

Criterio ambiental volumétrico para el cálculo patrimonial y de necesidades urbanísticas en espacios verdes

Ramón Codina¹
Jorge Barón²

RESUMEN

Los espacios verdes y en general la vegetación que cumple funciones de protección son valorados, medidos y calculados por el área destinada a esa función, más que por los elementos vegetales relacionados. Esto significa una simplificación excesiva de la valoración de la vegetación, que no aporta criterios de cuantificación valorativa, necesarios en la actualidad, tanto para preservar vegetación existente, como para proyectar en ingeniería del mejoramiento ambiental.

En el presente trabajo se propone un concepto nuevo de valoración de los elementos vegetales, que se apoya en su influencia como mejoradores ambientales. Se determinan índices de valoración de la vegetación, como el Índice de Vegetación Ambientalmente Activa por unidad de área afectada a portar vegetación y el Índice Ambiental Urbanístico, que permiten cuantificar la importancia urbanística y ambiental de la vegetación. También se propone un nuevo concepto para calcular la necesidad de áreas verdes en proyectos urbanísticos y en áreas de amortiguación industriales, basado en el volumen de vegetación que debe existir en las áreas que normalmente se destinan a espacios verdes.

PALABRA CLAVE:

Cálculo volumétrico vegetación; valoración espacios verdes; parámetros ambientales; cálculo ambiental vegetación; índice vegetación ambientalmente activa, índice volumétrico vegetación/habitante.

SUMMARY

The green spaces and, in general, the protective vegetation, are valued, measured and calculated by the area designated to that function rather than by the related vegetable elements. This means that an excessive simplification on the vegetation recognition is used, which does not provide quantitative valuation criteria. These criteria are presently needed both in preserving the existing vegetation, and in projecting tasks for environment improvement engineering.

In this work, it is proposed a new valuation concept for the vegetable elements, based on their influence as environment improvers. Vegetation valuation indexes are defined, such as the Environmentally Active Vegetation Index per area unit affected to give vegetation and the Urban Environment Index. These indexes allow the quantitative evaluation of the urban and environmental

1. Ing. Agrónomo, docente Fac. Ciencias Agrarias, UNCuyo, e-mail: racodina@supernet.com.

2. Dr. Ingeniero. Director Carrera Doctorado en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNCuyo, e-mail: jbaron@cediac.uncu.edu.ar

N. de R.: Este trabajo corresponde a la primera tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental defendida en esta Facultad.

value of the vegetation. A new concept for calculating the need of green areas both in urban and in industrial protection areas is also proposed. It is based on the vegetation volume needs in the areas usually devoted to green spaces.

KEY WORDS:

Vegetation volumetric calculation; green spaces value; environmental parameters; vegetation ambient calculation; environmentally active vegetation index; vegetation/inhabitant volumetric index.

INTRODUCCION

Los espacios verdes y en general la vegetación con uso ornamental y de protección contra factores adversos, constituyen un factor de mejoramiento ambiental de gran importancia para la vida del ser humano moderno y deben ser considerados como integrantes importantes del patrimonio natural que pertenece a la comunidad, junto con el resto de los recursos naturales renovables.

La mejora ambiental debida a la presencia de vegetación, ha sido cuantificada por numerosos autores que han trabajado en diferentes aspectos de la misma, y constituye la base sobre la que se asienta el criterio de valoración vegetal que se propone en este trabajo. Ese mejoramiento ambiental, justifica el criterio valorativo de considerar a los vegetales como elementos naturales que resultan esenciales para contrarrestar, al menos en parte, los desequilibrios que ocurren en los conglomerados humanos, desde el punto de vista de la higiene y la estética del ambiente.

El primer paso para lograr el incremento de la presencia de elementos vegetales en ciudades, es el establecimiento de elementos de juicio cuantitativo que ayuden a los profesionales en la defensa de esos elementos representativos de la naturaleza, tanto en la protección de ejemplares existentes, como en el mejoramiento de los efectos ambientales de proyectos de ingeniería y arquitectura, frente a criterios orientados por utilitarismos económicos inmediatos.

Entre los elementos naturales que tienden a mitigar la artificialización del medio, se encuentran los vegetales. Es posible verificar que el desarrollo urbano significa casi siempre una retrogradación de la cubierta vegetal preexistente, por lo que la valoración adecuada de los elementos vegetales será siempre un factor esencial para adecuar los proyectos de desarrollo y protección del medio, en un justo balance con la conservación de la naturaleza, buscando que las acciones humanas sean siempre sustentables.

El presente trabajo provee elementos de juicio cuantitativo, que en manos de los técnicos, servirán para hacer evidentes las ventajas que para la vida del hombre representa la vegetación considerada como mejorador ambiental. Dichos elementos son:

1. Un criterio novedoso de tipo ambiental integral basado en cálculos volumétricos de vegetación, que permite alcanzar mayor exactitud en la valoración ambiental de espacios verdes existentes y en el cálculo de necesidades de áreas verdes en planificación urbana y en áreas de amortiguación de instalaciones industriales.
2. Una nueva herramienta de cálculo en el área profesional de la ingeniería ambiental, de utilidad práctica en el desarrollo de proyectos de mejora ambiental donde se contemple la creación de áreas verdes.
3. Parámetros cuantitativos para comparación y evaluación de proyectos relacionados con el manejo o desarrollo de áreas verdes y proyectos de mejora ambiental.
4. Una nueva metodología de valoración de la vegetación, en base a parámetros cuantitativos fundamentados en la mejora ambiental, para el desarrollo de estudios de Evaluación de Impacto Ambiental en lo referente a la influencia de la vegetación existente y/o programada en proyectos urbanísticos, turísticos e industriales.
5. Una metodología más adecuada a las necesidades actuales que contemple el valor ambiental de los ejemplares vegetales, que pueda servir de base para la determinación del valor relativo y

comparativo de elementos vegetales para ser utilizada en procesos legales, normativa de preservación ambiental y tasaciones urbanas y rurales. Esta metodología servirá de base para el desarrollo de nuevos criterios de evaluación económica del elemento vegetal, desde la óptica de la mejora ambiental.

VALORACION DE ESPACIOS VERDES EXISTENTES

Se sostiene la necesidad de incorporar un nuevo criterio para la valoración cuantitativa de espacios verdes existentes y para el cálculo de las necesidades de verde planificado en asentamientos urbanísticos e industriales, que se fundamente en la influencia de la vegetación como mejorador ambiental de factores microclimáticos y paisajísticos, así como elemento mitigador de factores contaminantes.

Para ello, se propone medir y valorar los espacios verdes existentes considerando un Índice que se ha denominado **INDICE AMBIENTAL-URBANISTICO**, calculado en base al **INDICE VOLUMETRICO DE VEGETACION ACTIVA**, referido a la superficie ocupada por vegetación o destinada a portar vegetación.

El **INDICE VOLUMETRICO DE VEGETACION ACTIVA**, cuyas unidades son m^3 / m^2 , indica la cantidad de vegetación ambientalmente activa en volumen de espacio ocupado por vegetación, por unidad de superficie de terreno afectado a espacio verde.

El terreno afectado a espacio verde, o "**superficie verde efectiva**", debe considerarse como la superficie que realmente porta vegetación, o incluyendo terreno desnudo portante de árboles y/o arbustos, habiéndose descontado de la superficie total del predio considerado, toda superficie cubierta o pavimentada donde no sea posible establecer vegetación.

Sobre el concepto de "Vegetación Activa"

La vegetación (arbórea, arbustiva y herbácea) interactúa con el ambiente produciendo en general efectos de mejora de las condiciones físicas y químicas según las necesidades del hábitat humano, tanto en los parámetros climáticos y microclimáticos como en los factores contaminantes del ambiente.

Esta interacción se verifica siempre en **relación directa al área foliar y su parámetro relacionado, el volumen de espacio ocupado por vegetación**. La **persistencia o caducidad del follaje, su textura, su densidad o transparencia, su estado fisiológico y su esperanza de vida**, son los condicionantes principales que modifican la eficiencia de la vegetación en el efecto sobre la mejora ambiental enunciada.

Esto está corroborado por numerosas experiencias y mediciones que se rescatan de la bibliografía. En consecuencia, la **persistencia, textura y densidad del follaje, estado fisiológico y esperanza de vida** deben intervenir en el cálculo del **VOLUMEN DE VEGETACION ACTIVA**, mediante factores de corrección, que modifican el valor del Volumen de Vegetación.

Elección del rango de variación de los factores.

Los factores correctivos por persistencia, textura y densidad del follaje, estado fisiológico y esperanza de vida, corresponden a calificación de elementos de características **intrínsecas** del vegetal, que influyen en la calidad del ambiente en forma independiente y para valorar su rango de variación, se seguirá el criterio descrito por GOMEZ OREA, D. (8) (p. 76), para el desarrollo de Funciones de Transformación de la Calidad Ambiental según variaciones de los Factores Ambientales. El rango en que varía la Calidad Ambiental para cada factor considerado, está entre 0 y 1.

Según la forma matemática del índice propuesto, factores con valor nulo carecen de sentido, salvo en el caso especial del factor estado fisiológico, que corresponde un valor 0 para un ejemplar muerto, con lo que su valor ambiental queda anulado. Para los demás factores intrínsecos el rango de variación seleccionado será de 0,1 a 1, con valores según las categorías de variación expuestas a continuación, para cada uno de los factores mencionados.

Factor Persistencia del follaje (F.P.)

Se considera un factor de 0,1 a 1, según período anual (fracción anual en meses) en que la especie permanece con hojas, en el lugar considerado. Siendo 0,1 para las especies afilias y 1 para las persistentes, como extremos.

| Tipo de follaje | fracción anual con hojas | F.P. [adimensional] |
|-------------------|--------------------------|---------------------|
| áfilo | 0 | 0,1 |
| caduco (temprano) | 0,4 a 0,49 | 0,25 |
| caduco (medio) | 0,5 a 0,59 | 0,5 |
| caduco (tardío) | 0,6 a 0,8 | 0,7 |
| semi-persistente | 0,8 a 0,9 | 0,8 |
| persistente | 0,9 a 1 | 1 |

Factor Textura del follaje (F.T.)

Se consideran las especies, tanto arbóreas como arbustivas y herbáceas, incluidas en una de cinco categorías según la textura de su follaje : Muy Fina, Fina, Media, Gruesa y Muy Gruesa. El tamaño medio del elemento foliar considerado en su **menor dimensión o ancho**, es lo que caracteriza a la textura desde el punto de vista de su acción en el efecto de filtrado del aire, que es básico en la influencia ambiental del vegetal.

Según experiencias publicadas de varios autores, entre ellos puede citarse a SEOANEZ CALVO, M.(26) (P.221) ; Mc PHERSON, G. (15) (P.64); PESSON, P. (20) (P. 70), en general puede decirse que el efecto ambiental de la vegetación es mayor a menor tamaño de los elementos foliares, ya que los fenómenos involucrados son dependientes fuertemente de la superficie de contacto hoja- aire y en general las especies que poseen hojas más pequeñas presentan mayor número de ellas por espacio de copa.

En base a esto, se propone la siguiente escala de textura, ancho medio correspondiente a la menor dimensión del elemento foliar y factor F.T.

| Textura del follaje | ancho medio (mm) | F.T. [adimensional] |
|---------------------|------------------|---------------------|
| muy fina | < 2 | 1 |
| fina | 2 a 5 | 0,8 |
| media | 5 a 100 | 0,5 |
| gruesa | 100 a 500 | 0,3 |
| muy gruesa | > 500 | 0,1 |

Factor Densidad del follaje (F.D.)

La densidad del follaje es una característica de gran importancia en la determinación de la influencia ambiental de las especies. Normalmente las estimaciones que se realizan de esta característica vegetal, se basan en apreciaciones cualitativas que pueden variar de un profesional a otro, por lo que se ha tratado de introducir un concepto cuantitativo de valoración, basado en la intercepción lumínica producida por el follaje. A través de la intercepción lumínica se estima la densidad de follaje que corresponde a una determinada categoría. Mediante mediciones con luminómetro, se puede establecer un valor numérico que varía entre los distintos elementos vegetales de la misma especie dentro de un cierto rango.

En base al Coeficiente de Intercepción Lumínica estimativo (C.I.L.) de cada especie, se establecen cinco categorías de densidad del follaje (Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy baja). Dicho coeficiente se calcula como:

$$C.I.L. = (L.D. - L.C.) / L.D. \text{ [adimensional]}$$

donde:

- C.I.L. : Coeficiente intercepción lumínica estimativo
 L.D. : Luz directa
 L.C. : Luz transmitida por la copa

El C.I.L. se usa para catalogar la densidad de follaje, y siguiendo a SEOANEZ CALVO, M. (26) (p. 218), se considera que a mayor densidad del follaje en un vegetal considerado, sus efectos ambientales aumentan, por lo que se asigna el mayor valor a la mayor categoría de densidad de follaje, disminuyendo los valores para el resto de las categorías de acuerdo a la siguiente escala.:

| C.I.L | Densidad del follaje | F.D. [adimensional] |
|---------------|----------------------|---------------------|
| 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 |

Factor Estado Fisiológico y Sanitario (F.E.)

La capacidad de mejora ambiental e influencia sobre el ambiente que produce un vegetal, es influenciada por su estado fisiológico y nutricional, ya que plantas debilitadas manifiestan síntomas en su ritmo de crecimiento y características del follaje (disminución del vigor y área foliar, comparando con plantas sanas) que tienen repercusión directa en el efecto producido por el ejemplar sobre el medio. De igual manera, la incidencia de plagas y enfermedades en general disminuyen el valor ambiental de las especies, por lo que estos elementos de juicio deben ser tenidos en cuenta en el análisis del valor ambiental de los elementos vegetales.

Se ponderará en forma global el estado fisiológico, nutricional y sanitario del vegetal, teniendo en cuenta la incidencia de factores adversos (enfermedades y plagas) y su grado de recuperabilidad de ser posibles tratamientos adecuados. En base a la observación detallada, se establecerá la ubicación del ejemplar en una de las siguientes categorías: ejemplar muerto, muy deteriorado, débil recuperable, mediano, bueno y óptimo.

Para asignar valores a cada categoría, se sigue a NOVAK, D., citado por Mc PHERSON, G. (15) (p. 6), en la determinación de puntaje de corrección según estado del vegetal, para ecuaciones de estimación de Área Foliar, en árboles de Chicago, en base a las dimensiones de la copa, la superficie exterior y el coeficiente de sombra de la especie. Se obtiene la siguiente tabla:

| Categoría | F.E. [adimensional] |
|-------------------|---------------------|
| Ejemplar muerto | 0 |
| Muy deteriorado | 0,1 |
| Débil recuperable | 0,3 |
| Mediano | 0,6 |
| Bueno | 0,8 |
| Óptimo | 1 |

Factor Esperanza de Vida (F.E.V.)

El efecto ambiental de un elemento vegetal, está condicionado a la duración en el tiempo de ese efecto, por lo que siempre será deseable que los componentes volumétricos básicos del paisaje (en especial árboles y arbustos) posean condiciones de una adecuada durabilidad o esperanza de vida.

Esto también está relacionado con la sustentabilidad de los espacios, toda vez que la baja durabilidad de ciertas especies obligan a tareas de reposición, con el consecuente costo adicional en mantenimiento.

Por estos motivos se deben valorar con calificativos más altos a las especies más longevas dentro de los espacios estudiados.

Se clasificarán los ejemplares con un puntaje de 1 a 0,1, según la esperanza de vida a partir del momento en que se releva la situación, de acuerdo a la siguiente escala:

| Esperanza de vida [años] | F.E.V. [adimensional] |
|--------------------------|-----------------------|
| >100 | 1 |
| 50 a 100 | 0,8 |
| 30 a 50 | 0,5 |
| 10 a 30 | 0,3 |
| < 10 | 0,1 |

Volumen de Vegetación Activa

En base a la consideración de los factores de corrección, el VOLUMEN DE VEGETACION ACTIVA (V.V.A.) del lugar considerado, resulta:

$$V.V.A. = (V.V.) \times (F.P.) \times (F.T.) \times (F.D.) \times (F.E.) \times (F.E.V.) \quad [m^3]$$

donde V.V. = volumen (real) de vegetación

F.P. = factor persistencia del follaje

F.T. = factor textura del follaje

F.D. = factor densidad del follaje

F.E. = factor estado fisiológico

F.E.V. = factor esperanza de vida

Ahora bien, el concepto de Volumen de Vegetación Activa adquiere verdadera significación y valor comparativo cuando se lo relaciona con el área afectada para sustentar ese volumen de vegetación. En este sentido es necesario referirlo al valor de la "Superficie verde efectiva" para obtener el Índice Volumétrico de Vegetación Activa. La superficie verde efectiva, como se ha definido antes, es el área afectada realmente a sustentar vegetación, luego de descontar todas las superficies ocupadas con elementos constructivos, pavimentos y vías de circulación dentro del espacio considerado.

Para cálculos en ejemplares aislados, se tomará como superficie verde efectiva o superficie efectiva, el área ocupada por la proyección de la copa sobre el terreno.

INDICE VOLUMETRICO DE VEGETACION ACTIVA

El Índice Volumétrico de Vegetación Activa, (I.V.V.A.), es el primer parámetro de importancia en la caracterización del valor ambiental de un grupo de ejemplares vegetales, o incluso de un vegetal aislado, y queda definido por:

$$\text{I.V.V.A.} = \text{V.V.A.} / \text{superficie verde efectiva} \quad [\text{m}^3/\text{m}^2]$$

Resultan así valores de utilidad comparativa entre sectores que si bien pueden tener el mismo volumen de vegetación, presentan índices diferentes según sea el área destinada efectivamente a ser ocupada por elementos verdes.

Este índice tiene aplicación práctica para ser utilizado en la valoración de áreas que sustentan vegetación, en análisis ambiental de situaciones que involucran la existencia de vegetación por ser un parámetro objetivo de cálculo, obtenido en función de la actuación ambiental de las especies.

Formas y Volúmenes Vegetales

El volumen de vegetación de un elemento vegetal, especialmente en lo que se refiere al volumen de fronda, o espacio ocupado por el follaje, está directamente relacionado con la forma que adopta la copa y sus dimensiones, tanto en árboles, como en arbustos y herbáceas.

Es necesario advertir que la forma está determinada por la expresión fenotípica de la especie para las condiciones del sitio, tiene variaciones de un lugar a otro y puede ser modificada de manera permanente o temporaria por la intervención del hombre (podas) y por ocurrencia de accidentes ambientales (rayos, fuegos, animales).

A su vez, las dimensiones generales del vegetal y su evolución a lo largo del tiempo, son producto también de la interacción entre factores fenotípicos y las características del sitio, por lo que el volumen de vegetación es una característica particular de cada lugar en interacción con las especies existentes en él y por lo tanto una medida válida para la evaluación ambiental del conjunto formado por los elementos vegetales y los componentes físicos.

En el relevamiento de los volúmenes de vegetación de ornamentales y en general de vegetación de protección ambiental, pueden presentarse los siguientes casos de formas básicas, idealizadas a los tipos geométricos más próximos: esférica, cilíndrica, cónica, elipsoidal, paralelepípeda, o irregular. Algunas de estas formas básicas pueden tener variaciones. Las más comunes, junto con sus fórmulas volumétricas y parámetros de medida (radios, alturas, etc.) utilizables para el cálculo, se presentan a continuación:

FORMA ESFERICA: Dada una esfera de radio r , su volumen está determinado por: $V = 4/3 \pi r^3$

Ejemplos : poseen esta forma, la más común en el reino vegetal, un sinnúmero de especies, entre ellas: *Ulmus carpiniifolia* Umbraculifera, *Acer negundo*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus americana*, *Robinia pseudoacacia* Umbraculifera, *Salix babylonica*, *Prosopis chilensis*, *Ligustrum lucidum*, *Chaenomeles lagenaria*, *Viburnum tinus*, *Buxus sempervirens*, *Viburnum tinus*, *Washingtonia filifera*, *Phoenix canariensis*, *Trachycarpus fortunei*.

Forma derivada: **CASQUETE ESFERICO.** Dado un casquete esférico de radio de la esfera r y altura h , su volumen es: $V = 1/3 \pi h^2 (3r - h)$

Ejemplos: *Melia azedarach* Umbraculifera, y muchos ejemplares de copa esférica modificada por agentes externos.

FORMA CILINDRICA. Dado un cilindro de circular recto de radio r y altura h , su volumen es:

$$V = \pi r^2 h$$

Ejemplos: en general las siluetas columnares se asimilan a esta forma, tales como en *Cupressus sempervirens* *Stricta*, *Populus nigra* *Italica*, *Populus nigra* *Thaisiana*, *Populus alba* *Bolleana*.

FORMA CONICA. Dado un cono circular recto de radio r y altura h , su volumen es: $V = 1/3 \pi r^2 h$

Ejemplos : *Cedrus deodara*, *Cedrus atlantica*, *Cupressus sempervirens* *Horizontalis*, *Pinus griffithii*, *Pinus canariensis*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus macrocarpa*, *Thuja orientalis*, *Chamaecyparis lawsoniana*

Forma derivada: TRONCO DE CONO. Dado un tronco de cono circular recto de radio mayor b ; radio menor a y altura h , su volumen es: $V = 1/3 \pi h (a^2 + a b + b^2)$

Ejemplos: pueden adoptar esta forma de copa, muchas especies que teniendo disposición natural a la copa cónica, han sido mutiladas o deformadas por intervención humana, tales como coníferas varias.

FORMA ELIPSOIDAL. Dado un elipsoide de semiejes a, b, c , su volumen es: $V = 1/3 \pi a b c$

Ejemplos de copa elipsoide, se encuentran en *Eucalyptus camaldulensis*, *Populus x Euroamericana*, *Magnolia grandiflora*, *Tilia cordata*, *Maytenus boaria*,

FORMA PARALELEPIPEDA. Dado un paralelepípedo rectángulo de longitud a , altura b y anchura c , su volumen es : $V = a \cdot b \cdot c$

FORMA PARALELEPIPEDA TRAPEZOIDAL. Dado un paralelepípedo trapezoidal de base mayor a , base menor b , largo c y altura h , su volumen es: $V = [(a + b) h / 2] c$

Ejemplos de formas paralelepípedas y paralelepípedas trapezoidales, se encuentran en un sinnúmero de casos de setos recortados utilizados como delimitantes y defensivos en espacios verdes y predios en general. Como especies frecuentes conducidas de estas formas podemos mencionar: *Thuja orientalis*, *Pyracantha coccinea*, *Ligustrum sinense*.

FORMA IRREGULAR. Las formas irregulares permiten estimar el volumen de vegetación si se asimilan a las formas regulares más próximas. Esto puede hacerse en general para toda la copa o por sectores, dependiendo del grado de la irregularidad y de la exactitud que se quiera lograr en el cómputo del ejemplar considerado.

Ejemplos: Este tipo de copa puede encontrarse en cualquier especie que haya sufrido mutilaciones, pero en general son pocas las que presentan esta forma producida fenotípicamente. Entre las más comunes se encuentran : *Chorisia insignis*, *Robinia pseudoacacia*, *Casuarina cunnighamiana*.

INDICE AMBIENTAL-URBANISTICO

El Índice Volumétrico de Vegetación Activa, definido antes, es un indicador del valor ambiental de un lugar, según los elementos volumétricos vegetales y sus condicionantes de tipo **intrínseco** (características del follaje, estado, longevidad), pero puede no ser suficiente como parámetro de juicio valorativo en problemas de ingeniería, ya que un elemento vegetal reviste además valores especiales en cuanto a la utilidad ambiental que presta al hombre, según el **lugar donde se encuentra**.

También se debe considerar el efecto **paisajístico** producido por cada elemento vegetal o su conjunto, por ser este un criterio decisivo para la valoración del hábitat humano. Piénsese solamente en el valor que adquieren las propiedades por hallarse ubicadas en entornos paisajísticamente agradables, o simplemente por poseer vegetación interesante. No es necesario fundamentar aquí el hecho comprobado de la utilidad que presta el paisaje vegetal en el valor o el atractivo turístico de un determinado lugar. Un solo ejemplo basta para ilustrar lo dicho: imaginar la ciudad capital de Mendoza sin la presencia arbórea en sus calles, el patético contraste marca el valor altamente positivo del elemento vegetal urbano.

Es claro que en todos estos casos, la vegetación debe ser estudiada para encontrar su valor paisajístico desde dos líneas de análisis: **la utilidad funcional y la calidad estética**. En ambos casos

existe la posibilidad de que los elementos vegetales puedan ser valorados en forma alta o baja. Vale decir que un árbol puede estar cumpliendo una función ambiental (poseyendo un elevado índice de vegetación ambientalmente activa) pero también puede hallarse ubicado en un lugar inadecuado, produciendo sombra donde se requiere asoleamiento invernal (déficit de utilidad funcional), o constituyendo un factor de riesgo, u otra razón por la que su valor disminuirá en consecuencia.

También son necesarias de tener en cuenta valoraciones especiales de los elementos vegetales existentes, desde el punto de vista **ecológico** y desde el punto de vista **cultural**. En ocasiones ambos puntos de vista no pueden separarse, ya que lo ecológico estrictamente también abarca lo cultural.

Al respecto, caben las siguientes consideraciones, en una aproximación conceptual al tema. La vegetación además de las funciones señaladas, pueden revestir interés especial como elementos productores de mayor biodiversidad, lo cual es un tópico a tener en cuenta en los conglomerados urbanos y también en las zonas de producción agrícola. En los primeros, porque además de poseer importancia su sola existencia (a veces son especies raras) significan un elemento productor de hábitat de especies animales que de otra manera tienden a desaparecer (aves). En las segundas, porque significan factores de aumento de la biodiversidad cuando la tendencia en los cultivos es producir grandes extensiones monoespecíficas, lo cual puede acarrear desequilibrios que perjudican los mismos sistemas productivos (por ejemplo la reducción de hábitats puede desencadenar plagas por desaparición de enemigos naturales).

Desde el punto de vista cultural también es importante considerar la posibilidad de calificar la presencia vegetal junto al hombre. Existen hitos históricos que son jalonados por vegetales, por lo que ciertos ejemplares pueden tener especial valor para la comunidad. Otra consideración es la función de la vegetación como elemento favorecedor del proceso educativo (inducir la apreciación de la naturaleza en la niñez como primer paso para que el ciudadano el día de mañana la respete). En lo cultural también debe considerarse el valor científico que pueden tener las especies y ejemplares vegetales por múltiples motivos.

Este carácter de deseabilidad del elemento vegetal, es difícil de medir cuando se trata de mejoramiento ambiental global del hábitat humano, sin embargo, seguidamente se tratará de desarrollar elementos valorativos suficientemente simples como para tener aplicación práctica, que puedan ser traducidos en valores numéricos e integrar la ecuación de cálculo.

En general, la vegetación reviste una importancia mayor a medida que su presencia es más rara, ya sea por tratarse de especies poco frecuentes en el lugar, o por endemismos, o casos de adaptación a circunstancias extremas, aunque también puede tratarse de especies comunes pero existentes en lugares donde la vegetación tiende a desaparecer por la urbanización. Este es un elemento de juicio valorativo esencial para medir el valor ambiental urbanístico y paisajístico de la vegetación.

Los espacios verdes existentes, pueden ser categorizados y evaluados por el Índice Ambiental Urbanístico (IAU), a efectos de poder establecer comparaciones cuantitativas, en evaluaciones de impacto ambiental, valoración de proyectos, cálculos patrimoniales de verde existente (urbano y extra-urbano), relevamientos, etc.

El valor ambiental - urbanístico de un espacio verde existente, depende, además del I.V.V.A. (Índice Volumétrico de Vegetación Activa) como valor básico, ya definido, de dos variables principales :

- la **Ubicación respecto del conglomerado urbanizado**; y
- su **ponderación Paisajística, ecológica y cultural**.

Factor de Ubicación Urbana

Para encontrar el Factor de Ubicación Urbana de la vegetación en estudio, se propone seguir lo sugerido por FINES, K. D. (Landscape evaluation: A research project in East Sussex, 1968) citado por CONESA FDEZ.-VITORA, V. (4) (P 205-206) para evaluar la ubicación de componentes paisajísticos. Fines utiliza la relación (P/d) que luego actúa como factor en la ecuación de cálculo del valor del paisaje. Los factores P y d, se encuentran según la siguiente escala:

| Nº habitantes | P [adimensional] | Distancia (km) | d [adim.] |
|----------------|------------------|----------------|-----------|
| 1- 1000 | 1 | 0-1 | 1 |
| 1000-2000 | 2 | 1-2 | 2 |
| 2000-4000 | 3 | 2-4 | 3 |
| 4000-8000 | 4 | 4-6 | 4 |
| 8000-16000 | 5 | 6-8 | 5 |
| 16000-50000 | 6 | 8-10 | 6 |
| 50000-100000 | 7 | 10-15 | 7 |
| 100000-500000 | 8 | 15-25 | 8 |
| 500000-1000000 | 9 | 25-50 | 9 |
| > 1000000 | 10 | > 50 | 10 |

El cálculo del Factor de Ubicación Urbana (F.u.), se realiza de acuerdo a la siguiente relación:

$$F.u. = P/d \text{ [adimensional]}$$

El valor Distancia en km. se toma entre el centro geográfico del núcleo urbano y el centro del elemento o grupal vegetal considerados

Factor Paisajístico-ecológico y cultural

Se dará un valor al espacio verde, grupo vegetal o ejemplar aislado considerado según su aptitud para mejorar el paisaje siguiendo criterios funcionales y estéticos, así como su posible connotación especial por valores culturales y /o ecológicos que deban ser considerados, según el lugar donde se esté trabajando.

Para dar valores numéricos a la calidad del paisaje dentro de un rango de variación, se propone usar los lineamientos indicados por JONES, G.R. et al. (1976), quien desarrolla una aplicación cuantitativa de los conceptos cualitativos de LITTON, R. B. (1968), citados ambos autores por CLAVER FARIAS, I. (3) (P.330) redefiniendo las categorías que mejor se adaptan a los requerimientos de la nueva metodología.

Ante todo es necesario considerar que el valor paisajístico no es solamente sustentado por categorías estéticas sino que fundamentalmente se debe partir de lo funcional para luego considerar lo estético. Lo funcional está dado por los requerimientos de servicio que el usuario necesita del vegetal (sombra o asoleamiento, protección, delimitación, mejoramiento microclimático) que por necesidad debe ser considerado antes que la belleza, pero también incluye la exclusión con un cierto grado de certeza, del riesgo accidental y/o higiénico que el vegetal pueda significar (caída de ramas o volcado de árboles por vientos, espinas muy agresivas, frutos carnosos en veredas, troncos a corta distancia de vías rápidas de circulación vehicular, etc.). Esto es claramente válido en el caso de que se esté considerando vegetación cultivada. Pero también lo es en casos de tratarse de vegetación natural, pues siempre será necesario por ejemplo, trazar caminos en áreas naturales aunque sean de gran belleza escénica, para que el usuario pueda acceder a su contemplación. De manera que lo funcional debe ser la consideración básica de la valoración paisajística integral de la vegetación.

La valoración estética o determinación de la calidad visual a través del establecimiento de categorías o clases de valor a las cuales asignar puntajes numéricos, puede efectuarse analizando básicamente la **unidad** de la composición y su **fuerza o intensidad atractiva**, a condición de que el juicio de valor sea efectuado por una persona de sensibilidad y sentido crítico ejercitado, aunque siempre este tipo de elecciones categóricas se mueven en el campo de la subjetividad. Por tal motivo, la asignación de puntajes a las categorías debe estar balanceado convenientemente entre el juicio técnico (avalado por la experiencia previa) que debe aplicarse en la valoración funcional y la naturalidad, y el juicio subjetivo sobre la belleza fundado en la sensibilidad, que posee componentes tanto culturales como instintivos. En base a esto, la valoración estética será balanceada en su puntaje con la funcional y con la naturalidad, a través de la media aritmética de las tres variables como se indica más adelante.

Las categorías a evaluar, los rangos de variación de puntaje a asignar y los criterios propuestos para encontrar el valor del **Factor Paisajístico, ecológico y cultural (F.p.)** son los siguientes: **Funcionalidad, Calidad visual y Naturalidad, valor ecológico y cultural.**

- Funcionalidad.

Se analiza la **aptitud** del vegetal para cumplir la función requerida por el usuario, considerando primero si existe situación de **riesgo** motivada por las características del vegetal (madera frágil, tronco carcomido, elementos anatómicos indeseables, etc.) o por el uso del espacio circundante que transforman al vegetal en un elemento indeseable o peligroso. Ejemplo: mala ubicación respecto a una vía de circulación, por razones de obstrucción de visibilidad, riesgo de colisión, o respecto a líneas eléctricas, etc.

La escala de clasificación y el rango de puntaje a asignar es:

| Concepto funcional | valor |
|--|-------|
| Alta funcionalidad. Riesgo nulo | 6 a 7 |
| Media funcionalidad. Riesgo levemente posible | 3 a 6 |
| Nula a baja funcionalidad. Riesgo alto a posible | 0 a 3 |

En caso de que el riesgo sea alto, la seguridad debe ser catalogada como deficiente y el puntaje de la funcionalidad sin más análisis será 0, sin entrar a considerar el valor estético y ecológico, lo que carecería de sentido. Este valor 0 será trasladado al F.p. , el que a su vez anulará el valor del Índice Ambiental Urbanístico, como consecuencia de lo cual será aconsejable la tramitación de la correspondiente autorización de erradicación del o de los vegetales considerados, ante los organismos pertinentes (Dirección de Recursos Naturales Renovables y Municipio correspondiente). En caso de que el riesgo sea juzgado como leve y factible de solución técnica, como por ejemplo mediante un apuntalamiento, traslado de servicios, podas equilibrantes, etc., se dará un puntaje intermedio. De igual modo, si el ejemplar cumple funciones en forma no acabada, pero permite ser tolerado por otras características deseables (ejemplo: un árbol de hoja persistente que proyecta sombra durante varias horas del día en invierno contra una ventana en la que se desearía más insolación en esa parte del año, pero que sin embargo se lo respeta por ser de alta calidad estética, crear un entorno adecuado a otras especies más delicadas, hallarse en óptimo estado, ser una especie muy longeva o rara, y otras muchas razones posibles).

El mayor valor se asigna lógicamente a los ejemplares de alta funcionalidad y seguridad.

- Calidad visual

Se analiza la belleza escénica que sugiere el vegetal o su conjunto, como enaltecedores de 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.

La escala a aplicar de categorías conceptuales y sus valores es:

| Concepto estético | valor |
|-------------------|-------|
| Espectacular | 7 |
| Muy atractivo | 6 |
| Distinguido | 5 |
| Agradable | 4 |
| Vulgar | 3 |
| Neutro | 2 |
| Desagradable | 1 |

- Naturalidad, valor ecológico y cultural.

La naturalidad será calificada según el grado de condición natural del aspecto del paisaje vegetal, ya sea de origen espontáneo (vegetación autóctona) o cultivada (diseño apaisado). Se otorga el mayor puntaje a la distribución de vegetación siguiendo lineamientos naturales por ser ésta la tendencia mundial prevaleciente en la actualidad en cuanto a la apreciación paisajística del usuario.

El **valor ecológico** será asignado según la importancia de los elementos vegetales desde el punto de vista de su integración con el medio biótico y abiótico, según 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 contaminación, etc.).

El **valor cultural** dependerá de la connotación particular que la cultura del lugar le asigne a la vegetación estudiada (vegetación histórica, conmemorativa, etc.), o el valor científico que por diversos motivos se deba tener especialmente en cuenta (plantas madres o semilleras selectas, ejemplares de especies interesantes introducidas bajo estudio, ejemplares sobrevivientes de antiguos climax destruidos, etc.).

Estos parámetros se analizarán y ubicarán en la siguiente escala de conceptos y puntajes:

| Concepto | valor |
|--|-------|
| Naturalidad alta. Valor ecológico alto. Valor cultural o científico alto | 5 a 7 |
| Naturalidad modificada. Valor ecológico medio. Valor cultural o científico medio | 3 a 5 |
| Naturalidad muy modificada. Valor ecológico bajo. Sin valor cultural o científico especial | 1 a 3 |

El Factor de valor paisajístico ecológico y cultural (F.p.), se encuentra mediante la media aritmética de los valores de funcionalidad (f), calidad visual (c) y naturalidad y valor ecológico y cultural (n):

$$F.p. = (f + c + n) / 3 \quad [\text{adimensional}]$$

Cálculo del Índice Ambiental Urbanístico

Para cada ejemplar vegetal o grupo de ejemplares en un espacio considerado, puede definirse entonces el **ÍNDICE AMBIENTAL- URBANÍSTICO** (I.A.U.), que está dado por :

$$I.A.U. = (F.u.) \cdot (F.p.) \cdot (I.V.V.A) \quad [m^3/m^2]$$

donde:

I.V.V.A. = Índice Volumétrico de Vegetación Activa [m^3/m^2]

F. u. = Factor de Ubicación Urbana [adimensional]

F. p. = Factor de Valor Paisajístico, ecológico y cultural [adimensional].

APLICACIONES PRÁCTICAS DEL ÍNDICE AMBIENTAL-URBANÍSTICO

El relevamiento de espacios vegetados con el criterio aquí desarrollado, permite la obtención de parámetros cuantificables de uso práctico, esencialmente para establecer valores de comparación entre diferentes lugares que presenten vegetación y poder determinar su importancia relativa. Este conocimiento es esencial para apoyar juicios de valor en la toma de decisiones en casos de proyectos alternativos de desarrollo urbano, turístico e industrial, pues la vegetación y su consecuente creación ambiental micro y meso climática, es un valor agregado del territorio, que debe ser tenido en cuenta

en forma principal entre los recursos naturales del sitio. Su aplicación también es evidente en la problemática de tasación de propiedades urbanas y rurales.

También es posible su uso en el análisis ambiental de un lugar a través del tiempo, con el objeto de conocer su evolución. Esta herramienta puede ser de gran interés para la determinación de la incidencia o impacto ambiental que determinadas actividades producen en los lugares bajo monitoreo, dando oportunidad a la aplicación de medidas correctivas o mitigantes tempranas, al ser la vegetación, cuantificada a través de esta metodología, un excelente indicador de la calidad y variación de muchos parámetros ambientales.

Otra derivación práctica de la valoración volumétrica activa de la vegetación y el índice ambiental-urbanístico, consistirá en su aplicación como base para la determinación del valor monetario de la vegetación, con aplicación en múltiples problemas económicos y jurídicos, como por ejemplo política impositiva, litigios, tasaciones, etc.

Como queda dicho, el principal uso práctico de los índices es el establecimiento de comparaciones cuantitativas entre el valor ambiental de dos situaciones que involucren vegetación, pero también es posible establecer como criterio orientativo, una escala de referencia valorativa del Índice Ambiental-Urbanístico con valores alcanzados por vegetación evaluada en condiciones reales, que permite definir al menos tres rangos, Alto, Medio y Bajo valor ambiental-volumétrico. Dada la índole compleja de los criterios que intervienen, y tratándose de evaluación de elementos dinámicos (en permanente crecimiento), a los que se agregan valoraciones estéticas y ecológicas que pueden también variar en el tiempo, es prácticamente imposible establecer el máximo posible del valor del Índice para cada lugar. Por el contrario, su valor mínimo es el cero. Mediante determinaciones experimentales se ha estimado el valor real que puede alcanzar la vegetación para una zona de características medias dentro de la provincia y a partir de allí definir los valores bajos, medios y altos de referencia, alcanzables en condiciones normales, para especies comunes.

La escala de referencia propuesta está dada por los siguientes valores para ámbitos urbanos y rurales:

Valores de I.A.U.: **BAJO = 0 a 1**
 MEDIO= 1 a 10
 ALTO = > 10

CÁLCULO DE NECESIDADES DE VERDE URBANÍSTICO

A fin de establecer un nuevo criterio para determinación de **estándares de necesidades de verde por habitante en zonas urbanas**, desarrollando y aplicando en la práctica el concepto sugerido por Contardi, H. (5) se determina como unidad de cálculo la cantidad de gas carbónico producido por la respiración diaria de un ser humano promedio, que alcanza a 900 gr y se estimará la cantidad de vegetación necesaria para equilibrar esa emisión, en volumen de vegetación.

El Volumen de Vegetación aludido, se refiere al Volumen nominal o bruto de la vegetación propuesta, incluyendo árboles, arbustos, herbáceas y céspedes a lograr en el período de cálculo, sin la aplicación de los factores necesarios para el cálculo del Volumen de Vegetación Activa, pues lógicamente este último concepto se refiere exclusivamente al valor ambiental-volumétrico de vegetación existente, como ha sido explicado en la sección correspondiente.

Para ello, se correlaciona la capacidad de asimilación fotosintética del CO₂ promedio por unidad de área foliar entre las especies más difundidas en zonas templadas, con el área foliar media por volumen de vegetación, encontrándose la cantidad promedio de asimilación anual de CO₂, medida en :gramos asimilados de CO₂ / m³ de Vegetación, por año.

En base a datos de muchos autores publicados por Larcher (10) (p. 38) los valores **promedio entre**

la **fotosíntesis** neta máxima en condiciones naturales de suministro de CO₂ (300 ppm), saturación de luz, temperatura óptima y buen suministro hídrico, y el cero de actividad fotosintética, para los principales tipos de vegetación en zonas templadas, alcanzan a 4,662 mg CO₂ asimilados por decímetro cuadrado y hora.

Convirtiendo ese valor como promedio general de estimación anual de la actividad fotosintética, entre los tipos de vegetación, se tiene un valor de:

$$11,188 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Según mediciones realizadas para fundamentar en forma complementaria este trabajo (Codina, R. y Cavagnaro, J.), dada la ausencia de datos en la bibliografía, el promedio de área foliar estimada por unidad de volumen de vegetación ($\text{m}^2 \text{ A.F.} / \text{m}^3 \text{ Veg.}$), para las especies arbóreas y arbustivas estudiadas, que corresponden a las más difundidas en espacios verdes de la zona de Mendoza, es de unos:

$$8 \text{ m}^2 \text{ A.F. m}^{-3} \text{ Veg.}$$

Relacionando ambos valores se obtiene:

$$89,504 \text{ g CO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \text{ Veg. d}^{-1}$$

Finalmente, considerando los $900 \text{ g CO}_2 \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{persona}^{-1}$, la necesidad de vegetación por habitante resulta:

$$10,05 \text{ m}^3 \text{ Veg. habitante}^{-1}$$

En base a lo cual podemos tomar como estándar de necesidad un volumen de vegetación de **10 m³ por habitante**.

Este valor debe considerarse como **mínimo de proyecto**, en cálculos de necesidades de verde para asentamientos urbanos.

Periodo de cálculo

El período en el que se cumplirá la producción de la utilidad ambiental o tiempo de cálculo en el que se considerará el volumen de vegetación para proyectos, será de **10 años**. En otras palabras, el cálculo de los volúmenes proyectados, será el correspondiente al crecimiento esperado a los 10 años de implantada la vegetación, para cada especie en las condiciones del sitio (según condicionantes de suelo, clima, incidencias de la contaminación ambiental y mantenimiento esperable).

El volumen de vegetación calculado, estará en relación a los m² por habitante de espacios abiertos que se usan normalmente en cálculos urbanísticos, vale decir que se propone un mínimo de necesidad de verde volumétrico de 10 m³ que se encuentre en el área del estándar de 20 m² por habitante, a los 10 años de construido el emprendimiento. Este estándar está fundado en una relación efectiva del ser humano con la mejora ambiental producida por la vegetación, con base científica. Así se podrá establecer para cada asentamiento urbano, la necesidad en superficie de espacio verde caracterizado por poseer un Volumen de Vegetación determinado.

CÁLCULO DE ÁREAS AMORTIGUADORAS INDUSTRIALES

Para las zonas de amortiguación de áreas industriales, se propone utilizar el valor de "población equivalente" de la contaminación que produce la actividad industrial, traduciéndose en un área verde calculada en base al criterio anterior de absorción del CO₂ producido por la persona humana, según capacidad promedio de la unidad de volumen vegetal calculado anteriormente ($10 \text{ m}^3 \cdot \text{hab}^{-1}$) a los 10 años de implantado el espacio verde.

En todos los casos se considera que la actividad industrial se encontrará dentro de los límites de emisión de contaminantes que marca la normativa vigente y que la franja de vegetación simplemente contribuirá a lograr una mejora ambiental en las áreas influenciadas por esa industria.

Cálculo de la Población Equivalente

El valor de "población equivalente" se calculará en base al consumo anual de energía eléctrica de la industria, traducido en población equivalente, según el consumo de energía eléctrica promedio por habitante en la zona de influencia de la industria.

$$P. eq. = C.E.I. / C.E.P.H. \quad [hab^{-1}]$$

donde:

- P. eq. = Población equivalente a esa industria
 C.E.I. = Consumo eléctrico anual de la industria [MWh . año⁻¹]
 C.E.P.H. = Consumo eléctrico anual por habitante [MWh año⁻¹ hab⁻¹]

Consumo Medio por Habitante

Según datos estadísticos suministrados por el ENTE PROVINCIAL REGULADOR ELECTRICO, Provincia de Mendoza, Area de Estudios Económicos y Tarifas, (C A. Poppi, 1999.) el consumo medio para la provincia en los últimos diez años es de 1,89 MWh año⁻¹ hab⁻¹, siendo de 2,11 MWh año⁻¹ hab⁻¹ para el año de 1997.

El consumo es de aumento progresivo aunque con incrementos variables, por lo que lo más recomendable es utilizar el valor del último período de estadística conocida en el momento de efectuar el proyecto. Este valor es más consistente que el promedio y tiene una base real para efectuar el cálculo.

Cálculo de la Zona Verde de Amortiguación

Las franjas de amortiguación verde de la industria considerada, contemplarán un volumen de vegetación a los 10 años de implantado, calculado en base a la necesidad de volumen de vegetación activo por habitante, multiplicado por la población equivalente. Referido a los valores promedios enunciados, la expresión queda del siguiente modo:

$$V.v. = (C.E.I. / 2,11) 10 \quad [m^3]$$

O de otro modo, y abreviando los valores constantes, dentro del período y lugar considerados:

$$V. v. = K . C.E.I. \quad [m^3]$$

donde:

- V.v. = Volumen de vegetación a crear [m³]
 C.E.I. = Consumo Eléctrico Anual de la Industria [MWh/año]
 K = Constante: 4.7 m³.MWh⁻¹.año⁻¹

Como se ve, el valor de K, es válido para el lugar y el año considerado, y variará en función del valor que tome el Consumo eléctrico medio por habitante.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVA

Valoración de vegetación existente

La medición volumétrica foliar de la vegetación existente para su valoración ambiental, resulta un parámetro de gran utilidad práctica para la ingeniería ambiental toda vez que puede ser medido en condiciones rápidas de campo y permite establecer comparaciones cuantitativas entre áreas, entre grupos vegetales y aún entre ejemplares aislados, proveyendo criterios cuantitativos para la toma de

decisiones.

El volumen de vegetación medido, debe ser corregido según aquellas características de la hoja de cada especie que tienen mayor influencia en la determinación de los efectos ambientales resultantes, mediante los siguientes factores: persistencia o caducidad, textura, densidad del follaje, estado sanitario y longevidad. El Volumen de Vegetación Activa (V.V.A.) puede calcularse entonces según la siguiente ecuación:

$$(ecuación 1) \quad \boxed{V.V.A. = (V.V.) \cdot (F.P.) \cdot (F.T.) \cdot (F.D.) \cdot (F.E.) \cdot (F.E.V.)} \quad [m^3]$$

donde:

- (F.P.) = Factor Persistencia del follaje. [adimensional]
- (F.T.) = Factor Textura del follaje. [adimensional]
- (F.D.) = Factor Densidad del follaje. [adimensional]
- (F.E.) = Factor Estado Fisiológico y Sanitario del ejemplar. [adimensional]
- (F.E.V.) = Factor Esperanza de Vida del ejemplar. [adimensional]

Este volumen de vegetación activa, debe ser referido al espacio físico o área de terreno ocupado por el mismo, a efectos de poder establecer comparaciones entre situaciones diferentes respecto al valor ambiental y uso del suelo en relación a la existencia de vegetación. Para ello, se relaciona el valor de vegetación activa (V.V.A.) con el área ocupada por la vegetación medida o área verde efectiva, encontrándose el valor del Índice Volumétrico de Vegetación Activa (I.V.V.A.):

$$(ecuación 2) \quad \boxed{I.V.V.A. = V.V.A. / \text{sup. verde efectiva}} \quad [m^3/m^2]$$

Esta relación establece el valor ambiental de la vegetación por sus características intrínsecas a la vez que es un indicador del terreno afectado para conseguir ese nivel de mejoramiento ambiental, por lo que es elevadamente útil en casos de necesidad del establecimiento de criterios comparativos entre áreas para la toma de decisiones, en múltiples casos tales como análisis del valor ambiental de áreas, valoraciones de impacto ambiental de proyectos, tasación de propiedades, etc.

Lo ambiental también está integrado por lo paisajístico, por lo que al vegetal, también se lo debe considerar desde este punto de vista. La determinación del valor de la presencia vegetal por su ubicación y sus condiciones paisajísticas, resulta esencial para completar el análisis de una manera integral. Así se propone utilizar el Índice Ambiental – Urbanístico (ecuación 3), que relaciona el valor de ubicación del elemento vegetal y sus aptitudes paisajísticas, mediante la determinación de los factores: de Ubicación urbana, y Paisajístico, ecológico, cultural o científico.

$$(ecuación 3) \quad \boxed{I.A.U. = F.u. \cdot F.p. \cdot I.V.V.A.} \quad [m^3/m^2]$$

donde:

- I.A.U. = Índice Ambiental Urbanístico
- F.u. = Factor de ubicación urbana
- F.p. = Factor paisajístico, ecológico y cultural o científico
- I.V.V.A. = Índice Volumétrico de Vegetación Activa

Se dispone así de una medida cuantitativa para la valoración de vegetación existente, desde el punto



A-EVANGELISTA S.A.
Servicios Petroleros



Certificado ISO 9002

**LIDERES
EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE
SUPERFICIE**

POOL INTERNATIONAL ARGENTINA S.A.

Una Empresa de Nabors Drilling International



**SIEMPRE AL SERVICIO DE LA
INDUSTRIA PETROLERA**

Esim S.R.L es una empresa joven dedicada al mantenimiento, reparación y construcción de elementos constitutivos de máquinas rotantes y alternativas de las más variadas potencias. Orientada a prestar servicios a la industria de procesos continuos.



Esim S.R.L aplica en todos los niveles de la organización una adecuada capacitación para la implementación del "Sistema de Aseguramiento de la Calidad", tomando como rectores los requerimientos establecidos por la norma

IRAM/ IACC/ ISO 9002/94

Esim S.R.L.

de vista ambiental. Esta medida cuantitativa permitirá la comparación entre situaciones separadas en el tiempo y en el espacio.

Cálculo de necesidades de verde urbano

Se ha propuesto un estándar de necesidad de verde en base a un volumen de vegetación a crear en el área destinada a espacio verde, a los 10 años de construido el asentamiento, de **10 m³ habitante⁻¹**.

El establecimiento del nuevo estándar de necesidad de verde volumétrico por habitante está basado en la asimilación carbónica, y tiene la ventaja de estar fundamentado en una relación ecológica efectiva entre el hombre y el vegetal que significará una real mejora ambiental de los espacios verdes a establecer para los nuevos asentamientos urbanos.

Cálculo de vegetación para áreas industriales de amortiguación

Las franjas de amortiguación verde de la industria considerada, contemplarán un volumen de vegetación a los 10 años de implantado, calculado en base a la siguiente relación general:

(ecuación 4)

$$V. v. = K \cdot C.E.I. \quad [m^3]$$

donde:

- V.v. = Volumen de vegetación a crear [m³]
- C.E.I. = Consumo Eléctrico Anual de la Industria [MWh/año]
- K = Constante: 4.7 m³.MWh⁻¹.año⁻¹

La constante K surge de dividir la necesidad volumétrica de vegetación por habitante, por su consumo eléctrico medio anual.

Este índice volumétrico aplicado al cálculo de áreas industriales y sus zonas de amortiguación, servirán de base para establecer una mejora progresiva de las instalaciones industriales, y a la vez servirá para lograr una mejora efectiva del entorno de cada industria, constituyendo un paso significativo de avance respecto al criterio imperante hasta el momento del establecimiento de áreas libres sin ningún detalle ni especificación acerca de la vegetación a establecer.

BIBLIOGRAFIA

- 1- ARAMBURU MAQUA, P.1986.-RECUPERACIÓN PAISAJISTICA DE LOS TALUDES DEL APARCAMIENTO DE NAVACERRADA Y ZONAS ANEXAS- En Curso monográfico sobre la restauración del paisaje.Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid. 460 p.
- 2- AYALA CARCEDO, FRANCISCO. 1996 - MANUAL DE RESTAURACION DE TERRENOS Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES EN MINERIA- Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid. 332 p.
- 3- CLAVER FARIAS, IGNACIO (COORDINADOR CEOTMA). 1984- GUIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS DEL MEDIO FISICO : CONTENIDO Y METODOLOGIA- Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo. Centro de Estudios del Territorio y Medio Ambiente. Madrid. 572 p.
- 4- CONESA FDEZ VITORA, VICENTE .1993- GUIA METODOLOGICA PARA LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL- Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante. Ediciones MUNDI PRENSA. Madrid. 276 p.
- 5- CONTARDI, HECTOR G. 1980 ."NUEVA CONCEPCION ECOLOGICA-TECNOLOGICA SOBRE LOS ESPACIOS VERDES URBANOS". Ecología Argentina. n° 5 . Buenos Aires. Pp.105-112.
- 6- EHLERINGER, J. AND MOONEY, H. A. 1981-PRODUCTIVITY OF DESERT AND MEDITERRANEAN-CLIMATE PLANTS- Encyclopedía of Plant Physiology. Vol 12-D.Pp. 205-226.
- 7- ENTE PROVINCIAL REGULADOR ELECTRICO- EPRE. 1999- INFORMACION AL USUARIO DEL SERVICIO PUBLICO ELECTRICO- Provincia de Mendoza .
- 8- GOMEZ OREA, DOMINGO. 1992-EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL- Editorial Agrícola Española. Madrid. 221 p.
- 9- GULDMANN, JEAN MICHEL AND SHEFER, DANIEL. 1980.- INDUSTRIAL LOCATION AND AIR QUALITY CONTROL- John Wiley & Sons. New York. 234 p.
- 10- LARCHER, WALTER . 1977- ECOFISIOLOGIA VEGETAL- Editorial Omega, Barcelona. 297 p.

- 11- LAURIE, MICHAEL. 1983.- INTRODUCCION A LA ARQUITECTURA DEL PAISAJE- Editorial GUSTAVO GILLI. Barcelona. 430 p.
- 12- LEY DE LOTEOS, PROV. DE MENDOZA, N° 4341. 1979. Gobernación de la Provincia de Mendoza.
- 13- LORENZINI, GIACOMO 1998- UN FENOMENO INQUIETANTE. Il Giardino Forito, Año LXIV, n°1/2. Bologna, EDAGRICOLA. p. 16-19.
- 14- LYNCH, KEVIN. 1980- PLANIFICACION DEL SITIO- Editorial GUSTAVO GILLI. Barcelona. 350p.
- 15- MC PHERSON, GREGORY E.; NOWAK, DAVID J.; ROWNTREE, ROWAN A. 1994 - Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project. U.S.Department of Agriculture. Forest Service. Northeastern Forest Experiment Station.General Technical Report NE 186. Chicago.201 p.
- 16- MILLER, TYLER. 1992 – ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE , Introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta Tierra- Grupo Editoral IBEROAMERICA . México. 874 p.
- 17- MORETTON, JUAN. 1996. CONTAMINACION DEL AIRE EN LA ARGENTINA. Ed. Universo Buenos Aires. 125 p.
- 18- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.1980. - MANUAL DE CALIDAD DEL AIRE EN EL MEDIO URBANO- Editores Suess, M.J. y Craxford , S.R. Oficina Sanitaria Panamericana, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Washington. D.C., Pp.. 17-151. 230 p.
- 19- PASSERA, CARLOS B. ; DALMASSO, A. D. ; BORSETTO, O 1986. -METODO DE "POINT CUADRAT MODIFICADO"- En: Taller de arbustos forrajeros para zonas áridas y semiáridas Ed. Armawald S.A., Bs. As. p. 71-77.
- 20- PESSON, P . 1978 – ECOLOGIA FORESTAL , El bosque, clima, suelo, árboles, fauna.- Ediciones MUNDI PRENSA. Madrid.389 p.
- 21- PROYECTO DE LEY DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y DIVISION DEL SUELO PARA LA PROVINCIA DE MENDOZA. Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Mendoza. 1997.(Inédito).
- 22- RODRIGUEZ AVIAL LLARDENT, LUIS . 1982. – ZONAS VERDES Y ESPACIOS LIBRES EN LA CIUDAD- Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid. 538 p.
- 23- ROIG, FIDEL ANTONIO.1976 -EL CUADRO FITOSOCIOLOGICO EN EL ESTUDIO DE LA VEGETACION- DESERTA 4- Ed. IADIZA, MENDOZA. p. 45-67.
- 24- SCHNAUM, SERIE COMPENDIOS. 1980.- MANUAL DE FORMULAS Y TABLAS MATEMATICAS- Munny Spiegel. Ed. Mc Graw-Hill México. Pp. 7-10.
- 25- SCHULZE, E.D. 1982 - PLANT LIFE FORMS AND THEIR CARBON, WATER AND NUTRIENT RELATIONS- Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. 12-B. 616-667 p.
- 26- SEQANEZ CALVO, MARIANO. 1996- INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE Aplicada al medio natural continental- Ediciones MUNDI-PRENSA. Madrid.701 p.
- 27- VIGLIZZO, ERNESTO. 1997 - LIBRO VERDE , elementos para una Política Agroambiental en el Cono Sur- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Montevideo. 204 p.

*Para obtener toda la información actualizada
sobre las actividades académicas, de
investigación y servicios que desarrolla la
Facultad de Ingeniería de la Universidad
Nacional de Cuyo, visite el sitio Web:*

<http://fing.uncu.edu.ar>