

---

## La vegetación como herramienta bioclimática: determinación de su nivel de eficiencia en San Juan Argentina

### *Bioclimatic vegetation tool to determine vegetation efficiency level in San Juan, Argentina*

María Celina Michaux<sup>1</sup>

Alción Alonso-Frank<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arquitecta. Becaria doctoral CONICET. Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa-CONICET). Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan

<sup>2</sup>Instituto de Arquitecta. Investigadora IRPHa-CONICET. Doctora en Arquitectura y Urbanismo.

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHa-CONICET). Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan.

Dirección electrónica: celinamichaux@faud.unsj.edu.ar

Michaux, M. C.; Alonso-Frank, A. (2022). La vegetación como herramienta bioclimática: determinación de su nivel de eficiencia en San Juan Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 10(1), 35-50.

**Recibido:** 07/05/2022 - **Aceptado:** 22/06/2022 - **Publicado:** 15/07/2022

### RESUMEN

La vegetación es ampliamente utilizada con fines bioclimáticos por proporcionar sombra a la envolvente arquitectónica y ayudar a reducir el deslumbramiento y la ganancia de calor interior. Además, participa en el intercambio energético entre el edificio y el medio ambiente. En este marco, el objetivo del presente trabajo es elaborar una Herramienta de Vegetación Bioclimática que permita conocer el grado de eficiencia de cada especie. Para su alcance, se definen las variables influyentes de la vegetación en el bioclimatismo, en base a un estudio teórico-bibliográfico. Seguidamente, se diseña la plantilla en software Excel y se aplica a tres especies típicas de la Provincia de San Juan. Los resultados exponen que las mismas obtuvieron calificación “aceptable”, alcanzando el álamo criollo el

puntaje más elevado, seguido por el eucalipto y la mora. Se concluye que la implementación de la herramienta pone en valor los beneficios generados por la vegetación desde el aspecto bioclimático.

**Palabras Clave:** bioclimatismo, instrumento de calificación, vegetación natural potencial, verde urbano.

### **ABSTRACT**

Vegetation is widely used for bioclimatic purposes because it provides shade to the architectural envelope and helps in glare reduction and interior heat gain. It also plays a role in the building-environment energy exchange. Thus, the objective of this work is to devise a Bioclimatic Vegetation Tool in order to know the degree of efficiency of each species. For its scope, we defined the influential variables of vegetation in bioclimatism, based on a theoretical and bibliographical study. Then, we designed the template using the Excel software and we applied it to three typical species of the San Juan province, Argentina. The results show these species obtained an "acceptable" rating, the poplar reaching the highest score, followed by the eucalyptus and blackberry. We conclude that the application of the tool highlights the benefits generated by vegetation from the bioclimatic aspect.

**Keywords:** *bioclimatism, qualification instrument, potential natural vegetation, urban greenery.*

### **INTRODUCCIÓN**

La vegetación posee valor para las áreas urbanas, no solo por su función ornamental y estética, sino también como representante de los principales proveedores de servicios ecosistémicos en las ciudades. Los espacios verdes minimizan las agresiones ambientales y aportan a la mitigación de los impactos generados en urbanizaciones y a la regulación del microclima en ellas Flores-De

la O. et al., 2018; Palme et al., 2020). Además, contribuyen en la producción de oxígeno, la polinización, la moderación de escorrentías, el filtrado de agua, la disminución de velocidad en corrientes de aire, entre otros (Calderón-Contreras y Quiroz-Rosas, 2017; Aboelata, 2020).

Por su parte, el arbolado urbano, por medio de la evapotranspiración, influye significativamente en el clima local, ya que produce un efecto de enfriamiento en el

microclima, disminuye la temperatura del aire, proporciona sombra y reduce el calentamiento de las superficies por radiación solar. Esto incrementa la sensación de confort en el ser humano y en entornos construidos (Lindén et al., 2016; Martini et al., 2017), proporcionando un microclima confortable durante gran parte del período estival (Tan et al., 2017).

Asimismo, diversas investigaciones han propuesto cobertura arbórea como estrategia pasiva para mejorar la temperatura, las condiciones microclimáticas, el confort térmico y la eficiencia energética en edificios. Esto ya que, el aire próximo a ellos es enfriado por la vegetación, incidiendo de forma indirecta sobre la necesidad de energía para enfriar el interior de los espacios. De igual forma, la sombra de la cobertura vegetal, reduce la energía solar que absorbe el edificio y, por ende, disminuye su demanda energética para refrigeración (Palme et al., 2020). Estos efectos dependen del grado de proximidad de la vegetación, su abundancia en áreas urbanas y las condiciones climáticas locales (Shivaram et al., 2021).

En esta línea, Darvish et al. (2021), expone que los árboles caducifolios y coníferos que se ubican próximos a zonas térmicas internas, disminuyen la demanda anual de energía y el número de horas en disconfort de los habitantes. Particularmente, el trabajo de Li et al. (2019), muestra ahorros de un 8,8% en cargas de refrigeración y un 1,85% en cargas de calefacción, al incorporar vegetación en cubiertas y muros, en la región climática de verano cálido, invierno frío de China.

Por otro lado, la isla de calor en zonas urbanas ha llevado a un sobrecalentamiento causado por la impermeabilidad de la mayoría de los materiales de construcción, donde la humedad no está disponible para disipar el calor del sol. A esto se suma, el calor antropogénico liberado, el efecto invernadero urbano, la reducción de las superficies evaporativas, entre otros. Como

consecuencia, se ha incrementado el consumo de energía para fines de refrigeración, derivando en una demanda pico de electricidad y concentración de contaminantes nocivos (Santamouris, 2020).

En este contexto, las características de la vegetación contribuyen a mitigar el efecto isla de calor urbana, ya que funciona como disipador de calor y aporta a disminuir la temperatura ambiental (Santamouris, 2020). Sin embargo, en numerosas ciudades de alta densidad, es insuficiente la prioridad a la plantación de árboles en áreas urbanas y la cobertura verde existente es menor al valor recomendado (Tan et al., 2017).

En base a lo expuesto precedentemente, se interpela respecto a cómo se puede medir y cuantificar qué especies resultan más adecuadas desde la mirada bioclimática, conforme sus características físicas y su modo de uso, para su utilización en arbolados públicos. En esta línea, a modo de hipótesis se ensaya que, ante la escasa cantidad de herramientas que integren las características físicas de la vegetación con su desempeño bioclimático, elaborar una propuesta de ficha técnica que sintetice estos aspectos, representaría un aporte instrumental para conocer qué tipo de especie es óptima desde el punto de vista de la eficiencia y cuál se adapta mejor al clima local. Por ello, el presente artículo tiene como objetivo elaborar una Herramienta de Vegetación Bioclimática (HVB) que permita conocer el grado de eficiencia de cada especie.

## METODOLOGÍA

Para cumplir el objetivo planteado, la investigación se desarrolla en tres etapas, bajo una metodología del tipo mixta. Primeramente, mediante un análisis teórico-bibliográfico, se seleccionan las variables representativas de la vegetación en relación al aspecto bioclimático. Las mismas son

recopiladas de fuentes locales, nacionales e internacionales, de libre disponibilidad, como artículos científicos, trabajos de investigación y libros, de los últimos diez años. Su análisis y procesamiento permite determinar las variables pertinentes al trabajo.

En segundo lugar, se elabora la HVB con las variables desarrolladas previamente. Para ello se trabaja la información en una planilla Excel que permite automatizar el procedimiento de fichaje y calificación. Finalmente, a modo de validación, se aplica la HVB a las especies más utilizadas en la zona de estudio, en base a un relevamiento in situ y satelital de su vegetación.

### Contexto Climático

San Juan se localiza en la Diagonal árida de América del Sur, con un régimen climático predominantemente seco del desierto cubriendo el 89,3% del territorio provincial, incluido el Valle de Tulum. En el mismo existe

una marcada deficiencia hídrica, en consecuencia, no hay cursos de agua permanentes alimentados por precipitaciones pluviales. La aridez extrema y la escasez de agua superficial, revelan la fragilidad de los sistemas naturales que, al ser objeto de uso intensivo, provocan la aparición de procesos de degradación ambiental, como la erosión y la desertificación (Gobierno de San Juan, 2021).

La provincia posee una temperatura media de 10,61°C en meses de invierno y 25,56°C en época estival, con precipitaciones de 13mm en invierno a 60,2mm en verano (Figura 1). Por su parte, la humedad relativa media es de 58% (invierno) y 46,7% (verano) y los valores de heliofanía relativa corresponden al 7% y 9,7% para invierno y verano respectivamente (IRAM, 2012).

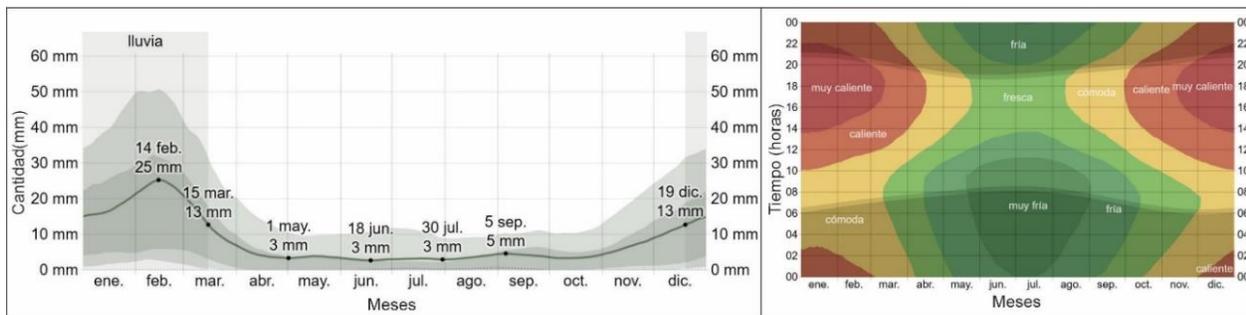


Figura 1. Promedio de lluvia (izq.) y de temperatura (der.) mensual en San Juan. Fuente: Diebel et al. (2022)

La zona en cuestión, presenta elevados niveles de irradiación solar. En la

Figura 2, se observa la energía solar de onda corta incidente diaria promedio por m<sup>2</sup>, siendo diciembre el mes más *resplandeciente* del año, con un promedio de 8,8 kWh. Asimismo, la velocidad media

del viento es de 9,2km/h en invierno y 14,6 km/h en verano (IRAM, 2012). Sumado a esto, San Juan está atravesando desde el inicio del presente siglo, un ciclo seco que afecta no sólo la disponibilidad de agua superficial sino también de aguas subterráneas.

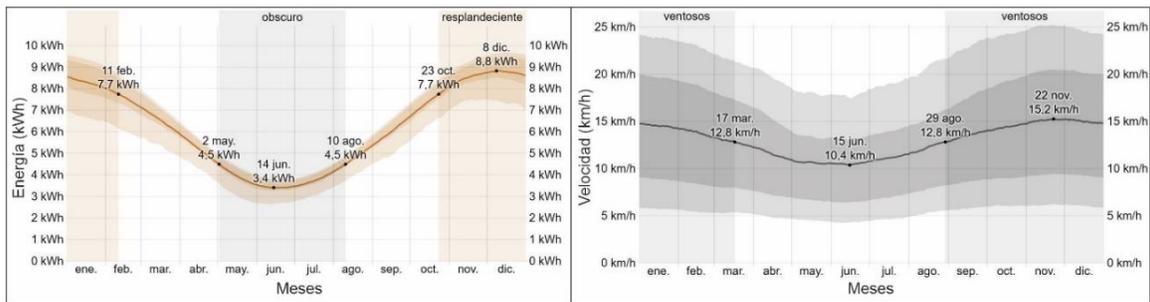


Figura 2. Energía solar de onda corta incidente (izq.) y velocidad del viento(der.) promedio en San Juan. Fuente: Diebel et al. (2022)

En relación al tipo de vegetación, se destaca la xerófila, como el algarrobo y chañar; arbustivas como la jarilla, chilca, alpataco y retamo; palustre como el junco y la totora o herbáceas, como el junquillo (Gobierno de San Juan, 2021). En específico, en zonas urbanas, predomina la mora.

Investigadores del Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental de la Universidad Nacional de San Juan, han estudiado los espacios verdes urbanos y su categorización según su rol bioclimático al calcular diversos índices (Kurbán y Cúnsulo, 2016;Kurbán, 2017). También han

profundizado en el estudio de la isla de calor, las isotermas urbanas, las isóneas de isla de calor para invierno y verano, un indicador de eficiencia bioclimática arbórea, entre otros (Papparelli et al., 2013; Cúnsulo et al., 2011; Cúnsulo et al., 2013). Dichos estudios concluyeron que todos los espacios verdes urbanos son bioclimáticamente eficientes, aún considerándose efectivos mitigadores del clima urbano árido.

#### Área de Estudio



Figura 3. Ubicación del área de estudio en el AMSJ (izq.). Barrio Cesap y su vegetación (der.). Fuente: elaboración propia en base a imagen de Google Maps

Como área de estudio se selecciona al Barrio Cesap, emplazado en el Área Metropolitana de San Juan (AMSJ) (Figura 3), el cual resulta accesible para su relevamiento fotográfico. Dicho barrio fue construido en 1995, contiene 750 viviendas, 5 plazas públicas, 3 plazas semiprivadas (para los habitantes del

barrio) y arbolado público continuo. Del mismo se extrae que la especie predominante es la mora (Figura 4) utilizada en el arbolado público, seguida por el álamo criollo y el eucalipto.



Figura 4. Relevamiento del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

## DESARROLLO

### Análisis teórico-bibliográfico

La vegetación es un óptimo instrumento para crear microclimas exteriores, siempre que se conozca la configuración física, las propiedades térmicas y las características de las especies. Entre ellas destaca el tipo de hoja, ramaje, forma y densidad de follaje, fotosíntesis, inclinación foliar y evapotranspiración, los cuales establecen la cantidad de protección y humedad que

recibe el ambiente. Asimismo, afectan a la reflexión, transmisión y absorción de la radiación solar; la estructura, el grosor, altura y diámetro de la copa, el índice de cobertura del área de la planta, patrones de tronco y ramificación, el albedo del follaje y la capacidad calorífica (Tan et al., 2017; Lai et al., 2017; Rojas et al., 2015). En base al estudio teórico realizado, se analizan como variables la radiación solar, luz, viento y calidad del aire junto con los indicadores que las determinan (Figura 5).

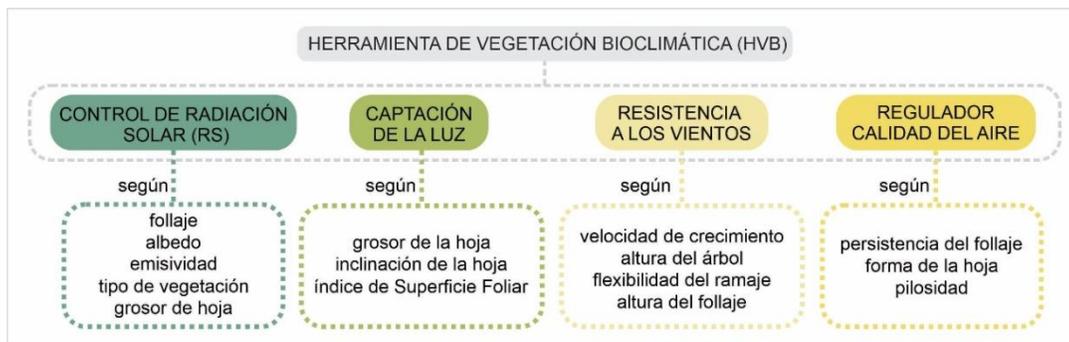


Figura 5. Variables e indicadores de la vegetación que intervienen en el desempeño bioclimático y forman parte de la HVB. Fuente: elaboración propia.



### *Control de la Radiación Solar*

La vegetación no sólo impide el paso de radiación solar directa de onda corta, también absorbe la radiación de onda larga emitida por los materiales del entorno construido (Hernández, 2013). Una zona cubierta por vegetación puede absorber hasta el 90% de luz que incide sobre ella y reducir las variaciones máximas de temperatura durante el año. Durante la noche, se invierte este proceso, emitiendo la radiación absorbida por el follaje durante el día (Vaz Monteiro et al., 2019). En base a Ochoa de la Torre (1999), la vegetación tiene la capacidad de controlar la radiación solar directa y el calor irradiado según follaje, albedo, emisividad, tipo de vegetación (monocotiledóneas y dicotiledóneas) y grosor de hoja.

La radiación que pasa a través del follaje depende de su densidad y, por ende, del tipo de árbol. Según Villavicencio Ordóñez (2011), los espacios sombreados por árboles de follaje semiespeso pueden llegar a ser hasta 3°C más frescos que los que únicamente presentan cubresuelos. Son óptimas las especies de hoja caduca ya que permiten la captación de radiación durante el invierno y nos protegen de ella en verano. Por su parte, el albedo es el porcentaje de radiación solar reflejada por una superficie, es elevado en superficies claras y pequeño en superficies oscuras. Un albedo de 1 corresponde a una superficie que refleja en condiciones reales el 100 %, mientras que un albedo de 0 se refiere a una superficie que absorbe toda la radiación solar incidente (Ráez Sánchez, 2018).

Asimismo, la emisividad es el cociente entre la cantidad de calor emitida por una

superficie y la cantidad de calor incidente por radiación sobre dicha superficie. En plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, la orientación de las hojas difiere, lo que influye en la capacidad de interceptar radiación ultravioleta (UV). Las especies monocotiledóneas de hojas delgadas y verticales interceptan menos la radiación UV que las dicotiledóneas, por presentar hojas anchas y de orientación predominantemente horizontal. Por esto, las plantas monocotiledóneas parecen ser más tolerantes a niveles elevados de radiación UV (Villavicencio Ordóñez, 2011; Carrasco-Ríos, 2009).

Por otra parte, el aumento en el grosor de las hojas es un cambio anatómico observado en plantas exhibidas a radiación UV. La penetración de la misma en hojas de coníferas, medida por microsensores de fibra óptica, resulta ser prácticamente nula, mientras que en plantas leñosas y hierbas el nivel es de 3 a 12% y en plantas herbáceas dicotiledóneas de 18 a 41% (Carrasco-Ríos, 2009).

### *Captación de la luz*

En términos aproximados, las hojas reflejan un 3% de la luz ultravioleta que les llega de forma directa, entre el 6% y 12% de la radiación fotosintéticamente activa y un 70% de la luz infrarroja. Por su parte, la cantidad de luz que transmiten depende de las características de la hoja, dejando pasar hasta un 40% de luz recibida. El grosor e inclinación de las hojas influyen en la distribución y cantidad de luz absorbida (Lin y Lin, 2010). La vegetación que crece próxima, pero con hojas inclinadas y con un Índice de Superficie Foliar (ISF) elevado captará más luz, que aquella con hojas

horizontales, ya que estas se hacen sombra unas a otras (Villavicencio Ordóñez, 2011).

El ISF es la superficie foliar existente por unidad de área del suelo (Morakinyo y Lam, 2016), es el aspecto más significativo para evaluar la capacidad de enfriamiento de diferentes especies, también para valorar la transpiración, reflexión y sombra (Smithers et al., 2018). A mayor ISF, menor cantidad de luz llega al suelo, por cuanto, la altura de

la vegetación influye en que el ISF sea mayor. Para su cálculo se requiere obtener el cociente de la superficie foliar total (en  $m^2$ ) y la superficie proyectada sobre el suelo (en  $m^2$ ) (Ecuación 1). La primera se refiere a la densidad foliar a diferentes alturas de la copa del árbol, mientras que la segunda a la proyección de la copa del árbol sobre el suelo, resultando en un círculo del mismo diámetro.

$$\text{ISF} = \frac{\text{Superficie Foliar Total}}{\text{Superficie proyectada sobre el suelo: } \pi r^2}$$

Ecuación 1. Fórmula para el cálculo del ISF. Fuente: elaboración propia según Villavicencio Ordóñez (2011)

### *Resistencia al viento*

La vegetación es ampliamente utilizada para reducir el viento, generando mayor estabilidad en las infiltraciones de los espacios habitables (Duval et al., 2020). Usualmente, se utiliza vegetación de hoja perenne para obstaculizar los flujos de aire (Hernández, 2013). Asimismo, los árboles de crecimiento lento o mixto presentan mayor flexibilidad en presencia de los vientos y contrariamente, árboles de crecimiento rápido, poseen una madera frágil, leñosa, poco densa y con mayor probabilidad de desgajarse (Kurbán, 2017).

También debe considerarse la altura de la vegetación, porque permite crear zonas de brisas bajo las copas o frenar los vientos en toda su altura. La mixtura de árboles y arbustos incrementa las corrientes de aire dejando zonas protegidas tanto a barlovento como a sotavento. Asimismo debe tenerse en cuenta la flexibilidad del ramaje, ya que no todas las especies

poseen la misma tendencia a la deformación de su ramaje, ni la misma capacidad para mantener permanentemente esa deformación (Villavicencio Ordóñez, 2011). Por último, es necesario analizar las características del follaje, sea este bajo, medio o elevado, si se quiere utilizar como cortina rompeviento.

### *Regulador de la calidad del aire*

Las investigaciones sobre la vegetación como medida de mitigación de la contaminación del aire en zonas urbanas se incrementan a diario. Ello aludiendo a su utilidad como humificadora y purificadora de aire, ya que absorbe  $CO_2$  y otros contaminantes y los libera mediante el proceso de fotosíntesis (Ráez Sánchez, 2018; Hernández, 2013). Sin embargo, no se considera sencillo identificar la cantidad exacta de  $O_2$  que puede generar cada especie, puesto que cada una tiene una tasa de intercambio diferente. Ejemplificando; 150  $m^2$  de hojas o 15  $m^2$  de

césped generan O<sub>2</sub> suficiente para diez personas y una calle arbolada posee cuatro veces menos polvo que una sin árboles (Tovar Jiménez, 2011; Díaz, 2005).

Ráez Sánchez (2018) y Zamorano (2020) coinciden en que la vegetación apta para la retención de contaminantes es la perenne, por su capacidad de filtrar el aire durante todo el año. Además, las coníferas funcionan óptimamente para purificar el aire, dado que además de ser perennes, poseen copa densa y hojas en forma de aguja, que absorben fácilmente los agentes contaminantes. Al mismo tiempo, la forma de la hoja es representativa en la limpieza y filtro del aire. Las hojas rugosas y con mayores tricomas son más eficientes, porque adhieren con mayor facilidad las partículas al aire.

Finalmente, el grado de efectividad al retener el polvo en las hojas depende de las características morfo-anatómicas de la hoja, como la pilosidad. Esta última, incluso en una misma especie, puede ser distinta, ya que su valor depende de si crece en un lugar soleado o sombreado (Alcalá et al., 2008; Plantasnet, 2015).

#### *Elaboración de la HVB*

Ya analizados los aspectos teóricos que dan sustento a la HVB, se elabora en excel la misma. Primeramente, en una pestaña del software se crea la Biblioteca donde se organizan los 15 indicadores de análisis y se especifica su valor según el tipo de vegetación (Tabla 1).

Tabla 1. Bibliografía con los valores de cada indicador según la especie. Fuente: elaboración propia.

Fuente	Indicador
Villavicencio Ordóñez (2011)	albedo, inclinación de las hojas, emisividad, ISF, follaje, grosor de hoja, altura del árbol, flexibilidad del ramaje, altura del follaje
Carrasco-Ríos (2009)	tipo de vegetación, grosor de hoja
Kurbán (2017)	velocidad de crecimiento
Ráez Sánchez (2018)	persistencia del follaje
Troiani et al. (2017)	forma de la hoja
Menéndez Valderrey (2014)	pilosidad

Es importante destacar que, en los casos donde la bibliografía no ha definido un rango numérico para cada tipo de vegetación, se elabora uno propio. A modo de ejemplo; según Ráez Sánchez (2018) las especies retienen entre el 10% y 90% de los contaminantes conforme sean caducas o perennes. Por cuanto, se establece para

las especies de follaje caduco entre el 10% y 35%, para las especies mixtas entre el 36% y 75% y para las especies perennes entre el 76% y 90%.

En otra pestaña se confecciona la Ficha Base que se estructura, primeramente, con las características básicas de la especie, esto es, nombre popular, nombre científico,

diámetro, radio, altura y porte. También se describe la velocidad de crecimiento, sol, riego y si es apta como elemento de aislamiento térmico y protección solar (Sección N°1). Seguidamente, se encuentra un sistema de calificación, de baja complejidad, que permite conocer la eficiencia de cada especie en términos bioclimáticos (Sección N°2)( Figura 6).

\*este fichaje contiene columnas y celdas ocultas, fórmulas incorporadas y vínculos a otras hojas. No eliminar o mover celdas, solo completar las celdas coloreadas.

SECCIÓN N°1

	Nombre Popular						
	Nombre Científico						
	Diámetro (mts.)						
	Radio (mts.)						
	Altura (mts.)						
	Porte						

SECCIÓN N°2

Escala	Como elemento de aislamiento térmico		Como elemento de protección solar		Velocidad de crecimiento	Exposición al sol	Riego
	En muros	En techo	Aislado	En Pérgola			
bajo							
medio							
elevado							

Variables de análisis		Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)
Radiación Solar (RS)	1.1 RS incidente según el follaje (%)			
	1.2 Control de la RS según el Albedo (%)			
	1.3 Control de la RS según la Emisividad (%)			
	1.4 Tolerancia a la RS UV según tipo de vegetación (%)			
	1.5 Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)			
Captación de la Luz	2.1 Luz absorbida según grosor de la hoja (%)			
	2.2 Captación de luz según inclinación de la hoja (%)			
	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )*			
	2.3 Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )**			
Resistencia a los vientos	3.1 según velocidad de crecimiento (%)			
	3.2 según altura del árbol (%)			
	3.3 según flexibilidad del ramaje (%)			
	3.4 según altura del follaje(%)			
Regulador calidad del aire	4.1 según persistencia del follaje (%)			
	4.2 según forma de la hoja (%)			
	4.3 según pilosidad (%)			
				0

CALIFICACIÓN

■	DEFICIENTE
■	REGULAR
■	ACEPTABLE
■	EFICIENTE

Notas:

\*Superficie foliar: ((largo x ancho de la hoja)\*0,75) ∑ los valores de cada hoja y obtener el promedio

\*\*Superficie proyectada en el suelo: π\*r<sup>2</sup>

Figura 6. Estructura de laHVB. Fuente: elaboración propia.

Para ello se elaboran tres columnas adjuntas, donde la columna “intervalo” se completa con los datos de la Biblioteca. Esto se fundamenta en que diversos autores brindan datos de las especies por intervalos. La columna “se adopta” permite seleccionar un valor entre el intervalo de la columna adjunta. Trabajar con ellos tiene la ventaja de poder ajustar los valores a las características de cada especie. Ejemplificando, dado que según Villavicencio Ordóñez (2011) un follaje muy espeso deja pasar entre 0,83% a 9,86% de la radiación, este intervalo se coloca en la columna “intervalo” y en la columna “se adopta” se escribe el valor que se elige dentro de ese rango según la característica de la especie, por ejemplo; 5%.

Por último, la columna “puntaje” muestra los puntos (%) que corresponden a la especie según cada variable de análisis. La variable Control de la Radiación Solar engloba el 40% del puntaje que es distribuido en 8 puntos para cada indicador. A Captación de Luz, se le destina un 30% (que es distribuido en 6 puntos para cada indicador), a Resistencia al viento le corresponde un 10% distribuido en 2,5 puntos para cada indicador y, por último, a la variable Regulador de la calidad del aire le corresponde un 20%, distribuido en 7 puntos para los dos primeros indicadores y 6 puntos para pilosidad (Figura 7).

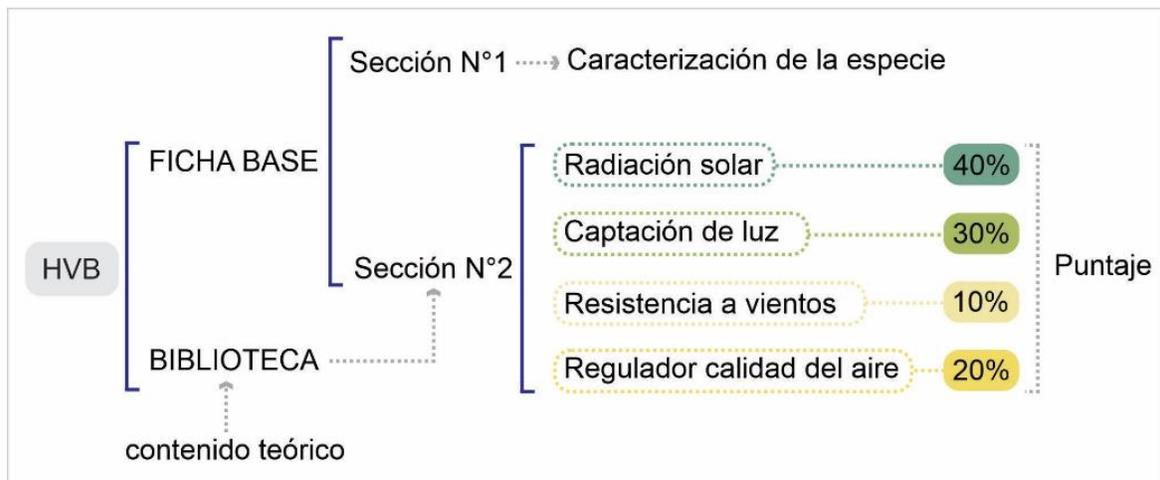


Figura 7. Estructura de la HVB y distribución de puntaje según las variables. Fuente: elaboración propia

Se acentúa que estos puntajes se designan en función de la zona climática en la que se encuentra el AMSJ, donde, la radiación solar tiene predominancia sobre la resistencia a

los vientos. Al sumar cada puntaje de las variables analizadas se llega al 100%. El sistema de calificación se configura para que, en el caso de que la suma arroje un

valor menor a 10, la especie se considere Deficiente, si el valor se ubica entre 10 y 40 sea Regular, entre 40 y 70, Aceptable y si supera el 70 representa una especie Eficiente. Para la automatización de la columna “puntaje” se utilizan las funciones de Excel “si”, “si.conjunto” y “si.y.o” que permiten automatizar el proceso de calificación de acuerdo a la escala de cada variable y su puntaje correspondiente.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del relevamiento se obtiene que la especie predominante es la mora (Morus Alba), la

cual es utilizada para el arbolado público y en la totalidad de las plazas. En segundo lugar prevalece el álamo criollo (*Populus Nigra*), el cual está presente en el 70% de las plazas del barrio. Finalmente, sobresale el eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) utilizado para arbolado público en el sector este del barrio. Además, el estudio realizado por Ripoll y Kurbán (2011) establece que la mora es la especie predominante en el AMSJ, mientras que el eucalipto y el álamo permanecen en el octavo y noveno lugar respectivamente.

Nombre Popular: Mora		Nombre Científico: Morus alba		Diámetro (mts.): 3		Radio (mts.): 2		Altura (mts.): 25		Punto: Copa extendida ramificada																																																																																	
Como elemento de aislamiento térmico		Como elemento de protección solar		Velocidad de viento		Exposición al sol		Riesgo																																																																																			
Escala		Escala		Escala		Escala		Escala		Escala																																																																																	
En muro		En techo		En muro		En techo		En muro		En techo																																																																																	
bajo																																																																																											
medio																																																																																											
alto																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variables de análisis</th> <th>Intervalo</th> <th>Se adopta</th> <th>Puntaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.1. RI incidente según el follaje (%)</td> <td>3 a 5</td> <td>4</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1.2. Control de la RI según el Albedo (%)</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Radiación solar (W)</td> <td>58</td> <td>58</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)</td> <td>10 a 50</td> <td>25</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)</td> <td>18 a 41</td> <td>29</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)</td> <td>10 a 85</td> <td>30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)</td> <td>30</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Captación de luz</td> <td>Superficie foliar total (m<sup>2</sup>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Superficie proyectada sobre el suelo (m<sup>2</sup>)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Índice de Superficie Foliar</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a los vientos</td> <td>3.1. según velocidad de crecimiento (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.2. según altura del árbol (%)</td> <td>10 a 38</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.3. según flexibilidad de ramas (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.4. según altura del follaje (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Regulador de calidad del aire</td> <td>4.1. según persistencia del follaje (%)</td> <td>10 a 30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.2. según forma de la hoja (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.3. según porosidad (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;"><b>44</b></td> </tr> </tbody> </table>												Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)	1.1. RI incidente según el follaje (%)	3 a 5	4	7	1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8	Radiación solar (W)	58	58	2	1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	25	2	1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	29	5	1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2	2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	36 a 75	40	2	2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	30			Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )				Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )				Índice de Superficie Foliar	2	1	Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	76 a 90	15		3.2. según altura del árbol (%)	10 a 38	0,5		3.3. según flexibilidad de ramas (%)	36 a 75	80		3.4. según altura del follaje (%)	36 a 75	15	Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	10 a 30	2		4.2. según forma de la hoja (%)	76 a 90	80		4.3. según porosidad (%)	36 a 75	40	<b>44</b>			
Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)																																																																																								
1.1. RI incidente según el follaje (%)	3 a 5	4	7																																																																																								
1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8																																																																																								
Radiación solar (W)	58	58	2																																																																																								
1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	25	2																																																																																								
1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	29	5																																																																																								
1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2																																																																																								
2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	36 a 75	40	2																																																																																								
2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	30																																																																																										
Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )																																																																																										
	Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )																																																																																										
	Índice de Superficie Foliar	2	1																																																																																								
Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	76 a 90	15																																																																																								
	3.2. según altura del árbol (%)	10 a 38	0,5																																																																																								
	3.3. según flexibilidad de ramas (%)	36 a 75	80																																																																																								
	3.4. según altura del follaje (%)	36 a 75	15																																																																																								
Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	10 a 30	2																																																																																								
	4.2. según forma de la hoja (%)	76 a 90	80																																																																																								
	4.3. según porosidad (%)	36 a 75	40																																																																																								
<b>44</b>																																																																																											
<p>    <b>DEFICIENTE</b> --           <b>REGULAR</b> --           <b>ACEPTABLE</b> --           <b>EFICIENTE</b> --       </p>																																																																																											
<p> <b>Notas:</b>           *Superficie foliar (largo x ancho de la hoja*0,75) / los valores de cada hoja y obtener el promedio                   **superficie proyectada en el suelo: m<sup>2</sup> </p>																																																																																											

Nombre Popular: Álamo criollo		Nombre Científico: Populus nigra		Diámetro (mts.): 2		Radio (mts.): 1		Altura (mts.): 18		Punto: Páico columnar																																																																																	
Como elemento de aislamiento térmico		Como elemento de protección solar		Velocidad de viento		Exposición al sol		Riesgo																																																																																			
Escala		Escala		Escala		Escala		Escala		Escala																																																																																	
En muro		En techo		En muro		En techo		En muro		En techo																																																																																	
bajo																																																																																											
medio																																																																																											
alto																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variables de análisis</th> <th>Intervalo</th> <th>Se adopta</th> <th>Puntaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.1. RI incidente según el follaje (%)</td> <td>5 a 5</td> <td>4</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1.2. Control de la RI según el Albedo (%)</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Radiación solar (W)</td> <td>58</td> <td>58</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)</td> <td>10 a 50</td> <td>30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)</td> <td>18 a 41</td> <td>20</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)</td> <td>10 a 85</td> <td>30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)</td> <td>10 a 35</td> <td>30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Captación de luz</td> <td>Superficie foliar total (m<sup>2</sup>)</td> <td>19</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Superficie proyectada sobre el suelo (m<sup>2</sup>)</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Índice de Superficie Foliar</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a los vientos</td> <td>3.1. según velocidad de crecimiento (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.2. según altura del árbol (%)</td> <td>10 a 38</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.3. según flexibilidad de ramas (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.4. según altura del follaje (%)</td> <td>10 a 35</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Regulador de calidad del aire</td> <td>4.1. según persistencia del follaje (%)</td> <td>10 a 30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.2. según forma de la hoja (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.3. según porosidad (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;"><b>49</b></td> </tr> </tbody> </table>												Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)	1.1. RI incidente según el follaje (%)	5 a 5	4	7	1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8	Radiación solar (W)	58	58	2	1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	30	2	1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	20	4	1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2	2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	10 a 35	30	2	2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	36 a 75	40	2	Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )	19			Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )	6			Índice de Superficie Foliar	6	7	Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	76 a 90	80		3.2. según altura del árbol (%)	10 a 38	20		3.3. según flexibilidad de ramas (%)	76 a 90	85		3.4. según altura del follaje (%)	10 a 35	20	Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	10 a 30	2		4.2. según forma de la hoja (%)	76 a 90	85		4.3. según porosidad (%)	36 a 75	40	<b>49</b>			
Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)																																																																																								
1.1. RI incidente según el follaje (%)	5 a 5	4	7																																																																																								
1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8																																																																																								
Radiación solar (W)	58	58	2																																																																																								
1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	30	2																																																																																								
1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	20	4																																																																																								
1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2																																																																																								
2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	10 a 35	30	2																																																																																								
2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	36 a 75	40	2																																																																																								
Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )	19																																																																																									
	Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )	6																																																																																									
	Índice de Superficie Foliar	6	7																																																																																								
Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	76 a 90	80																																																																																								
	3.2. según altura del árbol (%)	10 a 38	20																																																																																								
	3.3. según flexibilidad de ramas (%)	76 a 90	85																																																																																								
	3.4. según altura del follaje (%)	10 a 35	20																																																																																								
Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	10 a 30	2																																																																																								
	4.2. según forma de la hoja (%)	76 a 90	85																																																																																								
	4.3. según porosidad (%)	36 a 75	40																																																																																								
<b>49</b>																																																																																											
<p>    <b>DEFICIENTE</b> --           <b>REGULAR</b> --           <b>ACEPTABLE</b> --           <b>EFICIENTE</b> --       </p>																																																																																											
<p> <b>Notas:</b>           *Superficie foliar (largo x ancho de la hoja*0,75) / los valores de cada hoja y obtener el promedio                   **superficie proyectada en el suelo: m<sup>2</sup> </p>																																																																																											

Nombre Popular: Eucalipto		Nombre Científico: Eucalyptus camaldulensis Dehn.		Diámetro (mts.): 3		Radio (mts.): 2		Altura (mts.): 21		Punto: Copa extendida																																																																																	
Como elemento de aislamiento térmico		Como elemento de protección solar		Velocidad de viento		Exposición al sol		Riesgo																																																																																			
Escala		Escala		Escala		Escala		Escala		Escala																																																																																	
En muro		En techo		En muro		En techo		En muro		En techo																																																																																	
bajo																																																																																											
medio																																																																																											
alto																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variables de análisis</th> <th>Intervalo</th> <th>Se adopta</th> <th>Puntaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.1. RI incidente según el follaje (%)</td> <td>1 a 2,4</td> <td>2</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1.2. Control de la RI según el Albedo (%)</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Radiación solar (W)</td> <td>58</td> <td>58</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)</td> <td>10 a 50</td> <td>25</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)</td> <td>18 a 41</td> <td>20</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)</td> <td>10 a 85</td> <td>30</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)</td> <td>10 a 35</td> <td>25</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Captación de luz</td> <td>Superficie foliar total (m<sup>2</sup>)</td> <td>30</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Superficie proyectada sobre el suelo (m<sup>2</sup>)</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Índice de Superficie Foliar</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a los vientos</td> <td>3.1. según velocidad de crecimiento (%)</td> <td>10 a 38</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.2. según altura del árbol (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.3. según flexibilidad de ramas (%)</td> <td>36 a 75</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3.4. según altura del follaje (%)</td> <td>10 a 35</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Regulador de calidad del aire</td> <td>4.1. según persistencia del follaje (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.2. según forma de la hoja (%)</td> <td>10 a 30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.3. según porosidad (%)</td> <td>76 a 90</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;"><b>46</b></td> </tr> </tbody> </table>												Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)	1.1. RI incidente según el follaje (%)	1 a 2,4	2	8	1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8	Radiación solar (W)	58	58	2	1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	25	2	1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	20	4	1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2	2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	10 a 35	25	1	2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	36 a 75	40	2	Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )	30			Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )	1			Índice de Superficie Foliar	1	1	Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	10 a 38	15		3.2. según altura del árbol (%)	76 a 90	80		3.3. según flexibilidad de ramas (%)	36 a 75	40		3.4. según altura del follaje (%)	10 a 35	15	Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	76 a 90	85		4.2. según forma de la hoja (%)	10 a 30	20		4.3. según porosidad (%)	76 a 90	85	<b>46</b>			
Variables de análisis	Intervalo	Se adopta	Puntaje (%)																																																																																								
1.1. RI incidente según el follaje (%)	1 a 2,4	2	8																																																																																								
1.2. Control de la RI según el Albedo (%)	30	30	8																																																																																								
Radiación solar (W)	58	58	2																																																																																								
1.3. Control de la RI según la amovilidad (%)	10 a 50	25	2																																																																																								
1.4. Tolerancia a la RS UV según tipo de planta (%)	18 a 41	20	4																																																																																								
1.5. Penetración de la RS UV según grosor de hoja (%)	10 a 85	30	2																																																																																								
2.1. Luz absorbida según grosor de la hoja (%)	10 a 35	25	1																																																																																								
2.2. Captación de luz según inclinación de la hoja (%)	36 a 75	40	2																																																																																								
Captación de luz	Superficie foliar total (m <sup>2</sup> )	30																																																																																									
	Superficie proyectada sobre el suelo (m <sup>2</sup> )	1																																																																																									
	Índice de Superficie Foliar	1	1																																																																																								
Resistencia a los vientos	3.1. según velocidad de crecimiento (%)	10 a 38	15																																																																																								
	3.2. según altura del árbol (%)	76 a 90	80																																																																																								
	3.3. según flexibilidad de ramas (%)	36 a 75	40																																																																																								
	3.4. según altura del follaje (%)	10 a 35	15																																																																																								
Regulador de calidad del aire	4.1. según persistencia del follaje (%)	76 a 90	85																																																																																								
	4.2. según forma de la hoja (%)	10 a 30	20																																																																																								
	4.3. según porosidad (%)	76 a 90	85																																																																																								
<b>46</b>																																																																																											
<p>    <b>DEFICIENTE</b> --           <b>REGULAR</b> --           <b>ACEPTABLE</b> --           <b>EFICIENTE</b> --       </p>																																																																																											
<p> <b>Notas:</b>           *Superficie foliar (largo x ancho de la hoja*0,75) / los valores de cada hoja y obtener el promedio                   **superficie proyectada en el suelo: m<sup>2</sup> </p>																																																																																											

Figura 8. Aplicación de la HVB a la mora (izq.), álamo (centro) y eucalipto (der.). Fuente: elaboración propia.

Luego de aplicar la HVB, las tres especies obtuvieron una calificación de “aceptable” (Figura 8). El álamo criollo consiguió el puntaje más elevado (49 puntos), seguido por el eucalipto (46 puntos) y en tercer lugar la mora (44 puntos). En la categoría Radiación Solar el eucalipto arrojó los valores más elevados, debido a la radiación solar incidente en su follaje y al grosor de sus hojas.

En Captación de luz, el álamo obtuvo mayor calificación por su ISF. Seguidamente, la mora y el álamo criollo alcanzaron el mismo puntaje en la categoría resistencia a los vientos ya que poseen similares velocidades de crecimiento y alturas. Mientras que en Calidad del aire, destacó el eucalipto por obtener el mayor puntaje en el indicador persistencia del follaje. En este caso la mora y el álamo obtuvieron igual puntaje. En Figura 9, se muestran los resultados.

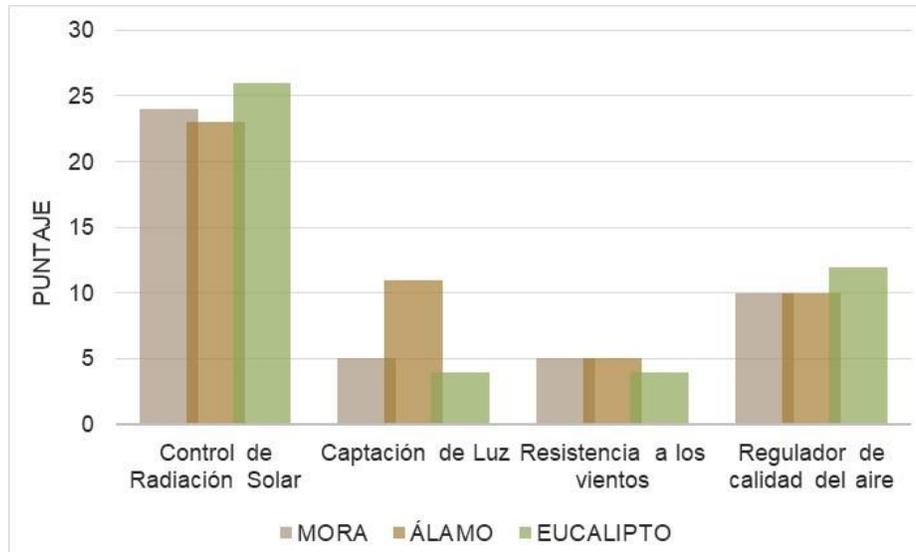


Figura 9. Resultados de la aplicación de la HVB. Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

En las próximas décadas, se espera que por los efectos del cambio climático, aumente la temperatura del aire, se reduzcan las precipitaciones y se agraven los efectos de la isla de calor en zonas urbanas. Ante esto, la vegetación ya ha demostrado ser beneficiosa en su mitigación. Sin embargo, la infraestructura verde sigue representando una escasa prioridad en la planificación de las ciudades. Por ello, se considera significativo aportar a la relación entre vegetación y bioclimatismo, considerando a la primera como un recurso natural y renovable, que contribuye a atenuar la rigurosidad climática de la provincia.

Es elocuente diseñar espacios verdes superadores y administrar los existentes de manera que se aprovechen las ventajas de las diversas especies vegetales. Asimismo, es necesario evaluar la capacidad de la vegetación de regiones áridas, proponer un tipo de arbolado que funcione adecuadamente, aprovechar los recursos

naturales e implementar soluciones que permitan un mantenimiento sostenible de los espacios verdes.

En este marco, este trabajo resulta un aporte a las políticas ambientales, planes gubernamentales y planificaciones urbanas donde la herramienta sea empleada por paisajistas, urbanistas y arquitectos que incorporen en sus proyectos una mirada eficiente. Se pone en valor que el mismo es muestra de la integración de contenido teórico y aplicación práctica, pudiendo adaptarse a los criterios bioclimáticos de cada región argentina.

Según el clima local y su localización geográfica, la vegetación modifica su comportamiento y la calidad de protección que pueda ofrecer, además de experimentar alteraciones en su estructura corporal y fisonomía (Duval et al., 2015; Rojas et al., 2015). Es por ello que sería deseable obtener, a futuro, datos de cada especie que respondan a mediciones o estudios locales.

En esta misma línea, se espera aplicar la HVB a especies nativas, como el chañar (*Geoffroea Decorticans*) y el algarrobo (*Ceratonia Siliqua*), no solo para conocer su comportamiento bioclimático, sino también para impulsar la biodiversidad y promover la identidad nacional valorizando el paisaje natural.

Así mismo, en próximas investigaciones se prevé incorporar el análisis de la variable

Tolerancia a altas temperaturas puesto que la misma resulta esencial en el contexto de aridez local. Esta incluye, el estrés térmico, hídrico y salino, cuyos valores varían entre especies y genotipos, no habiéndose encontrado datos cuantitativos de cada especie en particular (Chaves-Barrantes y Gutiérrez-Soto, 2017; Samach y Wigge, 2005).

## BIBLIOGRAFÍA

Aboelata, A. (2020). Vegetation in different street orientations of aspect ratio (H/W 1:1) to mitigate UHI and reduce buildings' energy in arid climate. *Building and Environment*, 172, 01–16. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106712>

Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Campos, A., y Holguin, C. (2008). Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras de la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*, 17, 17–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42801703>

Calderón-Contreras, R., y Quiroz-Rosas, L. E. (2017). Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosystem Services*, 23, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.004>

Carrasco-Ríos, L. (2009). Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. *IDESIA*, 27(3), 59–76.

Chaves-Barrantes, N. F., y Gutiérrez-Soto, M. v. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 237–253. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21903>

Cúnsulo, M., Kurbán, A., Papparelli, A., y Montilla, E. (2013). Procesamiento de datos térmicos satelitales para la obtención de la isla de calor urbana. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 17, 1–8.

Cúnsulo, M., Papparelli, A., y Kurbán, A. (2011). Variación temporal de la isla de calor y de la ocupación urbana en San Juan-Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15.

Darvish, A., Eghbali, G., y Eghbali, S. R. (2021). Tree-configuration and species effects on the indoor and outdoor thermal condition and energy performance of courtyard buildings. *Urban Climate*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100861>

Díaz, G. (2005). Vegetación y calidad ambiental de las ciudades. *Arquitectura y Urbanismo*, 26(1), 44–49.

Diebel, J., Norda, J., y Kretchmer, O. (2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Ciudad de San Juan, Argentina*. WeatherSpark. <https://es.weatherspark.com/y/27327/Clima-promedio-en-Ciudad-de-San-Juan-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Ciudad%20de%20San%20Juan%2C%20los%20veranos%20son%20c%C3%A1lidos%2C%20los,m%C3%A1s%20de%2038%20%C2%BC>.

Duval, V. S., Benedetti, G. M., y Baudis, K. (2020). El impacto del arbolado de alineación en el microclima urbano. Bahía Blanca, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, 73, 171–188. <https://doi.org/10.14198/INGEO2020.DBB>

- Duval, M. S., Benedetti, G. M. y Campo, A. M. (2015). Relación clima-vegetación: adaptaciones de la comunidad del jarillal al clima semiárido, Parque Nacional Lihué Calel, provincia de La Pampa, Argentina. *Investigaciones Geograficas*, 2015(88), 33–44. <https://doi.org/10.14350/rig.48033>
- Flores de la O., J. L., Villanueva-Solis, J., y Quiroa-Herrera, J. A. (2018). Evaluación de los efectos microclimáticos que tiene la vegetación en la mitigación de la isla de calor urbana: Parque en la ciudad de Torreón, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 123–140. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.7>
- Gobierno de San Juan. (2021). *Caracterización de la Provincia de San Juan. Plan estratégico San Juan*. [https://planestrategico.sanjuan.gob.ar/?page\\_id=314](https://planestrategico.sanjuan.gob.ar/?page_id=314)
- Hernández, A. (2013). *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Instituto Politécnico de Bragança (1° ed., vol. 1).
- IRAM. (2012). *Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios*.
- Kurbán, A. (2017). *Verde Urbano. Contribución Bioclimática a la Sustentabilidad de Ambientes Áridos*. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de San Juan.
- Kurbán, A., y Cúnsulo, M. (2016). Confort térmico en espacios verdes urbanos de ambientes áridos. *Revista Hábitat Sustentable*, 7(1), 32–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2017.07.01.04>
- Lai, A., Maing, M., y Ng, E. (2017). Observational studies of mean radiant temperature across different outdoor spaces under shaded conditions in densely built environment. *Building and Environment*, 114, 397–409. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.034>
- Li, Z., Chow, D. H. C., Yao, J., Zheng, X., y Zhao, W. (2019). The effectiveness of adding horizontal greening and vertical greening to courtyard areas of existing buildings in the hot summer cold winter region of China: A case study for Ningbo. *Energy and Buildings*, 196, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.025>
- Lin, B.-S., y Lin, Y.-J. (2010). Cooling effect of shade trees with different characteristics in a subtropical urban park. *HortScience*, 45(1), 83–86.
- Lindén, J., Fonti, P., y Esper, J. (2016). Temporal variations in microclimate cooling induced by urban trees in Mainz, Germany. *Urban Forestry yUrban Greening Journal*, 198–209. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.001>
- Martini, A., Biondi, D., y Batista, A. C. (2017). Urban Forest Components Influencing Microclimate and Cooling Potential1. *Revista Árvore*, 41(6). <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000600003>
- Menéndez Valderrey, J. L. (2014). *Las Hojas*. Asturnatura. <https://www.asturnatura.com/plantas/hojas.html>
- Morakinyo, T. E., y Lam, Y. F. (2016). Simulation study on the impact of tree-configuration, planting pattern and wind condition on street-canyon's micro-climate and thermal comfort. *Building and Environment*, 103, 262–275. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.04.025>
- Ochoa de la Torre, M. J. (1999). *La vegetación como instrumento para el control microclimático*. [Tesis doctoral]. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Palme, M., Privitera, R., y la Rosa, D. (2020). The shading effects of Green Infrastructure in private residential areas: Building Performance Simulation to support urban planning. *Energy and Buildings*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110531>

Papparelli, A., Kurbán, A., y Cúnsulo, M. (2013). Isla de calor y ocupación espacial urbana en San Juan, Argentina: análisis evolutivo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 4(7), 110–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu4-7.icoe>

Plantasnet. (2015). *Las Hojas*. [http://www.plantasnet.com/recoleccion/anatomia\\_v2.htm](http://www.plantasnet.com/recoleccion/anatomia_v2.htm)

Ráez Sánchez, A. (2018). *Naturación urbana como instrumento para la sostenibilidad global. Metodología integral para la planificación de espacios verdes en el medio urbano*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica de Madrid.

Ripoll, V., y Kurbán, A. (2011). *Estudio Bioclimático de la Forestación Urbana en la ciudad de San Juan*. FAUD-UNSJ.

Rojas, G. M., Roset, J., y Navés, F. (2015). La vegetación en el confort micro climático. Comparación de especies del clima Mediterráneo de Barcelona, España. *Architecture, City and Environment*, 10(29), 59–84. <https://doi.org/10.5821/ace.11.29.3589>

Samach, A., y Wigge, P. A. (2005). Ambient temperature perception in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 8(5), 483–486. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2005.07.011>

Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy and Buildings*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482>

Shivaram, R., Yang, Z., y Jain, R. K. (2021). Context-aware Urban Energy Analytics (CUE-A): A framework to model relationships between building energy use and spatial proximity of urban systems. *Sustainable Cities and Society*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102978>

Smithers, R. J., Doick, K. J., Burton, A., Sibille, R., Steinbach, D., Harris, R., Groves, L., y Blicharska, M. (2018). Comparing the relative abilities of tree species to cool the urban environment. *Urban Ecosystems*, 21(5), 851–862. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0761-y>

Tan, Z., Lau, K. K. L., y Ng, E. (2017). Planning strategies for roadside tree planting and outdoor comfort enhancement in subtropical high-density urban areas. *Building and Environment*, 120, 93–109. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.017>

Tovar Jiménez, E. I. (2011). *Manejo bioclimático de vegetación nativa de México, de raíz autoadherente, en envolventes arquitectónicas como dispositivo de control térmico, aplicado a un modelo de casa habitación en la ciudad de México*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma Metropolitana de México.

Troiani, H. O., Prina, A. O., Muiño, W. A., Tamame, M. A., y Beinticinco, L. (2017). *Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía* (1° ed., Vol. 1). Universidad Nacional de La Pampa.

Vaz Monteiro, M. V., Handley, P., Morison, J. I. L., y Doick, K. J. (2019). *The role of urban trees and greenspaces in reducing urban air temperatures*.

Villavicencio Ordóñez, J. E. (2011). *La vegetación como instrumento para el control microclimático en el espacio urbano*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica Particular de Loja.

Zamorano, E. (2020). *Los pulmones del ecosistema*. [https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2020-05-08/contaminacion-arboles-ciudades-salud-publica\\_2583123/#:~:text=Hay%20muchas%20clasificaciones%20de%20cu%C3%A1les,los%20abetos%20y%20los%20cipreses.](https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2020-05-08/contaminacion-arboles-ciudades-salud-publica_2583123/#:~:text=Hay%20muchas%20clasificaciones%20de%20cu%C3%A1les,los%20abetos%20y%20los%20cipreses.)