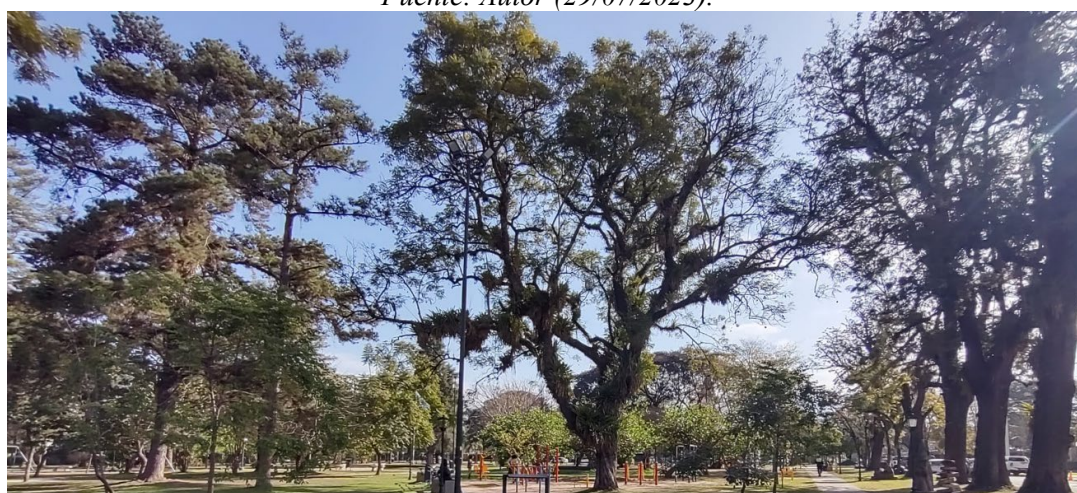
En los relevamientos, se pudo constatar la presencia de 189 árboles de diversas especies, siendo las de mayor número –y por lo tanto, más representativas– el lapacho (*Handroanthus impetiginosus* y *ochraceus*), le siguen el crespón (*Lagerstroemia indica*) y la grevillea (*Grevillea robusta*), representado el 60% del arbolado, aproximadamente.

### ***Consideraciones sobre el arbolado de la plaza.***

- Asimilando las especies de mayor presencia al total de árboles de la plaza, tenemos: 104 lapachos, 45 crespones y 40 grevilleas (Figs. 2, 3, 4 y 5)
- A partir de los relevamientos y considerando las especies representativas, el IAU en la plaza se encuentra en el rango medio, entre 1 y 10.
- El volumen estimado de vegetación activa es:  $27,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- En la superficie total de la plaza tenemos un volumen de vegetación activa IVVA total:  $277.750 \text{ m}^3$



*Figuras 2, 3 y 4: Fotografías del arbolado de la plaza, compuesto por Lapacho, Crespón y Greviela, Fuente: Autor (29/07/2023).*



*Figura 5: Imagen de la plaza donde se observa el estado del arbolado en época invernal. Fuente: Autor (29/07/2023).*

A partir de los datos obtenidos, se pudo realizar el cálculo de los Índices Volumétrico de Vegetación Activa (IVVA) y Ambiental Urbanístico (IAU) de la Plaza Nogués, Yerba Buena, Tucumán (Tabla 2).

Tabla 2: Cálculo del IVVA y del IAU de la Plaza Nougués de Yerba Buena, Tucumán.

|  |  | Ejemplar 1   | Ejemplar 2                                    | Ejemplar 3                  |                   |
|--|--|--|---|-----------------------------|-------------------|
| Nombre vulgar  |  | Grevillea  | Lapachos: rosado / amarillo                   | Crespón                     |                   |
| Nombre científico (género y especie)   |  | <i>Grevillea robusta</i>                                     | <i>Handroanthus impetiginosus / ochraceus</i> | <i>Lagerstroemia indica</i> |                   |
| INDICE DE VEGETACIÓN ACTIVA (IVVA)   | DIMENSIONES                                    | Diámetro (D) [m]   | 20,00   | 8,00                        | 7,50              |
|  |  | Altura total (ht) [m]  | 30,00   | 15,00                       | 6,00              |
|  |  | Altura de copa (hc) [m]                                      | 22,00   | 7,00                        | 5,00              |
|  |  | Ancho medio del elemento foliar (am) [mm]                    | 15,00   | 30,00                       | 25,00             |
|  |  | Forma de copa (fc)   | Cilíndrica                                    | Casquete esférico           | Casquete esférico |
|  |  | Volumen vegetal (VV) [m <sup>3</sup> ]                       | 6911,50                                       | 256,56                      | 163,62            |
|  | FACTORES                                       | Factor Persistencia del Follaje (FP) [n°]                    | 1,00  | 0,50                        | 0,25              |
|  |  | Factor Textura del Follaje (FT) [n°]                         | 0,50  | 0,50                        | 0,50              |
|  |  | Luz Directa (LD) [Lux]                                       | 52000,00                                      | 52000,00                    | 52000,00          |
|  |  | Luz Transmitida por la Copa (LC) [Lux]                       | 10000,00                                      | 24000,00                    | 17000,00          |
|  |  | Coficiente de Intercepción Lumínica (CIL) [coef.]            | 0,81  | 0,54                        | 0,67              |
|  |  | Factor Densidad del Follaje (FD) [n°]                        | 0,10  | 0,10                        | 0,10              |
|  |  | Factor Estado Fisiológico y Sanitario (FE) [n°]              | 0,60  | 0,80                        | 0,60              |
|  |  | Factor Esperanza de Vida (FEV) [n°]                          | 1,00  | 0,80                        | 0,30              |
| Volumen de Vegetación Activa (VVA) [m <sup>3</sup> ]                             |  | 207,35   | 4,11  | 0,37                        |                   |
| Superficie Verde Efectiva (SVE) [m <sup>2</sup> ]                                |  | 400,00   | 64,00   | 56,25                       |                   |
| Índice Volumétrico de Vegetación Activa (IVVA) [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ] | 0,52   | 0,06   | 0,01  |                             |                   |
| ÍNDICE AMBIENTAL URBANÍSTICO (IAU)   | FACTOR DE UBICACIÓN URBANA (FU)                | Número de Habitantes (N° Hab.) [n°]                          | 101874,00                                     | 101874,00                   | 101874,00         |
|  |  | Factor de Población (P) [coef.]                              | 8,00  | 8,00                        | 8,00              |
|  |  | Distancia a Centro Urbano (Dist.) [Km]                       | 0 a 0,15                                      | 0 a 0,15                    | 0 a 0,15          |
|  |  | Factor de Distancia (d) [coef.]                              | 1,00  | 1,00                        | 1,00              |
|  |  | Factor de Ubicación Urbana (FU) [coef.]                      | 8,00  | 8,00                        | 8,00              |
|  | FACTOR PAISAJÍSTICO, ECOLÓGICO Y CULTURAL (Fp) | Funcionalidad (f) [coef.]                                    | 6,50  | 6,50                        | 6,50              |
|  |  | Riesgo (r) [coef.]   | 6,50  | 6,50                        | 6,50              |
|  |  | Funcionalidad Total (fT) [coef.]                             | 6,50  | 6,50                        | 6,50              |
|  |  | Calidad Visual (cv) [coef.]                                  | 6,00  | 6,00                        | 4,00              |
|  |  | Naturalidad (n) [coef.]                                      | 6,00  | 7,00                        | 4,00              |
|  |  | Valor Ecológico (ve) [coef.]                                 | 6,00  | 6,00                        | 4,00              |
|  |  | Valor Cultural Científico (vcc) [coef.]                      | 4,00  | 7,00                        | 5,00              |
|  |  | Naturalidad y Valores Ecológicos y Culturales (NVEC) [coef.] | 5,33  | 6,67                        | 4,33              |
|  |  | Factor Paisajístico, Ecológico y Cultural (Fp) [coef.]       | 5,94  | 6,39                        | 4,94              |
| IAU  | Índice Ambiental Urbanístico (IAU) [coef.]     | 24,65  | 3,28  | 0,26                        |                   |

## RESULTADOS DEL ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE VEGETACIÓN ACTIVA (IVVA) Y DEL ÍNDICE AMBIENTAL URBANÍSTICO (IAU)

La escala de referencia del Índice Ambiental Urbanístico IAU para el valor ambiental-volumétrico de la vegetación IVVA evaluada en condiciones reales, considera tres rangos: alto, medio y bajo. Dada la complejidad de los criterios y tratándose de elementos dinámicos -en permanente crecimiento- con el agregado de valoraciones subjetivas, estéticas y ecológicas que varían con el tiempo y según aspectos culturales y sociales, se han establecido rangos, con un valor mínimo: 0, y un valor máximo indefinido. A partir de determinaciones experimentales, se han propuesto los valores bajos, medios y altos alcanzables -en condiciones normales- para especies comunes. La escala de referencia propuesta para ámbitos urbanos y rurales, es:

**IAU: bajo (malo) = 0 a 1 medio (bueno)= 1 a 10 alto (excelente) = > 10**

### CARACTERIZACIÓN DEL ARBOLADO

La diversidad se determinó con el Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) el cual se basa en la riqueza proporcional de especies, generalmente oscila con valores entre 1,5 y 4,5. Cuanto más elevado es el valor de este índice, mayor es la diversidad de la comunidad (Magurran, 1988). Se calcula con la siguiente expresión:

$$H' = \sum_{i=1}^S pi \ln pi$$

Donde:

$S$ = es el total de especies

$pi$ = proporción de individuos hallados en la  $i$ -ésima especie, se estima como

$$ni/N$$

Donde:

$ni$ = número de individuos de cada especie

$N$ = número total de especies

En la plaza se registraron 19 especies de árboles, incluidos 1 especie de palmera y ligustro disciplinado. Aplicando la fórmula de Shannon ( $H'$ ), se determinó un valor de diversidad  $H'=1,5$  que corresponde a una situación de diversidad baja.

Considerando las especies de mayor presencia, el arbolado de la plaza se puede definir como integrado, principalmente, por árboles de porte mediano y alto, con alturas que oscilan entre 15 y 30 metros, combinados, en menor proporción, con árboles bajos de altura  $h=6$ m. Un importante factor a considerar es el desarrollo foliar, por su relación con las capacidades que tienen los árboles de brindar servicios ambientales tales como reducción del ruido, mejorar la calidad del aire, interceptar el agua de lluvia, captar las partículas contaminantes de la atmósfera, moderar la temperatura, proteger de la radiación, entre otras (Conway y Bourne, 2013). En la plaza, la mayoría de los árboles son caducifolios, o de hojas caducas, la textura foliar que prevalece es media, con anchos de hojas entre 5 a 100 milímetros. La densidad del follaje, ha sido evaluada cuantitativamente en base a la intercepción lumínica producida. Para ello, se registraron los niveles de luz debajo de la copa, en la superficie protegida, y, simultáneamente, en una superficie adyacente, sin la obstrucción de la copa. Se determinaron los Coeficientes de Intercepción Lumínica CIL, entre 0.8 y 0.5, en base a ellos, el Factor de Densidad del Follaje de 0.1, el cual indica una densidad de follaje muy baja (Tabla 3). Esto se debe principalmente a la época del año en que se realizó el relevamiento (invierno) y también se relaciona con la pérdida del follaje de la mayoría de las especies arbóreas presentes en la plaza.

$$CIL = (LD - LC) / LD$$

Donde:

$CIL$  = coeficiente intercepción lumínica

$LD$  = luz directa

$LC$  = luz transmitida por la copa

Tabla 3: Escala para determinar la densidad del follaje según los coeficientes CIL y FD

| CIL           | Densidad del follaje | FD  |
|---------------|----------------------|-----|
| 0.960 a 0.999 | muy alta             | 1   |
| 0.920 a 0.959 | alta                 | 0.8 |
| 0.880 a 0.919 | media                | 0.5 |
| 0.840 a 0.879 | baja                 | 0.3 |
| 0.800 a 0.839 | muy baja             | 0.1 |

Otro aspecto importante es el estado fisiológico y sanitario del arbolado (FE), el cual se considera entre bueno y medianamente bueno (Tabla 4). Los árboles de la plaza, en general se encuentra en buen estado, no se observa la incidencia de plagas ni de enfermedades de forma generalizada; como un aspecto negativo, sólo se registraron algunos individuos que evidencian poda inadecuada y con algunas heridas. Sobre la durabilidad del arbolado, la mayoría de las especies presentan esperanza de vida (FEV) entre 50 y 100 y más de 100 años, impactando de forma positiva en la sustentabilidad de la plaza (Tabla 5).

Tabla 4: Factor Estado fisiológico y sanitario (FE)

| Categoría del ejemplar | FE  |
|------------------------|-----|
| muerto                 | 0   |
| muy deteriorado        | 0.1 |
| débil, recuperable     | 0.3 |
| mediano                | 0.6 |
| bueno                  | 0.8 |
| óptimo                 | 1   |

Tabla 5: Factor Esperanza de vida (FEV)

| Esperanza de vida (años) | FEV |
|--------------------------|-----|
| >100                     | 1   |
| 50 a 100                 | 0.8 |
| 30 a 50                  | 0.5 |
| 10 a 30                  | 0.3 |
| <10                      | 0.1 |

### Índice Ambiental Urbanístico

El valor ambiental-urbanístico depende, además del IVVA como valor básico, de dos variables principales: la ubicación respecto del conglomerado urbanizado y su ponderación paisajística, ecológica y cultural. Para analizar la ubicación respecto del conglomerado urbanizado se aplicó un Factor de Ubicación Urbana (Fu) que depende la población y la distancia:

$$P/d$$

Donde:

$P$  = Factor según la población del conglomerado

$d$  = distancia

Los factores  $P$  y  $d$  se encuentran según la siguiente escala (Tabla 6):

Tabla 6: Factor  $P$ , según número de habitantes y distancia  $d$ .

| Nº de habitantes    | P  | Distancia (KM) | d  |
|---------------------|----|----------------|----|
| 1 – 1000            | 1  | 0 – 1          | 1  |
| 1.000 – 2.000       | 2  | 1 – 2          | 2  |
| 2.000 – 4.000       | 3  | 2 – 4          | 3  |
| 4.000 – 8.000       | 4  | 4 – 6          | 4  |
| 8.000 – 16.000      | 5  | 6 – 8          | 5  |
| 16.000 – 50.000     | 6  | 8 – 10         | 6  |
| 50.000 – 100.000    | 7  | 10 – 15        | 7  |
| 100.000 – 500.000   | 8  | 15 – 25        | 8  |
| 500.000 – 1.000.000 | 9  | 25 – 50        | 9  |
| >1.000.000          | 10 | >50            | 10 |

La ponderación paisajística, ecológica y cultural se determinó con el factor ( $F_p$ ) que valora la aptitud para mejorar el paisaje, basado en criterios funcionales, estéticos, valores culturales y ecológicos. La funcionalidad considera la capacidad de la vegetación para cubrir requerimientos de los usuarios, en correspondencia con la existencia de una situación de riesgo para las personas y sus actividades, motivada por las características de la especie vegetal. La escala de clasificación y el rango de puntaje asignado a la funcionalidad ( $f$ ) es la siguiente (Tabla 7):



Tabla 7: Factor *f*, según funcionalidad y riesgo

| Funcionalidad | Riesgo            | f     |
|---------------|-------------------|-------|
| alta          | nulo              | 6 a 7 |
| media         | levemente posible | 3 a 6 |
| baja a nula   | posible a alto    | 0 a 3 |

La utilidad funcional del arbolado se considera alta, debido principalmente al buen estado sanitario que presentan, además de su ubicación adecuada para las actividades que se realizan en la plaza, permitiendo la reunión de grupos de personas, la circulación en bicicletas, rollers, sector de juegos infantiles de destreza física y también didácticos (dibujo, pintura), y sectores de reposo – relajación (Figs. 6 y 7).



Figura 6: Zona de juegos integrada con el arbolado. Fuente: Autor (24/07/2023).



Figura 7: Pista de gimnasia integrada con el arbolado. Fuente: Autor (29/07/2023).

La calidad visual analiza la estética del espacio verde en función del grado de interés despertado en el usuario, para su contemplación. La escala aplicada se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8: Factor *c* según escala de calidad visual

| Concepto estético | Valor c |
|-------------------|---------|
| muy vistoso       | 7       |
| atractivo         | 6       |
| distinguido       | 5       |
| agradable         | 4       |
| vulgar            | 3       |
| neutro            | 2       |
| desagradable      | 1       |

En relación a la calidad visual y paisajística que brinda el arbolado en su conjunto, se considera atractiva y se valora positivamente la imagen estética interesante, armoniosa, con variedad equilibrada.

El grado de naturalidad del paisaje vegetal se evaluó según el aspecto y distribución de la vegetación. También se analizó el valor ecológico, que depende de la integración y capacidad de adaptación de las especies vegetales a las condiciones del sitio. El valor cultural se definió según la connotación histórica o conmemorativa asignada a la vegetación de la plaza, (Tabla 9)

Tabla 9: Factor *n*, según naturalidad, valor ecológico y cultural.

| Naturalidad    | Valor ecológico | Valor cultural | n     |
|----------------|-----------------|----------------|-------|
| alta           | alto            | alto           | 5 a 7 |
| modificada     | medio           | medio          | 3 a 5 |
| muy modificada | bajo            | bajo           | 1 a 3 |

La evaluación de naturalidad según el aspecto del paisaje vegetal, considera un alto grado de condición natural, ya que la vegetación de la plaza, en su mayoría es autóctona, con crecimiento natural, y distribuida según lineamientos naturales. El valor ecológico del arbolado se considera alto, teniendo en cuenta la buena integración de los elementos vegetales con los medios biótico y abiótico, la convivencia con variedad de aves e insectos. Asimismo, se considera un valor cultural alto en relación a las especies vegetales autóctonas, con connotación histórica y valor patrimonial. Es importante señalar que la Plaza Nougés forma parte del casco histórico del municipio, constituyendo un nodo de referencia en la zona, con características paisajísticas reconocibles y valoradas positivamente por los habitantes.

### **Valoración de los usuarios**

Como un aporte que complementa la metodología de análisis propuesta, se plantea la inclusión de cuestionarios y entrevistas a los usuarios de los espacios verdes. A partir de los datos obtenidos es posible enunciar recomendaciones dirigidas a mejorar el diseño y la gestión de estos espacios. El objetivo es conocer la valoración que registran los usuarios sobre el arbolado -las características intrínsecas y extrínsecas- relacionadas con el diseño, el mantenimiento y la gestión de las plazas y parques urbanos. Se podrán conocer las opiniones sobre la calidad visual, el equipamiento, también sobre los servicios ecosistémicos sociales y culturales: enriquecimiento espiritual, desarrollo cognitivo, reflexión, ocio y experiencias estéticas (Sanna y Eja, 2017); y en relación al arbolado y las condiciones ambientales que ofrecen: sombra, temperatura, calidad del aire y otros.

## **CONCLUSIONES**

El análisis del arbolado de la Plaza Nougés de Yerba Buena aplicó la metodología descrita, y, en base a considerar los elementos vegetales, sus condiciones intrínsecas, densidad y forma del follaje, estado sanitario y longevidad, entre otros, se obtuvieron datos que permitieron conocer sus principales características formales y las condiciones ambientales que ofrecen. Según la escala establecida, se determinó el Índice Volumétrico de Vegetación Activa, el cual, para la plaza analizada, indica un valor ambiental medio, que corresponde a un valor ambiental bueno.

Desde el punto de vista urbanístico y en función de las características de su arbolado, la plaza se considera como un lugar atractivo, con valor paisajístico. La metodología considera para el análisis, parámetros de juicio valorativo relacionados con el lugar donde se encuentra la plaza y su arbolado, incluidos los efectos paisajísticos, ambientales y estéticos. Estos aspectos constituyen importantes criterios para la valoración del hábitat humano que pueden ser complementados con la opinión, las valoraciones y registros de usuarios de los espacios verdes.

La metodología cualicuantitativa para el análisis del arbolado en espacios verdes públicos, aplicada en la Plaza Nougés, del Municipio de Yerba Buena, Tucumán, permite realizar una evaluación a través de la valoración de las condiciones físicas-estructurales de los árboles, y también considerar aspectos visuales, paisajísticos, culturales y ecológicos. Su aplicación posibilita cuantificar la importancia ambiental y urbanística de la vegetación, constituyéndose en una herramienta para el análisis de espacios verdes urbanos y para el diseño de estrategias que mejoran la calidad y el mantenimiento de los mismos. Se considera importante avanzar en la caracterización de los espacios verdes públicos para mejorarlos y planificar su mantenimiento, reafirmar su carácter de nodos, de puntos nítidos en el paisaje urbano, caracterizados por su arbolado, por los edificios históricos que allí se encuentran y las actividades que se concentran a su alrededor.

## **REFERENCIAS**

- Aguilar Frías, B. (2022). *Indicador áreas verdes: Diagnóstico del dosel vegetal en el boulevard Adolfo Ruiz Cortines en Poza Rica. UVserva*, (13), 31–43. Publicado 2022-04-25  
<https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2858>
- Berland, A., Shiflett, S., Shuster, W., Garmestani, A., Goddard, H., Herrmann, D., Hopton, M. (2017). *El papel de los árboles en la gestión de las aguas pluviales urbanas*. Paisaje y Planificación Urbana, Vol. 162, Págs. 167-177, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

Birche, M. (2019). El sistema de espacios públicos como factor estructurador de la calidad del paisaje y el ambiente urbano: el caso de la ciudad de La Plata. pdf. Doctor en Arquitectura y Urbanismo. Disponible en: <http://bdzalba.fau.unlp.edu.ar/greenstone/download/tesis/publico/doctorado/2019/TE98/BircheMarianaEvelyn.pdf>. Fecha de consulta: [11 de Agosto de 2023]

Calquín, F., Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, O., Plaza, E. (2019). *Influencia del arbolado urbano sobre los niveles de ruido en una ciudad de Chile central*. Rev. FCA UNCUYO. Tomo 51. N°1. 2019. Págs. 41-53. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v51n1/v51n1a04.pdf>

Chang, C., Oh, R., Le Nghiem, T., Zhang, Y., Tan, C., Lin, B., Gaston, K., Fuller R., Carrasco L. (2020). Satisfacción con la vida vinculada a la diversidad de experiencias en la naturaleza y vistas de la naturaleza desde la ventana. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 202, octubre 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103874>

Cisterna M., Maristany, A., Gonzalo, G. (2021). “*Impacto del Paisaje Sonoro urbano desde el registro subjetivo de los usuarios. Abordaje Metodológico-Instrumental*”, publicado Revista Estoa. Vol. 10 Núm.20. Accesible en <https://doi.org/10.18537/est.v010.n020.a12>

Codina R. y Barón J. (2003). Criterio Ambiental Volumétrico para cálculo de Espacios Verdes. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXV. N°1. Año 2003. Pp. 11-24. Accesible en [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/1877/codinaagrarias35-1.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1877/codinaagrarias35-1.pdf)

Erlwein, S., Zölch, T., Pauleit, S. (2021). *Regular el microclima con verde urbano en ciudades en densificación: Evaluación conjunta a dos escalas*. Edificación y Medio Ambiente. Vol. 205. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108233>

Ferrari, M. (2017). Suburbios seculares. La expansión en el Municipio de Yerba Buena (Tucumán 1898-1998). *Anales del IAA*, 47(1), 51-66. Consultado el (26/07/2023) en <http://www.iaa.fadu.uba.ar/ojs/index.php/anales/article/view/230/391>

Godben, G., Grafe, A., James, W. (1992). Los beneficios de los servicios locales de recreación y parques. Facultad de Salud y Desarrollo Humano, Pennsylvania. State University.

Gomes, P. y Parente, L., (2018). Sociabilidad pública en los parques urbanos de Río de Janeiro. En C. Egea y S. Coupleux (coords.), *Ciudad, vivir, habitar* (pp. 169-182). Granada, España: Universidad de Granada

Gülçin, D.; van den Bosch, C. (2021). Evaluación del almacenamiento de carbono sobre el suelo por parte de árboles urbanos utilizando datos LiDAR: el caso de un campus universitario. *Bosques* 2021, 12, 62. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/f12010062>

Kaźmierczak, A. (2013). La contribución de los parques locales a los vínculos sociales vecinales, *Paisaje y Urbanismo*, Vol. 109, Issue 1, 2013, Pages 31-44, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.007>

Ledesma, M. (2008). Arbolado público. Conceptos. Manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. INTA - EEA Manfredi, Córdoba. <http://ia802800.us.archive.org/13/items/ArboladoPblico-marcelaLedesma/LibroDef.pdf>

Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey. 179 p.

Mora-Olivo, A. y Martínez, J. (2012). Plantas silvestres del bosque urbano, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ed. Dolores Quintanilla. Saltillo, Coah., México 139 p. [https://www.academia.edu/6982116/Plantas\\_Silvestres\\_del\\_Bosque\\_Urbano\\_Cd.\\_Victoria\\_Tamaulipas\\_M%C3%A9xico](https://www.academia.edu/6982116/Plantas_Silvestres_del_Bosque_Urbano_Cd._Victoria_Tamaulipas_M%C3%A9xico)

Sanna, S. y Eja, P. (2017). Servicios ecosistémicos culturales y recreativos: ¿Cómo describe la gente su valor? *Servicios ecosistémicos*, 26(A), 1-9.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041617301742>

INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE) CHILE (2019). Subdepartamento de Geografía, Indicadores de Calidad de Plazas y Parques Urbanos.

<https://storymaps.arcgis.com/stories/391dac6ee0c3438fbf186aed3ea1cff1>

## **URBAN FORESTRY IN A PUBLIC GREEN SPACE OF YERBA BUENA, TUCUMÁN. METHODOLOGY OF ANALYSIS.**

**ABSTRACT:** A qualitative-quantitative methodology is presented for the analysis of urban forestry in public green spaces. Plaza Nougés, located in the municipality of Yerba Buena, Tucumán, was selected as a case study. The objective is to propose an analysis tool, that make it possible to characterize the quality of urban green spaces. The condition of trees, the landscape value, and the environmental improvements, are considered important factors. The determination of two valuation indices is proposed: the Volumetric Index of Environmentally Active Vegetation (VIEAV [ $m^3/m^2$ ]), and the Urban Environmental Index (UEI). The developed analysis made it possible to quantify the importance of vegetation, from an urban and environmental point of view. Also has allowed to qualify the landscape value of the place. The results show that Plaza Nougés has an average environmental value, considered good. From an urban planning point of view, depending on the characteristics of its trees, it is considered an attractive place, with cultural, historical and landscape value. The analysis allows a sustainable planning with the inclusion of strategies to improve the quality and the maintenance. The proposed methodology is considered a contribution to the study of urban green space.

**Keywords:** urban trees, environmental conditions, landscape value