

Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación.

Revised Manual of useful methods for sampling and analysis of vegetation.

Jorge Ferro-Díaz

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales (ECOVIDA), CITMA Pinar del Río, Cuba.

jferro@ecovida.cu; jorge.ferro2011@gmail.com

Fecha de recepción: 16 de julio de 2014 Fecha de aceptación: 12 de febrero de 2015

RESUMEN. Se presenta, en un material compilado a manera de Manual, una selección de métodos útiles para emprender acciones de investigación y/o monitoreo de la vegetación, extraída de diferentes publicaciones, incluso de experiencias personales del autor probando métodos o procedimientos en situaciones de campo diversas. El Manual deviene, en primera instancia, como interés del autor por apoyar investigaciones que en varias instituciones se emprenden; así mismo para otras acciones de capacitación que ha desarrollado en actividades de formación científica, y más recientemente como apoyo al programa monitoreo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba (SNAP) para la región del proyecto "Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la Región Archipiélagos del Sur de Cuba". Se exponen referentes conceptuales básicos y sus posibles aplicaciones, en algunos casos con sus correspondientes ilustraciones, que facilitarán su uso y enriquecimiento.

Palabras claves. Estudios de la vegetación, monitoreo biológico, manual de métodos.

ABSTRACT. It presents, in a material compiled by way of Manual, a selection of useful methods to undertake research and/or monitoring of the vegetation, extracted from various publications, including personal experiences of the author testing methods or procedures in various field situations. The Manual becomes, in the first instance, as the author's interest in supporting research in several institutions are undertaken; likewise for other training that has developed in activities of scientific training, and more recently as support for the monitoring program of the National System of Protected Areas of Cuba (SNAP) for the region of the project "Implementation of a regional approach to the management of marine protected areas in the coastal region of the archipelagoes of south Cuba". The basic conceptual referents and their potential applications are presented, in some cases with their corresponding illustrations, to facilitate their use and enrichment.

Key words. Vegetation studies, biological monitoring, manual of methods.

INTRODUCCIÓN

Es conocido que las plantas son componentes de la diversidad biológica con amplias posibilidades para estudios ecológicos diversos, ya que son sésiles y están disponibles para hacer cualquier conteo o análisis. Un punto de partida es el conteo de individuos en una unidad de área, considerando aspectos como el tamaño y la densidad.

Es esencial distinguir entre los términos flora y vegetación para lo cual, en general se puede asumir:

Flora: es el conjunto de especies y variedades de plantas de un territorio dado. El estudio de la flora se refiere a la lista de las especies presentes sin incluir ninguna otra información sobre ellas, fuera de la taxonómica, geográfica y de su uso e interés cultural.

En el estudio de la *Flora*, el taxónomo determina las diferentes especies según sus caracteres. Al estudiar y anotar todas las especies diferentes presentes en un área, se obtiene la *composición florística* de dicha área; este elemento permite determinar la riqueza florística de un lugar y compararlo con otros.

Vegetación: es el conjunto que resulta de la disposición en el espacio de los diferentes tipos biológicos de plantas presentes en una porción cualquiera del territorio geográfico.

En estudios de la vegetación, más frecuentemente se considera la composición florística, la estructura, distribución y disposición espacial. La estructura de la vegetación es la organización en el espacio de los individuos que forman un muestra y por extensión la de los que forman un tipo de vegetación (Danserau, 1957).

La descripción de la vegetación puede hacerse de forma simple delimitando los conjuntos estructurales que la caracterizan. Para el ecólogo, esta etapa sólo constituye una fase preliminar del estudio de la vegetación. Los conjuntos estructurales se pueden distribuir horizontalmente en *elementos de la vegetación* o bien verticalmente en *estratos de vegetación* que designa los niveles sucesivos de altura en que se encuentra las masas vegetales. Ambos componentes se presentan generalmente como formaciones vegetales o en otros casos como tipos de vegetación usados en las diferentes clasificaciones que son utilizadas.

Se reconocen clasificaciones de la vegetación que se basan en criterios fisionómicos y fenológicos, y algunas sobre esa misma base utilizan además indicadores florísticos (Rzedowski, 1978; Capote y Berazaín, 1984). Otras clasificaciones utilizan criterios bioclimáticos como la de Holdridge (1967) que se estructura en zonas de vida.

También se emplean en la descripción de la vegetación, características fácilmente inventariables (tipos biológicos o morfológicos, biomasa, etc.) que pueden aportar información botánica relevante de los conjuntos estructurales descritos.

Referente a los estudios de vegetación se han reconocido escuelas tradicionales como la europea de Zurich-Montpellier que formuló la conocida metodología de estudios fitosociológicos de Braun-Blanquet (1932); con ella se ha extendido hasta nuestros días el criterio de comunidades vegetales que utiliza a la *asociación vegetal* como unidad básica nomenclatural de la comunidad estudiada y sobreestima el valor de una o dos especies en la misma.

En otra vertiente y más difundida en occidente se ha empleado para los estudios de vegetación el criterio de ésta como una manifestación climax de una sucesión vegetal que ha estabilizado su composición y estructura en los tipos de la estratificación aérea de la misma; estos criterios fueron sustentados por Clements (1928) y se han seguido en algunas de las clasificaciones de vegetación que anteriormente fueron mencionadas.

En general, los objetivos del estudio de la vegetación pueden ser muy diversos y representan un punto de partida en las evaluaciones ecológicas. Son reconocidos objetivos de los análisis de la vegetación uno o más de los siguientes (Matteucci y Colma, 1982):

1. Detección de patrones espaciales, horizontales o verticales, de los individuos o de las especies.
2. Estudio de los procesos poblacionales que influyen los patrones espaciales o temporales.
3. Detección de tendencia o clases de variación de las relaciones de similitud o disimilitud de las comunidades o de los grupos de especies.
4. Establecimiento de correlaciones o de asociaciones entre los patrones espaciales de las comunidades o de los grupos de especies y patrones de una o más variables ambientales y las respuestas de la vegetación.

Cualquiera que sea el objetivo del estudio, el primer paso consiste en determinar y delimitar el problema, y en definir conceptos y categorías de análisis, métodos y técnicas. En general, una

vez planteado el problema, el estudio involucra las etapas siguientes: muestreo y obtención de los datos, descripción de las unidades de vegetación, comparación de las mismas, abstracción e interpretación.

La obtención de datos y su posterior análisis son interdependientes y las técnicas a emplear en cada una de dichas etapas dependen de la naturaleza del fenómeno a estudiar. La naturaleza del problema planteado puede imponer restricciones a la calidad o a la cantidad de las variables; en este caso, las técnicas y métodos de análisis deben ser compatibles con las propiedades intrínsecas de los datos. El éxito del estudio depende en gran parte de la claridad con que se plantea el problema, lo cual facilita la selección de los métodos y de las variables a estudiar. El diseño correcto de la investigación permite aumentar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles y optimizar de esa forma la cantidad de información recuperada, luego del análisis de los datos en relación con la cantidad de trabajo requerido.

Resulta tan ineficiente aplicar técnicas complejas y costosas a datos provenientes de un muestreo ineficiente, como recopilar datos con técnicas y métodos complejos y costosos para luego analizarlos con la ayuda de métodos que desaprovechan en gran parte la información suministrada por los datos. Algunos métodos y técnicas de obtención, reducción e interpretación de datos de vegetación no utilizan la estadística. Se trata de métodos informales basados en la experiencia, el sentido común y la intuición de los investigadores. Estos métodos requieren el conocimiento previo del área de estudio y gran experiencia por parte de los investigadores. Los métodos formales, así llamados porque emplean técnicas estadísticas, exigen al investigador explicitar las convenciones utilizadas en la formulación del problema, como también la selección de las técnicas a emplear en cada etapa.

Independientemente de que el enfoque sea fisionómico o florístico, basado en datos cualitativos o cuantitativos, formal o informal, el paso siguiente consiste en analizar los datos sistematizados (gráficos, símbolos, matrices) con el propósito de organizar la información para poder describir los tipos de patrones de variación de la vegetación e interpretar las interrelaciones entre éstos y los patrones de variación ambiental o temporal.

El material que a continuación se presenta deviene, en primera instancia, como interés del autor por apoyar investigaciones que en varias instituciones se emprenden; así mismo para otras acciones de capacitación que este autor ha desarrollado en actividades de formación científica para diversas instituciones, y más recientemente como apoyo al programa monitoreo del SNAP para la región del proyecto "Aplicación de un enfoque regional al manejo de las áreas marino-costeras protegidas en la Región Archipiélagos del Sur de Cuba". En este Manual revisado, se presentan aspectos sintetizados obtenidos de la revisión bibliográfica realizada, que permitió presentar un conjunto de observaciones metodológicas útiles para organizar acciones de investigación o monitoreo de biodiversidad, particularmente vegetal; de igual manera se exponen referentes conceptuales básicos y sus posibles aplicaciones, en algunos casos con sus correspondientes ilustraciones, que facilitarán su uso y enriquecimiento.

ALGUNOS ELEMENTOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS POBLACIONES EN LAS COMUNIDADES VEGETALES (siguiendo a Matteucci y Colma, 1982)

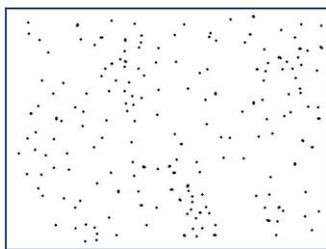
Por estar las comunidades constituidas por un conjunto variable de especies con mayor o menor grado de interrelación y con abundancia variable, desde comunes hasta raras, y dado que la mayoría de los estudios fitosociológicos se basan en la comparación de censos florísticos provenientes de muestras de las comunidades que se estudian, es importante conocer algunas de las características de la vegetación vinculadas al patrón espacial de las especies y a la distribución de frecuencias. Estas consideraciones intervienen en las decisiones acerca del muestreo y en la interpretación de los resultados.

Patrón espacial de una especie

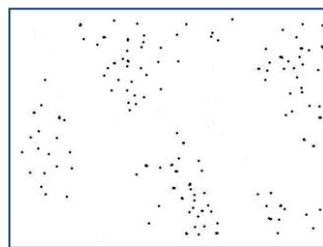
Se refiere a la distribución en el espacio de los individuos pertenecientes a dicha especie. Es más conveniente emplear el término *patrón* dado que el término *distribución* tiene un significado preciso en estadística; con el uso de vocablo patrón se designa la organización o el ordenamiento espacial de los individuos. Así las variables tienen una *distribución* dada y las especies tienen un *patrón* determinado.

Los individuos de una especie en una comunidad pueden hallarse ubicados al azar, o a intervalos regulares o agregados formando manchones. En el primer caso, su patrón es aleatorio; en el segundo, es regular y en el tercero, agregado.

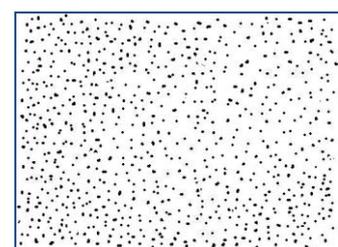
En una zona ocupada por una especie con *patrón aleatorio*, cada punto del espacio tiene igual posibilidad de estar ocupado por un individuo de la especie considerada. Es decir, si se toman muestras de tamaño uniforme, ubicadas al azar en dicha área, la distribución del número de individuos por unidad muestral se conforma a una serie de Poisson, de modo que la varianza relativa (varianza/media) es igual a la unidad. Cuando los individuos se hallan agrupados en un *patrón agregado*, la varianza relativa es mayor que 1; es decir, la varianza del número de individuos se concentran en cantidades grandes en pocas unidades muestrales. En el *patrón regular*, la varianza relativa es menor que 1 porque los individuos se reparten más uniformemente de lo esperado en las unidades muestrales, lográndose una varianza menor que la media. Esto puede apreciarse en el ejemplo ilustrativo de la Figura 1, que muestra los tres patrones posibles.



A. Patrón aleatorio



B. Patrón agregado



C. Patrón regular

Figura 1. Idea aproximada de los tres patrones de distribución de una población (siguiendo a Mateucci y Colma, 1982).

La varianza relativa no puede utilizarse como único criterio para detectar el patrón, ya que su valor puede ser 1 cuando el patrón es agregado. Es decir, el patrón aleatorio permite obtener una varianza relativa igual a la unidad, pero no siempre que la varianza relativa es igual a 1 el patrón es aleatorio. Existen varias técnicas analíticas para estudiar o detectar el patrón, y la mayoría de ellas se basan en la comprobación de la hipótesis de distribución de Poisson y el ajuste de los datos a otras distribuciones en caso de que el patrón no resulte aleatorio. En estudios muy detallados de comunidades en áreas de poca extensión puede ser importante reconocer el tipo de patrón y sus características para detectar la homogeneidad y decidir el diseño de muestreo; en este caso existe una justificación operacional. En los estudios de población, la identificación de patrones ayuda a descubrir los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos.

Debe aclararse que la aplicación de las técnicas estadísticas reseñadas, aún si se logra un ajuste con alguna distribución, nada revela acerca de las causas del patrón. En el mejor de los casos, permite formular alguna hipótesis en este sentido, cuya comprobación requiere un nuevo conjunto de datos adecuados al propósito. En algunos estudios se ha encontrado que para una misma población, el patrón puede ser distinto según se recurra a cobertura o a densidad para estimar la abundancia de la especie. El tipo de patrón detectado también depende del tamaño de la unidad muestral en relación con el tamaño y la separación de los manchones.

La experiencia ha demostrado que a medida que la comunidad madura, su patrón (es decir, el de todos los individuos independientemente de la especie) tiende a hacerse aleatorio o regular. En el caso de la colonización de un área desnuda uniforme, el patrón es aleatorio en las primeras etapas, según sea la distribución de los propágulos. A medida que incrementa la densidad de los individuos, la tendencia es hacia la agregación de las plantas hijas alrededor de las madres; cuando la competencia comienza a operar, la tendencia nuevamente es hacia un patrón aleatorio.

La escala y la intensidad del patrón de la especie permiten formular hipótesis acerca de las causas de la agregación. Si la escala del patrón de la especie coincide con aquella de un factor o conjunto de factores ambientales, podría postularse una relación causal entre la especie y el ambiente. La intensidad refleja el grado de control de los factores ecológicos operativos.

Homogeneidad

El problema del patrón está relacionado con el de la homogeneidad. En la mayoría de los estudios fitosociológicos, los investigadores toman la muestra en áreas seleccionadas subjetivamente basándose en la "homogeneidad" de la vegetación. En este contexto, el concepto de homogeneidad es intuitivo, y debe serlo, puesto que no existe una definición objetiva y precisa de "homogeneidad", a pesar de intentos por definirla y evaluarla.

Una unidad de vegetación es homogénea cuando "la distribución (patrón) de las especies es tal que todas estarán representadas con la misma probabilidad en todas las partes de la zona estudiada en cada muestra (unidad muestral) de tamaño adecuado". Esta definición implica que todas las especies del área tienen un patrón espacial aleatorio; sin embargo, esto ocurre rara vez.

Se podría entonces interpretar esta definición de manera menos rigurosa. Por ejemplo, un patrón puede considerarse homogéneo siempre que la distancia entre individuos sea uniforme en toda el área de estudio. También puede considerarse homogénea un área ocupada por manchones de intensidad y escala uniformes y siempre que su patrón espacial sea aleatorio o regular.

Área mínima de la comunidad

El concepto de área mínima de la comunidad se relaciona simultáneamente con la homogeneidad florística y espacial. Surge del criterio de que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal, por tanto, para obtener una unidad muestral representativa de una comunidad, es necesario conocer su área mínima de expresión. Empíricamente se ha comprobado que si se registran las especies de una unidad muestral pequeña, su número es pequeño. A medida que se incrementa la superficie aumenta el número de especies, al comienzo bruscamente y luego cada vez con más lentitud y llega un momento en que el número de especies nuevas registradas en cada unidad muestral, sucesivamente mayor, es muy bajo o nulo.

El procedimiento más difundido para determinar el área mínima consiste en tomar una unidad muestral pequeña y contar el número de especies presentes en ésta. Luego se duplica la superficie extendiendo la unidad anterior y se cuenta el número de especies nuevas que aparecen en la unidad duplicada. Esta operación se repite hasta que el número de especies nuevas disminuye al mínimo. En la Figura 2 se esquematiza este procedimiento.

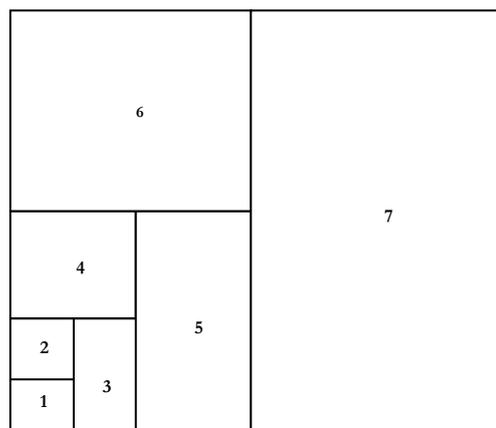


Figura 2. Esquema aproximado del muestreo para la evaluación del área mínima.

Otra técnica de muestreo para la obtención de la curva área-especie que permite obtener datos independientes consiste en ubicar, al azar, cuadrados de distintos tamaños y luego en contar las especies en cada cuadrado. También se puede colocar un retículo de cuadrados del mismo tamaño y registrar las especies de cada cuadrado. Mediante la agregación de cuadrados vecinos se obtienen incrementos sucesivos de la superficie. En este caso, los datos no son independientes.

El área mínima puede determinarse gráficamente, ya que se define como la superficie a la cual la curva ha alcanzado la meseta, o la superficie a la cual se logra el punto de inflexión de la curva (Figura 3).

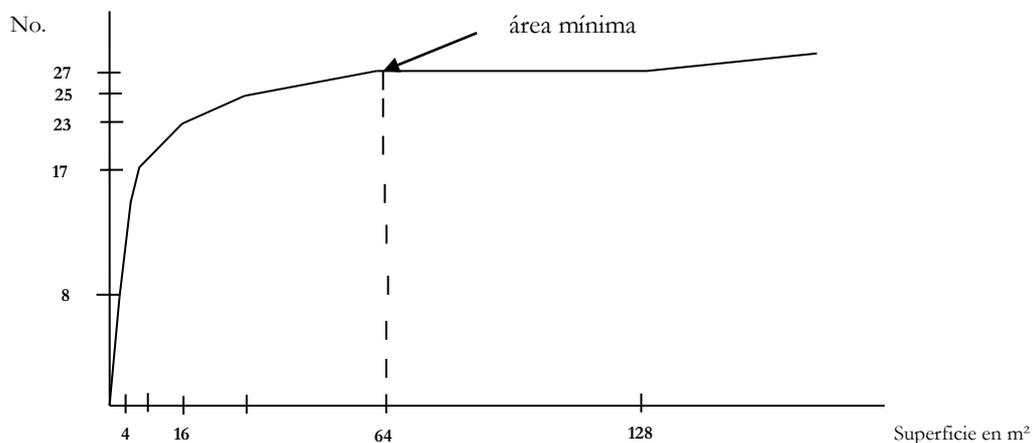


Figura 3. Esquema de una curva área-especie utilizada para determinar el área mínima.

CARACTERÍSTICAS DE LA VEGETACIÓN

Las características de la vegetación se pueden describir cuantitativa o cualitativamente, dependiendo de los objetivos del trabajo. Las principales son:

- Abundancia y densidad.
- Cobertura.
- Biomasa y productividad primaria.
- Dominancia.
- Diversidad.
- Composición florística.
- Sociabilidad.

- Fisionomía.
- Estructura espacial.
- Dinámica sucesional.

Abundancia y densidad

Se refiere al número de individuos presentes. Generalmente, la abundancia se refiere a una estimación del número de individuos de cada especie presente, expresada en términos relativos; así se habla de especies raras, escasas, frecuentes, abundantes, etc. (Tabla 1). La densidad por el contrario proporciona el número de individuos por unidad de superficie definida.

Tabla 1. Diferentes escalas de abundancia utilizadas en estudios de vegetación (Shimwell, 1971).

Clases	Tansley y Chipp (1926)	Braun-Blanquet (1932)	Hanson y Love (1930)	Bocher (1933)	Love (1934)	Número de individuos por m ²
1	Rara (r)	Muy escasa	Muy escasa	Rara	Escasa	1 - 4
2	Ocasional (o)	Escasa	Escasa	Poco común	Poco frecuente	5 - 14
3	Frecuente (f)	No numerosa	Poco frecuente	Frecuente	Frecuente	15 - 29
4	Abundante (a)	Numerosa	Frecuente	Común	Abundante	30 - 99
5	Muy abundante (va)	Muy numerosa	Abundante	Muy común	Muy abundante	> 100

Cobertura

Es el porcentaje de la superficie de la unidad de muestreo o de la unidad de trabajo, cubierto por la proyección horizontal de la vegetación, bien en su conjunto, o por alguno de sus estratos o especies. Se expresa como porcentaje o en una escala de cinco categorías con bastante variedad en los límites de las distintas escalas propuestas (Tabla 2).

Tabla 2. Ejemplo de categorías de cobertura (Margalef, 1974).

Grado	% de cobertura
5	75 – 100
4	50 – 74
3	25 – 49
2	5 – 24
1	0 – 4

Dado que en los estudios de vegetación, el grado de cobertura es un parámetro con mayor significado ecológico que la abundancia, para simplificar el trabajo de campo se han propuesto otras escalas (Braun-Blanquet, 1932).

Tabla 3. Escala de cobertura según Braun-Blanquet (1932).

Grado	% de cobertura
5	Cualquier número de individuos que cubran > 75 % del área
4	Cualquier número de individuos que cubran 50-75 % del área.
3	Cualquier número de individuos que cubran 25-50 % del área.
2	Cualquier número de individuos que cubran 5-25 % del área.
1	Abundante, pero con un valor de cobertura bajo o bien pocos individuos, pero con valor de cobertura mayor.
+	Pocos individuos y pequeña cobertura.
r	Individuos raros o únicos con pequeña cobertura.

Como se aprecia, esta escala estima sobre todo la cubierta en las cuatro primeras clases y da una idea de la abundancia en las tres últimas. A esta estimación conjunta de abundancia y grado de cobertura se le ha llamado "*magnitud de las especies*" (Braun-Blanquet, 1932).

La cobertura se puede estimar utilizando diferentes técnicas desde aparatos especializados hasta estimaciones visuales. Para las estimaciones visuales un procedimiento práctico que facilita la asignación de los grados de una escala (escala de Braun-Blanquet, por ejemplo) en el campo, es el siguiente: para cada una de las especies presentes se decide si cubre más o menos el 50 % del

área establecida. Si su cubierta es mayor del 50 %, la siguiente pregunta es si además cubre más o menos del 75 %. De la misma forma se procede, paso a paso, si la especie cubre menos del 50 % de la superficie, llegando hasta las clases de 5 % y 1 %.

Biomasa y productividad primaria.

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de materia vegetal que contienen por unidad de superficie, expresada en peso de materia seca, en kilocalorías, o en gramos de carbono. Este parámetro es una indicación de la capacidad de la vegetación para acumular materia orgánica.

Para la estimación de la biomasa existen métodos directos e indirectos. Los métodos directos implican la destrucción de la vegetación, que se ha de cortar, incluso desenterrando las raíces, para determinar el peso de materia vegetal seca. Los métodos indirectos tratan de establecer relaciones entre la biomasa y algún parámetro de la vegetación (altura, diámetro del tronco, grado de cobertura, etc.), cuya medida no sea destructiva.

La productividad primaria se refiere a la cantidad total de materia orgánica que las plantas sintetizan en un período de tiempo dado, como consecuencia de los procesos fotosintéticos y quimiosintéticos por ellos producidos. Indica, por tanto, la velocidad con que las plantas son capaces de fijar la energía solar para su transformación en sustancias orgánicas. Puede predecirse con base en la duración de la estación de crecimiento, la temperatura o la precipitación.

Diversidad.

La diversidad generalmente se refiere a la riqueza de especies, es decir, a las especies presentes en la comunidad (S) o a la diversidad propiamente dicha, que es variedad de especies presentes y su abundancia relativa (descrita como número de individuos de cada especie, biomasa, o porcentaje).

Para medir la diversidad se han elaborado varios índices en los que se establece una función entre el número de especies y su abundancia (Pielou, 1973).

Dominancia

Ya se ha hecho mención anteriormente del concepto de dominancia al hablar de los parámetros de abundancia y grado de cobertura. Las especies dominantes son aquellas con mayor biomasa total o gran corpulencia. En las comunidades complejas los diferentes estratos tienen diferentes especies dominantes o codominantes. La dominancia de una especie implica también cierta dominancia fisiológica o ecológica, aunque esto no ocurre en todos los casos.

A veces, en vez de la cobertura el área basal se usa como medida de la dominancia. En las especies leñosas el área basal es el área de la sección del tronco a la altura de 1.30 m (diámetro a nivel del pecho, $DAP_{1.30}$) sobre el nivel del suelo. En las herbáceas el área basal se mide a nivel del suelo.

Así, pues, la medida de la dominancia indica el espacio del terreno ocupado actualmente por una especie, mientras que la estimación de la cobertura reflejará la extensión de la parte aérea de la vegetación.

Composición florística.

La composición florística de las especies presentes en la comunidad vegetal se elabora mediante listas obtenidas en parcelas de muestreo. El nivel de detalle depende del tipo de estudio.

Estructura espacial.

Las características estructurales de la vegetación son aquellas relacionadas con la distribución espacial de la biomasa. La estructura en el espacio se puede definir a través de los siguientes componentes:

Estructura vertical: distribución de las especies en capas o estratos.

1. Estrato arbóreo.
2. Estrato arbustivo.
3. Estrato herbáceo.
4. Estrato muscinal.
5. Estrato escandente (de lianas)
6. Estrato o sinusio epifítico.

Estructura horizontal: distribución de los individuos que confiere un patrón para cada especie y para la vegetación como un todo.

Abundancia de cada especie derivada de parámetros tales como densidad, grado de cobertura, etc.

Dinámica sucesional.

Una faceta importante de la vegetación es su grado de estabilidad. La vegetación, como estructura viva, está sujeta a diversos procesos dinámicos estudiados dentro de la teoría ecológica de la sucesión. La determinación de las etapas sucesionales nos proporciona información del grado de perturbación y dinámica de la vegetación.

Fisionomía

La fisionomía es la forma y estructura de la vegetación, la apariencia que resulta de los biotipos o tipos biológicos de las especies dominantes (Caín y Castro, 1959). Esta definición supone que las responsables de la fisionomía son características estructurales y funcionales, tales como la estratificación y el tipo biológico.

Para la determinación de los tipos biológicos o biotipos se han propuesto diferentes clasificaciones en relación con caracteres muy diversos. Para esta caracterización algunas escuelas dividen a la vegetación utilizando formas de vida como árboles, arbustos, herbáceas, lianas, epifitas. Otra escuela (Raunkjaer, 1934) utiliza la forma en que las plantas atraviesan la estación desfavorable; este carácter está relacionado con la posición de las yemas de reemplazo en la planta. La clasificación comprende cinco grandes categorías que se subdividen por características, tales como la altura, la caducidad de la hoja, la protección de las yemas, etc. Las cinco grandes categorías son las siguientes:

Fanerófitos: Plantas en las que las yemas están en ramas lejos de la superficie del suelo (a más de 25 cm del suelo). Contempla subdivisiones para distintas distribuciones de alturas: Nanofanerofitas, Microfanerofitas, Mesofanerofitas y Megafanerofitas.

Caméfitos: Plantas en las que las yemas están en ramas cercanas a la superficie del suelo (menos de 25 cm).

Hemicriptófitos: Plantas en las que las yemas están al nivel del suelo al empezar la estación desfavorable, ya que de la parte aérea de la planta sólo la parte inferior permanece viva en esta estación.

Criptófitos: Plantas en las que las yemas están durante la estación desfavorable debajo de la superficie del suelo o bajo el agua.

Terófitos: Son plantas anuales; por lo tanto en invierno sólo sobreviven sus semillas.

Sociabilidad.

Es una característica de la vegetación que se usa para fines más particulares como es el caso de los trabajos fitocenológicos. Los individuos de una comunidad no se distribuyen aleatoriamente, sino que muchas especies forman agregaciones más o menos grandes. Este hecho se describe como sociabilidad de las especies florísticas (Tabla 4).

Tabla 4. Escala para clasificar a las especies por su sociabilidad (Braun-Blanquet, 1932)

Escala	Tipo de especie
5	Especies reunidas en formaciones generalmente puras
4	Especies reunidas en pequeñas colonias
3	Especies reunidas en haces
2	Especies reunidas en grupos
1	Especies aisladas.

Vitalidad

De igual manera se usa más frecuentemente en los estudios fitocenológicos. Esta característica se refiere al crecimiento de la especie y se describe añadiendo un índice a los valores de abundancia o grado de cobertura (Tabla 5).

Tabla 5. Símbolos utilizados para los diversos grados de vitalidad.

Símbolo	Grado de vitalidad
○○	Muy débil, no llega a fructificar
○	Débil

Sin símbolo	Normal
●	Excepcionalmente vigorosa.

EL MUESTREO DE VEGETACIÓN. ALGUNOS CRITERIOS METODOLÓGICOS.

Los muestreos de vegetación, como de cualquier otro componente de la diversidad biológica, constituyen un paso trascendental en el diseño de proyectos. El objetivo del proyecto determina que tipo de muestreo debe utilizarse. Una apreciación somera acerca de la aplicabilidad de ciertas técnicas de censo ecológico por elementos que integran la vegetación puede ser apreciado en la siguiente tabla:

Tabla 6. Algunos métodos aplicados para censo ecológico de plantas (Bullock, 1996). El número de estrellas corresponde a su aplicabilidad *** usualmente; ** frecuentemente, *algunas veces.

Técnica	Arboles	Arbustos	Hierbas	Briofitas	Musgos y Líquenes	Algas
Conteo total	**	**	*			
Estimación visual	***	***	***	***	***	
Parcelas	**	**	***	***	***	
Transectos	***	***	***	*	*	
Muestreo sin parcelas	***	**	*			
Marcado y Mapeo	***	***	***	*	*	*
Cartografía	***	***	***			

Pasemos a continuación a presentar brevemente el fundamento metodológico de estas técnicas o métodos de censo ecológico para elementos de la vegetación.

1.- Conteo total

Es una técnica muy simple en donde cada individuo de una especie o un número de especies es contada en el área de estudio. Se usa para la conformación de los listados con vistas a los

análisis de la riqueza de especies. Esta técnica tiene el inconveniente que se consume mucho tiempo en el conteo de todos los individuos, aunque en ocasiones resulta imprescindible.

2.- Estimaciones visuales de cobertura

Las estimaciones visuales son hechas para la determinación de la cobertura de especies lo mismo para toda el área como para una muestra en particular. Diferentes criterios son usados para establecer los grados de cobertura, tanto cuantitativos como cualitativos como la escala propuesta por Braun-Blanquet (1932), mencionada anteriormente.

Las estimaciones visuales de cobertura pueden ser hechas más fácilmente cuando se tiene una buena visibilidad bajo el dosel hacia la parte alta del mismo. Esta técnica tiene como mayor ventaja su rapidez, sin embargo puede ser imprecisa ya que se basa mucho en elementos subjetivos pues una misma persona puede tener diferentes criterios apreciativos en momentos distintos.

3.- Parcela cuadrada

Son utilizados para definir el área de la muestra dentro de un sitio de estudio. Para el estrato herbáceo y rasante se usa un marco de madera o metal que se pueda colapsar para facilitar su transportación y manipulación. En general se conforman con dimensiones pequeñas que den la posibilidad de ir ampliando según la necesidad. Cuando las dimensiones del espacio muestreado son grandes, se usan cintas flexibles para encerrar el área cuadrada a muestrear. Para ciertos propósitos se recomienda enrejillar el cuadrado mayor, en subcuadrados menores.

El uso del cuadrado como criterio de muestreo de vegetación se ajusta al diseño establecido, considerando la claridad y precisión de los objetivos específicos del tipo de análisis a desarrollar, pues los diferentes tipos de vegetación requieren dimensiones diferentes del cuadrado dependiendo del comportamiento de las características de la formación vegetal. Existen diferentes experiencias convertidas en completos planteamientos metodológicos, acerca del uso de parcelas cuadradas, que serán consideradas más adelante en este capítulo.

4.- Transectos.

Los transectos son comúnmente usados para estudiar los cambios en la vegetación a lo largo del comportamiento de un gradiente ambiental, o a través de diferentes hábitats. Este puede hacerse mediante transectos en fajas, o para áreas muy grandes, en secciones de gradientes.

El largo de un transecto puede ser desde algunos centímetros hasta cientos de metros, incluso hasta kilómetros, lo cual está en función de varios elementos, como es el caso de la pendiente, del los tipos de formaciones vegetales, los criterios asumidos por el diseño de muestreo, etc.

En ciertos tipos de vegetación es más fácil aplicar un transecto que otro método. Puede permitir más productividad del muestreo en vegetación abierta y ser más práctico en vegetación alta; si la vegetación es muy densa el conteo puede resultar más retardado.

Más adelante se tratarán ejemplos de planteamientos metodológicos que abundan más en la aplicación de transectos.

5.- El punto cuadrado.

Este método consiste en la utilización de una varilla delgada de punta afilada que desciende verticalmente a través de la vegetación, permitiendo entonces aplicar diferentes métodos de registros para obtener diferentes tipos de datos. La más popular de las mediciones que se hacen con este método es la determinación del porcentaje de cobertura de cada especie en la vegetación a medir.

Para el muestreo en este método se identifican las especies de cada planta que es tocada por la punta de la varilla desde la parte superior hasta su descenso a la superficie del suelo. Los datos registrados son solo los de presencia – ausencia de cada especie.

El punto cuadrado viene siendo teóricamente como un marco cuadrado para una infinitesimalmente pequeña área, por ejemplo un punto. Una cuestión importante que es discutida al aplicar este método es el referente al diámetro considerado para el punto cuadrado, que por ser un punto adquiere su carácter circular. Una planta puede solamente estar presente o ausente en un área de cero diámetro, y esta cuestión es importante al analizar su cobertura.

Dadas las discusiones referentes al diámetro como criterio para los análisis, a veces una solución práctica puede ser usar puntos cuadrados de diámetros tan finos como sea posible. De acuerdo a ello, este método es más comúnmente usado para trabajos en vegetación herbácea incluida la segetal o ruderal, donde es difícil distinguir plantas individuales.

6.- Muestreos sin parcela

Existe un considerable número de técnicas de muestreo de vegetación que no utilizan parcelas, trataremos solamente dos, que son los más frecuentemente empleados para análisis de especies arbóreas.

En ambos métodos son localizados los puntos de muestreo al azar dentro del área de estudio. El número mínimo aceptable de puntos de muestreo depende de la variación en los datos, pero como regla general deben efectuarse al menos 50. Además se define un diámetro mínimo de árbol ($DAP_{1.30}$), por ejemplo, 2.5 cm o 10 cm, para registrar a los individuos.

1) El método del individuo más cercano (*nearest neighbour*)

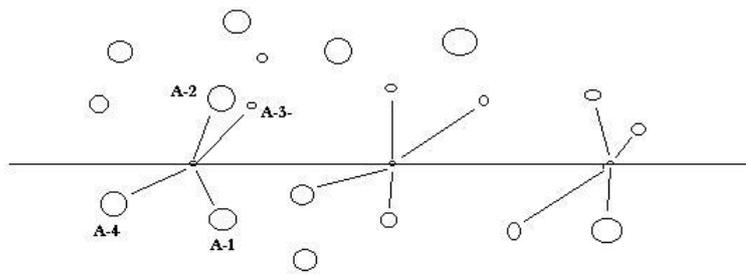
Se localiza el árbol más cercano al punto de muestreo y se mide la distancia entre éste y el punto muestral. La media de las distancias de todas las muestras se representa con la letra $D1$ y la densidad de los árboles es calculada por la ecuación:

$$\text{Densidad} = 1 / (2D1)^2$$

2) El método del punto centro (*point quarter, quarter center point*)

Usualmente se realiza un transecto de unos 2000 m de largo, con puntos distribuidos sistemáticamente o al azar. En cada punto se eligen los cuatro más cercanos al punto centro marcado. Después se mide la distancia desde el punto centro (marcado con una varilla fija) a los centros de los árboles seleccionados siguiendo el orden de distancia, como se aprecia en la Figura 4. El orden de medición de los cuatro árboles a partir del más cercano es siguiendo la dirección de las manecillas del reloj.

Los datos obtenidos de las distancias son utilizados para determinar el área basal. La media de las distancias de todos los árboles registrados en los puntos muestreados constituye D2. La densidad puede calcularse por la ecuación:



$$\text{Densidad} = 1 / (D2)^2$$

Figura 4. Representación esquemática del muestreo al aplicar el método de punto centro.

Generalmente se utilizan para vegetación abierta o esparcida, como la semidesértica, o similar.

7.- Marcaje y mapeo de individuos

Los individuos de plantas en el área de estudio son marcados y/o mapeados con vistas a su reconocimiento y localización posterior. Esta técnica es usualmente utilizada en investigaciones de taxones específicos para estudios demográficos. El marcaje y mapeo de individuos puede ser desarrollado a cualquier escala; generalmente escalas de mayor dimensión son usadas para las formaciones más prominentes como es el caso de bosques, y escalas de menores dimensiones para formaciones más abiertas y/o ralas como es el caso de sabanas. La técnica a seleccionar para mapear depende de la escala de trabajo.

Este método se recomienda esencialmente cuando se hacen parcelas permanentes para el monitoreo de vegetación, por lo cual un adecuado posicionamiento geográfico con sus coordenadas correspondientes debe ser realizado, todo ello es necesario para su relocalización en la sistematización de las mediciones. Un ejemplo práctico de estos aspectos podrá ser distinguido más adelante cuando se aborde la metodología SI/MAB mediante el empleo de la parcela permanente de 1 ha.

8.- Mapeo de vegetación.

El "tipo de vegetación" es un concepto que puede tener una variedad de definiciones de acuerdo a los propósitos considerados para su representación cartográfica y provee una forma de categorización de áreas con agrupamientos según sus formas de crecimiento o tipos biológicos.

El término más apropiado a tener en cuenta es el de "formación vegetal", aunque también se utiliza la unidad fitocenológica base, que es la "asociación vegetal", tomada en consideración según sea el planteamiento del mapeo a realizar.

Existe un amplio número de técnicas para el mapeo de las formaciones vegetales a representar que pueden basarse en estudios y reconocimiento de superficie hasta el empleo de sensores remotos, el cual considera la utilización de las fotografías aéreas o las imágenes satelitales con lo que es posible la delimitación precisa del área a cartografiar de acuerdo a la distribución de las formaciones o asociaciones vegetales identificadas en ellas.

ALGUNAS METODOLOGÍAS ESTABLECIDAS PARA MUESTREOS DE VEGETACIÓN.

Amplios son los criterios que se han utilizado en diferentes épocas y para diferentes regiones geográficas del planeta. Desde épocas tempranas como las dos primeras décadas del siglo XX se reconocen propuestas metodológicas para estudios de vegetación, siendo un interesante ejemplo de ello la propuesta por la Escuela de Zurich-Montpellier que se crea para estudios fitosociológicos y que ha sido aplicada desde entonces, habiendo pasado por diferentes momentos de adaptaciones en su implementación, habiendo no obstante que reconocer su poder para resistir la prueba del paso del tiempo, y aunque hoy día no está muy en uso, sigue siendo obligada para establecer niveles de funcionamiento de las comunidades vegetales y sobre todo, para los trabajos de la sintaxonomía de las comunidades de plantas.

No tenemos propósito de explicar esta metodología que puede ser fácilmente localizada pues se han realizado varias reediciones de los originales de Braun-Blanquet, y además porque en muchas otras bibliografías se le puede encontrar, principalmente libros de Biogeografía y

Fitogeografía. Sin embargo destacaremos una forma de establecer muestreos considerando criterios del método fitosociológico.

1. Muestreos que se basan en el "área mínima" de la formación vegetal como unidad muestral.

Se aplican mediante los pasos establecidos por Braun-Blanquet para determinar el área mínima, que se auxilia de la conformación de la Curva Área-Especie para conocer cuál es "la menor área con el mayor contenido de especies", lo cual representa un criterio de funcionamiento comunitario y de ahí su utilidad.

Una vez determinada la misma se replica "n" veces acorde al diseño establecido, incluyendo para los análisis los caracteres cualitativos y cuantitativos que anteriormente fueron tratados en este capítulo.

Por experiencias prácticas en su aplicación, este método puede ser valioso cuando se tenga un adecuado conocimiento de la flora y vegetación del área, contando además con los criterios de las asociaciones vegetales existentes en los sitios a muestrear. Un gran inconveniente del mismo es que frecuentemente en una misma formación vegetal pueden encontrarse distintas asociaciones vegetales, lo cual se debe a sutiles cambios operados en el ecosistema, y su desconocimiento puede acarrear sesgos en el muestreo que entorpezcan los resultados.

2. Métodos que utilizan la décima de hectárea (0.1 ha.) como unidad muestral.

Estos métodos constituyen una importante herramienta pues permiten obtener datos para análisis ecológicos de vegetación en relativamente poco tiempo. Se reconocen más de 160 sitios en el planeta de todos los continentes donde se ha aplicado esta metodología (Gentry, 1992; Aymard y Cuello, 1995; Aymard *et al.*, 1995;). Para conjugar la información de una serie de diferentes tipos de bosques tropicales se ha estandarizado incluyendo solamente a las plantas leñosas con más de 2.5 cm de DAP_{1.30}. (Aymard *et al.*, 1995)

2.1- Propuesta metodológica de Gentry (según Aymard et al., 1995).

Este método tiene cada vez más adeptos ya que es una propuesta metodológica flexible que es muy apropiado para evaluaciones rápidas, donde es posible la comparación con una gran base de datos de flora y vegetación disponibles. En general tiene una mayor utilidad para comparar diversidad de especies de plantas de una región cualquiera.

Según el protocolo de la propuesta de Gentry, se establecen 10 subparcelas rectangulares de 50 m x 2 m (1 m a cada lado de la línea de 50 m de largo), como muestra el esquema de la Fig. 1 del método, que de conjunto representan la décima de hectárea - 0.1 ha = 1000 m². La ubicación debe ser aleatoria y aunque se ha recomendado seleccionar cualquier dirección en la ubicación de los transectos dentro del área de estudio (Aymard *et al.*, 1995), es preferible ubicar la dirección al azar utilizando los 360 grados.

Al efectuar las mediciones, se registran todas las plantas cuyo $DAP_{1.30} \geq 2.5$ cm, aunque pueden ser utilizados $DAP_{1.30}$ inferiores según las características de la formación a muestrear y los propósitos de estudio. Las Lianas enraizadas en la parcela con $DAP_{1.30}$ superior al considerado se incluyen; las Hemiepipfitas igual son incluidas, considerando su $DAP_{1.30}$ al medir el "brazo" más robusto a 1.30 m de altura.

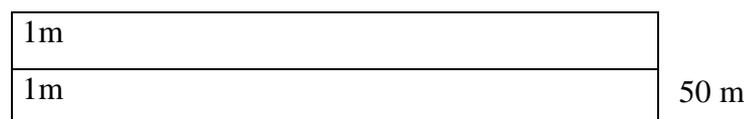


Figura 1 del método. Esquema de la distribución de una de las 10 parcelas rectangulares de Gentry.

2.2- La décima de ha según la propuesta metodológica de Aymard *et al.* (1995).

Es empleado para evaluar los cambios de vegetación dentro de un gradiente. Se propone establecerlo como un transecto de 500 m de largo x 2 m de ancho, a través del gradiente (0.1 ha). El método consiste en la realización de una parcela como un transecto de gradiente a través de los diferentes tipos de bosques; por ejemplo de un bosque inundado a un bosque seco (Figura 1

del método). La parcela se divide en 10 muestras rectangulares de 50 m de largo x 1 m de ancho a cada lado de la línea central del transecto.

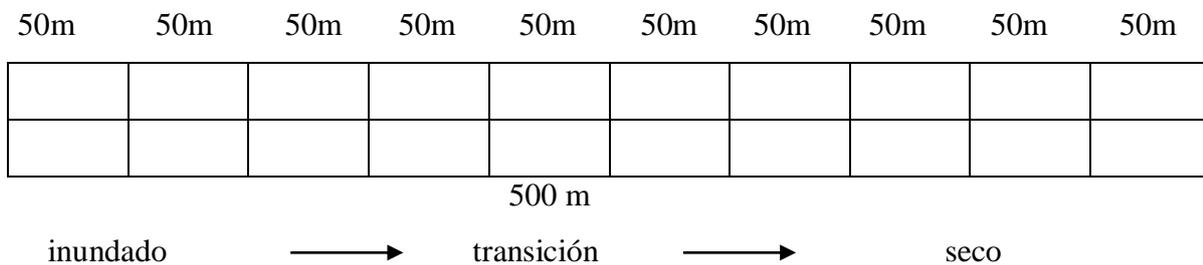


Figura 1 del método. Esquema de la parcela de gradiente según Aymard *et al.*, 1995.

Con esta propuesta se consideran en las mediciones dentro de la parcela, todos los elementos argumentados para la décima de hectárea (0.1 ha) de Gentry.

2.3- La décima de hectárea (0.1 ha) propuesta por Duivenvoorden (1994).

Con mayor interés para evaluar la estructura y composición florística de un tipo particular de bosque. Para este caso se propone una parcela de 20 m x 50 m, subdividida en 10 subparcelas de 10 m X 10 m (Figura 1 del método). Según esta propuesta es posible considerar todas las especies de $DAP_{1.30} \geq 2.5$ cm. Este criterio varía de acuerdo a las características del sitio a muestrear y del propósito del muestreo. Generalmente en bosques perturbados donde se experimenta una recuperación de la formación vegetal, deben escogerse valores mínimos de $DAP_{1.30}$ inferiores.

Una representación esquemática puede ser observada a continuación:

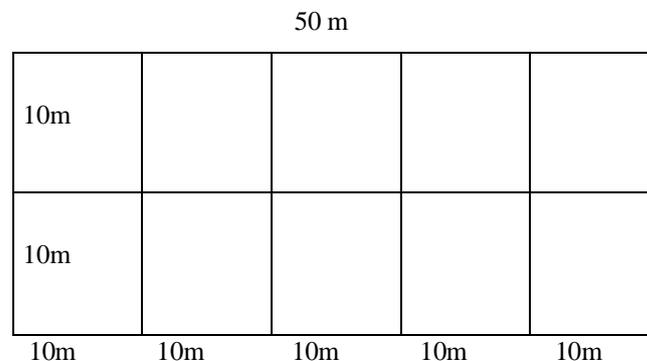


Figura 1 del método. Esquema de conformación de la parcela propuesta por Duivenvoorden (1994).

Para analizar la información obtenida de los datos acumulados en el muestreo de la décima de hectárea (0.1 ha) con particular interés por los referentes a número de especies, géneros y familias, los tipos de estructura de la vegetación, etc. se pueden emplear los Índices de Valor de Importancia (IVI), como se aprecia a continuación.

⇒ Índices de valor de importancia (IVI) para especies:

$$Frecuencia\ relativa = \frac{\# \text{ parcelas en las que ocurre una especie}}{\# \text{ total de ocurrencia de todas las especies}} \times 100$$

$$Densidad\ relativa = \frac{\# \text{ de individuos de una especie}}{\# \text{ total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{\text{área basal de una especie}}{\text{área basal total de todas las especies}} \times 100$$

⇒ Índice de valor de importancia (IVI) para familias:

$$Diversidad\ relativa = \frac{\# \text{ de especies de una familia}}{\# \text{ total de especies.}} \times 100$$

$$Densidad\ relativa = \frac{\# \text{ de individuos de una familia}}{\# \text{ total de individuos}} \times 100$$

$$Dominancia\ relativa = \frac{\text{área basal de una familia}}{\text{área basal total}} \times 100$$

Otros índices de valor de importancia pueden calcularse, como es el caso del Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA) propuesto por Finol (1971) que se calcula cuando se toma en cuenta tanto la estructura horizontal como la estructura vertical del bosque, o sea:

$$IVIA = Ab. \% + Fr. \% + D. \% + P.s. \% + R.n \%$$

Donde:

Ab. ... Abundancia relativa	P.s..... Posición sociológica relativa
Fr. Frecuencia relative	R.n..... Regeneración natural
D.... Dominancia relativa	

2.4 El Método de Whittaker - modificado (Stohlgren *et al.*, 1995)

Según nos plantea Stohlgren *et al.* (1995), Whittaker en 1977 desarrolló un método de muestreo nidificado de vegetación cuyo propósito primario fue presentar una técnica de muestreo nidificado con la cual se pudiera realizar mediciones de la diversidad de especies y comparar con ella diferentes comunidades de plantas de diferentes regiones del planeta.

El tamaño de 20 m X 50 m de la parcela de Whittaker fue diseñado inicialmente para áreas más o menos homogéneas que para efectuar las réplicas en los diferentes sitios fuera fácil su localización. En esencia este diseño consistía en la ubicación de cuadrantes (subparcelas) de 1 m², 10 m² y 100 m² dentro de uno de 1000 m², de manera nidificada.

A partir de un conjunto de consideraciones sobre las limitaciones de esta metodología (Stohlgren, 1994) y sobre sucesivos reanálisis de su propuesta, Stohlgren, Falkner y Schell (1995) elaboraron un protocolo metodológico sobre la base del diseño inicial de Whittaker, que publicaron como "Whittaker-Modificado". Este método fue probado y comparado con estudios donde utilizaron ambas propuestas (Whittaker y Whittaker-Modificado) en diferentes tipos de hábitat.

Un elemento básico de esta propuesta metodológica es la importancia que Stohlgren le atribuye a la forma alargada tanto para la parcela mayor como para las subparcelas, así como la distribución de estas últimas dentro de la misma, lo cual es más consistente y tiene mayor probabilidad de éxito para reflejar la riqueza de especies de todas las plantas vasculares presentes en el área de estudio.

En los fundamentos de la propuesta para modificación de Whittaker, Stohlgren parte de que con su análisis se desarrolla un nuevo diseño que minimizan los problemas estadísticos del diseño

original debido a que este nuevo planteamiento metodológico reubica los tres diferentes tamaños de subparcelas de manera independiente y no superpuesta, con lo cual la información de la curva área-especie es más confiable a partir de un mejor registro de la riqueza de especies del sitio.

¿Cuáles son los pasos que deben seguirse para aplicar el Método de Whittaker-modificado según Stohlgren *et al.* (1995)?

Lo explicaremos a partir de la referencia de Stohlgren en SI/MAB (1997).

1er. Paso: Preferentemente usando dos cintas métricas de 100 m, establecer una parcela de 20 m de ancho por 50 m de largo, como se indica en la Figura 1 del método. Dos cintas de 50 m pueden utilizarse, pero debe tenerse en cuenta que no alcanzará para seguir según el orden establecido, por lo tanto deberá tenerse cuidado de no perder la orientación y cerrado eficiente de la parcela al hacer al cambio de cinta.

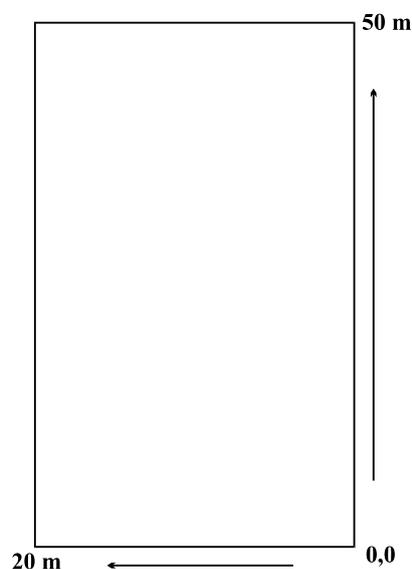


Figura 1: Inicio del establecimiento de la parcela

2do. Paso: En el centro de la parcela principal ubicar una parcela de 5m X 20m (c) como se indica en la Figura 2 del método. En el momento de marcar la parcela de 20 m X 50 m, dejar marcados a ambos lados los puntos 15m, 35m, (A) y 35m y 55m (B) como se aprecia en la referida Figura 2.

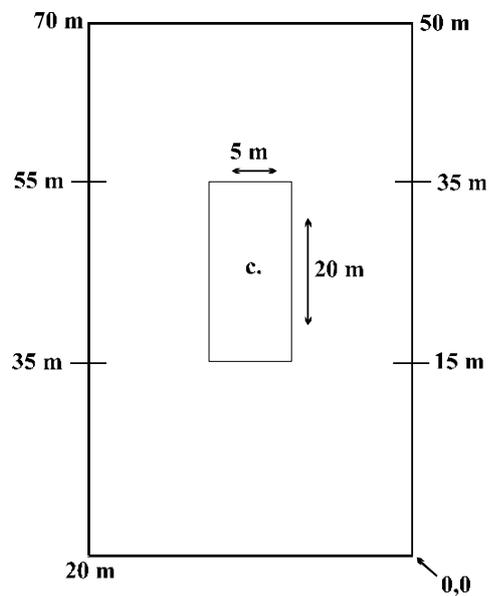


Figura 2: Establecimiento de la subparcela c. (5m X 20m)

3er. Paso: Comenzando desde el punto 0.0 m, establecer 10 subparcelas de 0.5 m X 2 m a todo lo largo de los bordes de la parcela principal de 20 m X 50 m como se indica en la Figura 3 del método.

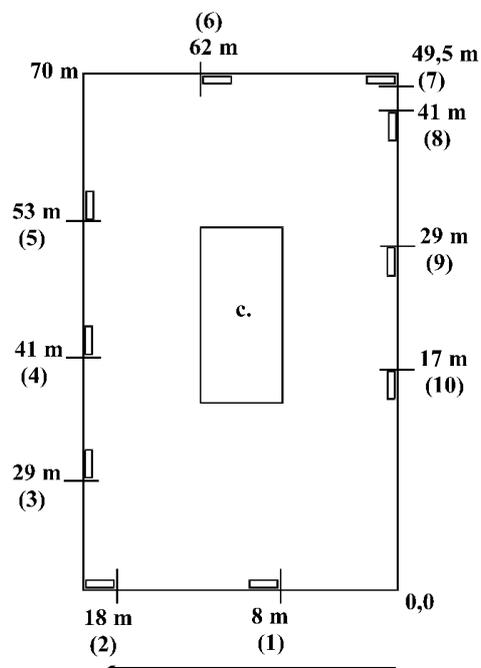


Figura 3: Establecimiento de las subparcelas de 0,5m X 2m (1 al 10)

4to. Paso: Establecer subparcelas a) y b) en las esquinas 70 m y 0.0 m respectivamente, de 2 m X 5 m como se indica en la Figura 4 del método.

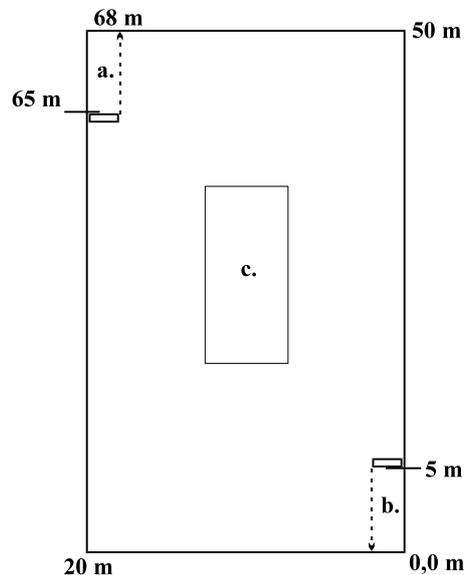


Figura 4: Establecimiento de las subparcelas a. y b. (2m X 5m)

5to. Paso: Búsqueda, medición y registro de los individuos por especies presentes en las subparcelas 1 a 10 comenzando a partir de 0.0 m. Para estas subparcelas generalmente se consideran todos los individuos presentes sin prefijar el DAP_{1.30} escogido como punto mínimo, es decir que se incluye el estrato herbáceo.

6to. Paso: Búsqueda, medición y registro de los individuos por especies presentes en las subparcelas a) y b). Aquí ya se establece el DAP_{1.30} como punto mínimo de partida para las mediciones. Los criterios acerca de cuáles DAP_{1.30} considerar, han tenido ciertas generalizaciones para usar escalonadamente 5 m y 10 m desde las subparcelas a hasta c. En esencia otras experiencias han brindado resultados con la delimitación del DAP_{1.30} en dependencia de la manifestación de las clases diamétricas la formación objeto de estudio.

7mo. Paso: Búsqueda, medición y registro de los individuos por especies en la subparcela c)

Nota: Considerar las observaciones hechas para el paso anterior.

8vo. Paso: Búsqueda, medición y registro de individuos por especies dentro de la parcela principal como se indica en la Figura 5-6 del método. En esencia se trata de un rastreo para considerar todo lo nuevo que pueda aparecer o apuntar la cantidad de individuos de las especies que ya han sido registradas con anterioridad en las subparcelas.

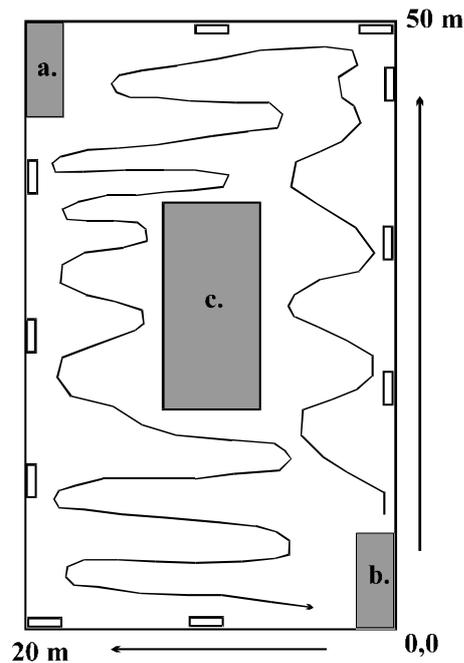


Figura 6: Parcela Whittaker-Modificado

La Planilla de campo para los registros debe estar organizada por subparcelas en el mismo orden en que se han dado los pasos del establecimiento de éstas. En general la aplicación de esta metodología ha tenido más éxito para los análisis derivados de la riqueza de especies.

3. El método de parcela permanente para monitoreo en bosques tropicales (*Smithsonian Institution / Man and Biosphere Program; SI/MAB*).

Este método ha sido implementado para el monitoreo a largo plazo de bosques tropicales con el cual sus autores, sobre la base de la importancia de comprender como cambian los bosques, se han planteado como propósitos básicos (Dallmeier, 1992)

- facilitar un inventario documentado de la diversidad de plantas de un sitio.

- proveer a largo plazo una base de datos acerca del crecimiento, mortalidad, regeneración y dinámica de árboles del bosque.
- crear una base de información para la investigación y educación que pueda contribuir a la conservación y manejo de Reservas de Biosfera y otras áreas protegidas de todo el planeta.

Se reportan estudios que han considerado la diversidad biológica de los bosques analizados, pero su enfoque metodológico ha sido presentado para los aspectos referentes a las plantas de bosques y a todo este como formación. Varios sitios del planeta han sido escogidos para la ubicación de parcelas permanentes siguiendo esta metodología con lo cual ha sido factible demostrar el valor de este método (ej. Reserva de la Biosfera "Estación Biológica del Beni" en Bolivia, Reserva de Biosfera "Manu" en Perú, Reserva de Biosfera "Luquillo" en Puerto Rico, etc.)

Resumen de los principales pasos que deben seguirse para aplicar este método.

En general consideramos que no es suficiente un resumen de esta propuesta metodológica para entender adecuadamente todo el proceso de instalación de la parcela permanente SI/MAB, por lo cual recomendamos se trabaje directamente con la guía metodológica que el autor de referencia ha publicado. Sólo expresamos una síntesis de los procedimientos básicos para que sea posible apreciar sus postulados básicos y tener al menos una referencia más amplia que la mera reseña bibliográfica de donde se encuentra la metodología aludida.

Los gráficos que se presentan son tomados de Dallmeier (1992).

- 1er. Paso: Referenciación exacta del sitio escogido para instalar la parcela, el cual constituye un área de 25 ha. Su localización debe basarse en la información cartográfica, fotografías aéreas y verificación de campo, dando sus coordenadas de ubicación. Se insiste en esto por la necesidad de la ubicación exacta y rápida cada vez que se deban hacer las mediciones durante todo el tiempo del monitoreo.
- 2do. Paso: Se establece la parcela base de 1 ha dentro de la delimitación de las 25 ha, y se hace planimetría de toda ella para lo cual se trabajará con teodolitos. Un GPS sería muy útil para todo el trabajo posterior de referenciación de cada individuo dentro de la parcela.

3er. Paso: Cada parcela de 1 ha es subdividida en 25 cuadrados de 20 m X 20 m. Los cuadrados son permanentemente marcados en cada una de sus esquinas, en orden consecutivo, como se indica en la Figura 1 del método.

4to. Paso: Cada cuadrado de 20 m X 20 m es subdividido en 16 subcuadrados de 5 m X 5 (ver Figura 1 del método). Se marcan y numeran permanentemente, identificando primero el No. del cuadrado y después del subcuadrado separados por punto como se indica en la propia Figura 1.

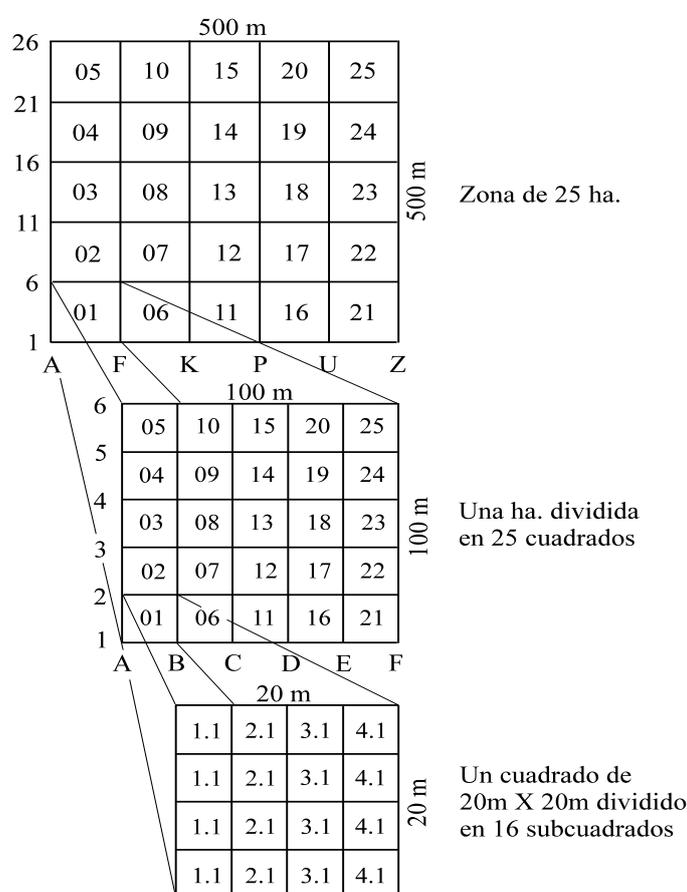


Figura 1: Idea general del establecimiento de la parcela SI/MAB.

5to. Paso: Se marca la parcela centro dentro del cuadrado de una hectárea (la No. 13) como se observa en la Figura 2 del método, se fija su punto centro, lo cual se hace por el trazado de las diagonales a las cuatro esquinas, de manera que quede a la distancia de 14.142 m de cada una, como se aprecia en dicha Figura 2. Esta posición tiene un

valor relevante para la correcta referenciación posterior de cada individuo dentro de la parcela.

6to. Paso: Según esta propuesta, todos los individuos cuyo $DAP_{1.30}$ sea ≥ 10 cm son registrados y fijadas sus coordenadas dentro de la parcela por su ubicación respecto a las esquinas más próximas de la línea base como se indica en la Figura 2 del método. Los individuos de $DAP_{1.30}$ inferiores a 10 cm son considerados para el propósito del monitoreo. Una apreciación acerca de estos criterios de selección del $DAP_{1.30}$ es que según sea el comportamiento de las Clases diamétricas del bosque a estudiar, se pueden tomar puntos de partida inferiores.

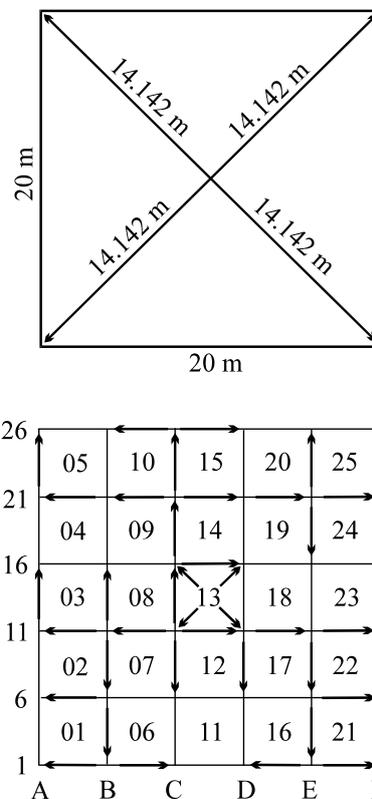


Figura 2: Referencias en detalle de la parcela de una ha.

Un aspecto importante para aplicar esta metodología es la corrección de pendiente en caso de que nos encontremos en áreas montañosas, lo cual debe ser analizado a partir de la propuesta original de Dallmeier (1992) con la aplicación de los procedimientos sugeridos por ellos.

4. Propuesta de parcela circular para descripción de hábitat, frecuentemente utilizada en estudios de comunidades ornitológicas (James & Shugart, 1970).

Esta propuesta metodológica fue sugerida por los autores para crear una técnica estandarizada de caracterización del hábitat, básicamente de la estructura de la vegetación, en relación con la comunidad de aves que pueden hacer uso de la misma, fundamentándola en el planteamiento de que variaciones en el tamaño y otras características del territorio de una especie en diferentes hábitats puede estar relacionada a la variación en la estructura de la vegetación.

La propuesta de esta metodología se obtuvo en una confrontación con otros cuatro métodos de muestreo y análisis de la vegetación, llegando a la conclusión de que un método areal era más propicio, y reforzaron sus recomendaciones hacia una técnica que partiera del establecimiento de una parcela circular.

Respecto a la caracterización de la estructura de la vegetación, esta técnica considera los análisis en base a los estimados de densidad, área basal, frecuencia de árboles, altura del dosel, densidad de los arbustos, por ciento de cobertura del suelo y por ciento de cobertura del dosel, aunque otros se pueden derivar.

Los pasos básicos para aplicar esta propuesta son:

1. Establecer una parcela circular, recomendándose de 11,28 m de radio ($399,7 \text{ m}^2 \approx 0,04 \text{ ha}$) la cual se dividirá en cuadrantes determinados por los puntos cardinales.
2. Utilizando los instrumentos requeridos o propuestos por los propios autores, se miden los diferentes elementos que interesan acerca de la estructura de la vegetación, siendo éstos:
 - a. Densidad de árboles: Número de individuos por especie arbórea, anotando su estadio fenológico.

- b. Densidad del sotobosque: Se cuentan las ramas de diámetro menor o igual a 3 cm, a la altura de 1.3 m, en cuatro transectos desde el centro de la parcela hacia cada uno de los puntos cardinales (cada uno con un área aproximada de 11,28 x 1,50 m).
- c. Diámetro de los árboles a la altura de 1,3 m (DAP_{1.30}): Todos los árboles se ubican por clases de diámetro: $3 \text{ cm} < \underline{S} \leq 8 \text{ cm}$; $8 \text{ cm} < \underline{A} \leq 15 \text{ cm}$; $15 \text{ cm} < \underline{B} \leq 23 \text{ cm}$; $23 \text{ cm} < \underline{C} \leq 38 \text{ cm}$; $38 \text{ cm} < \underline{D} < 53 \text{ cm}$.
- d. Cobertura del dosel: El porcentaje de cobertura se determinará con el empleo de un cilindro plástico de 43 cm de diámetro y dividido en su extremo distal en cuatro cuadrantes. Las observaciones se harán en 10 puntos equidistantes, desde el centro de la parcela hacia cada uno de los puntos cardinales (para un total de 40 puntos que posteriormente se promedian).
- e. Cobertura del suelo: Idem al anterior
- f. Altura del dosel: Promedio de las alturas de los diez árboles más altos de la parcela.
- g. Densidad o volumen del follaje: Se utiliza un panel de densidad, que se va colocando en cada uno de los puntos cardinales. Desde el centro de la parcela, se cuentan los cuadros del panel ocultos en más del 50% por el follaje, a las alturas de 0-0.3 m, 0.3-1 m, 1-2 m y 2-3 m. Para evitar el paralelismo, las dos primeras lecturas se realizan desde la posición de cuclillas.
- h. Dispersión de árboles: Es la distancia promedio entre los cuatro árboles de diámetro $> A$ más cercanos al centro de la parcela
- i. Dispersión de los arbustos: cualitativo según la planilla

Adicionalmente a los elementos asumidos acerca de la estructura de la vegetación, otros elementos que refuerzan la caracterización del hábitat pueden ser medidos como es el caso de la calidad del sustrato, frecuentemente asumido como la presencia de pedregosidad, la pendiente, etc. Todos estos aspectos refuerzan la posibilidad de un análisis más integral en la evaluación de las perspectivas y posibilidades que brinda el hábitat para las comunidades faunísticas,

especialmente de aves, a las que dichos elementos deciden en muchos casos su presencia y movimiento dentro de éste.

En la propia propuesta metodológica de los autores referidos aparecen ejemplos de las planillas de datos a recoger en el campo, las cuales a pesar de su complejidad, permiten muy didácticamente el ulterior análisis de los mismos.

5. Parcelas de vegetación por el método logarítmico (frecuentemente utilizado para evaluaciones de comunidades vegetales donde predominan los procesos de desertificación o desertización) - McAuliffe, 1990 -.

En los últimos años se ha venido extendiendo por parte de los profesionales de la conservación que trabajan en medios áridos y semiáridos, la utilización de un método de analizar la vegetación que mide la densidad y la cobertura el cual fue propuesto por el ecologista Joseph McAuliffe en 1990. Este método logarítmico de marcar parcelas, está destinado a evaluar la vegetación en los casos en que las plantas tienen cubiertas de copas distintas y fácilmente calculables de manera ocular.

Debido a que en los hábitats áridos y semiáridos las plantas tienden a estar muy dispersas y tener una arquitectura muy diversa, no se presenta bien el muestreo para estudiar la densidad o la cobertura en muchas de las parcelas estándar expuestas en otros planteamientos metodológicos. El método logarítmico evita esos problemas midiendo la abundancia y la cobertura de las especies en parcelas trazadas en una escala logarítmica.

La principal limitación de este método es que los estudios de cubierta logarítmica son eficaces solo cuando la cubierta de copas de cada planta se puede medir individual y limpiamente, como en las comunidades arbustivas abiertas. Para los bosques de cubierta de copas densas y los pastizales siguen siendo más convenientes otras medidas de cobertura. A continuación se describen los principales pasos para la aplicación de este método como lo presentan Tuxill y Nabhan (2001) con algunas modificaciones que se le introducen para hacerlo más asequible a nuestros intereses:

1. Posterior a la ubicación del sitio y selección de los puntos donde serán establecidas las parcelas acorde al diseño definido, se traza una parcela circular de 9.03 m de radio (256 m²), si la vegetación es particularmente escasa, se recomienda por su autor ampliar el radio a 12,77 m (512 m²).
2. Se cuenta la abundancia de individuos de todas las especies presentes y se asigna a cada una un intervalo de abundancia como se ilustra en la Tabla 1 del método:

Tabla 1: Elementos de la conversión a Clase log para los intervalos de abundancia

Conversión de abundancia a clase de abundancia log		
Intervalo	punto medio	Clase log
0	0	-1
1	1	0
2	2	1
3 - 5	4	2
6 - 11	8	3
12 - 23	16	4
24 - 47	32	5
48 - 95	64	6
96 - 191	128	7
192 - 383	256	8
384 - 767	512	89
....

Como se puede apreciar, cada intervalo de abundancia es el doble de grande que el anterior y los puntos medios de cada intervalo forman una serie geométrica: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 32, etc. Este sistema de ordenación hace dos cosas: preserva las distinciones pequeñas entre las especies que se presentan en poca abundancia y, sin embargo, permite también una evaluación rápida de las especies que se presentan en gran número, porque las especies solo se asignan a clases de intervalos y no se cuentan exactamente. Las especies muy abundantes

se calculan mejor contando los individuos de una porción triangular de un cuarto o un octavo de la parcela circular y luego aumentando proporcionalmente como corresponda.

3. Se registra la clase de abundancia logarítmica de cada especie; esta clase es el \log_2 del punto medio del intervalo de abundancia y se puede leer directamente de la tabla de conversión que se mostró anteriormente.
4. Se mide la cobertura de cada especie dentro de la parcela. Esto se hace asignando cada especie a un intervalo medio de diámetro de cubierta de copas, lo cual se muestra en la Tabla 2 del método.

Tabla 2. Elementos de la conversión a Clase log de la cobertura

Conversión de cobertura a clase log de cobertura			
Cobert. media/indiv. (m²)	Intervalo de superf. (m²)	Intervalo de diámetro (m)	Clase log de cobert.
0.002	<0.0032	<0.06	-9
0.004	0.0032 – 0.0064	0.06 – 0.09	-8
0.008	0.0064 – 0.011	0.09 – 0.12	-7
0.016	0.011 – 0.023	0.12 – 0.17	-6
0.031	0.023 – 0.045	0.17 – 0.25	-5
0.063	0.045 – 0.10	0.25 – 0.35	-4
0.125	0.10 – 0.19	0.35 – 0.49	-3
0.25	0.19 – 0.38	0.49 – 0.69	-2
0.5	0.38 – 0.75	0.69 – 0.98	-1
1.0	0.75 – 1.5	0.98 – 1.4	0
2.0	1.5 – 3.0	1.4 – 2.0	1
4.0	3.0 – 6.0	2.0 – 2.8	2
8.0	6.0 – 12.0	2.8 – 3.9	3
16.0	12.0 – 24.0	3.9 – 5.5	4
....

Al igual que con la abundancia, estos intervalos están ordenados en una escala geométrica, con el punto medio de cada intervalo dos veces más grande que el anterior. Se utilizan los diámetros de la cobertura de copa más que las superficies de la misma porque es mucho más fácil calcular y medir la dimensión lineal del diámetro.

5. Registrar la clase logarítmica de cobertura de cada especie, que también es el \log_2 de los puntos medios del intervalo de cobertura, como se recoge en el cuadro anteriormente presentado.
6. Para determinar la cobertura total por especie y por parcela se suman los valores de la cobertura log y la clase de abundancia. Esto dará el valor de la clase de cobertura log de la cobertura total por especie y se la puede convertir fácilmente en un cálculo real de cobertura en m^2 utilizando la tabla que se refleja en el último cuadro presentado.

6. El muestreo de la vegetación según el Protocolo de monitoreo para la diversidad biológica terrestre del Proyecto PNUD/GEF CUB/98/G32 "Sabana-Camagüey" (Menéndez *et al.*, 1998)

Considerando la validez de la propuesta hecha por los autores de referencia, los cuales diseñan la misma a partir de la consideración de tres factores de impactos: presencia de hoteles, viales y fumigación, se exponen a continuación los aspectos básicos que le caracterizan siguiendo las recomendaciones específicas que se presentan en el documento citado; éstas pueden ser tenidas en cuenta en situaciones similares en que se decida homologar tal aplicación.

Vegetación de costa arenosa

Sobre franja arenosa costera, se plantea un transecto detallado de parcelas pequeñas equidistantes (para la vegetación unos diez pasillos (o menos en dependencia del ancho de la franja de este tipo de vegetación) de 10 x 1 metro, paralelos a la línea de costa), el último situada donde empieza el matorral xeromorfo.

En estos pasillos de 10 metros de largo por uno de ancho, divididos en cuadrados de 1x1, se estimará la cobertura de la vegetación por especies (Figura 1 del método). Para esto se utilizará papel cuadriculado y cuerda previamente marcadas con medidas en metros y con algún aditamento que permita sostenerlo en el terreno, de manera que facilite la operación en el campo. También se tomará la frecuencia de aparición de las especies vegetales por cuadrados, la altura de la vegetación.

En esta observación, especialmente importante y sensible por su dinamismo, fragilidad y sensibilidad a impactos, valor indicador de impactos, el grupo de vegetación debe jugar un papel de orientador de los muestreos para definir la distintas franjas que permitirán organizar los muestreos orientados (transectos) de los distintos grupos.

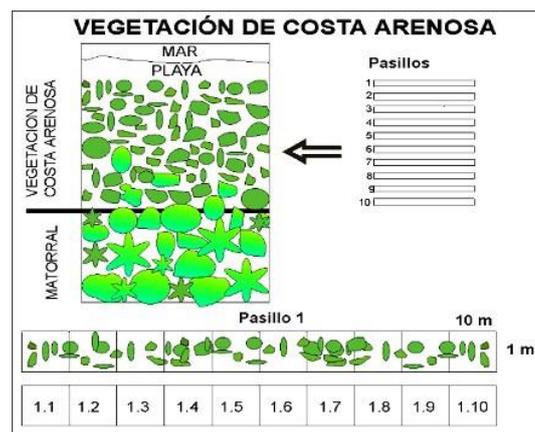


Figura 1. Esquema representativo de la distribución y realización del muestreo en costa arenosa según Menéndez *et al.*, 1998)

Para la zona exterior transformada por las obras del hotel y el uso turístico. Zona de matorral xeromorfo costero, Zona de bosque semidecíduo se sugiere el siguiente diseño:

En cada sitio se hacen tres muestras o parcela, que tendrán la misma superficie en todos los casos (20x20 metros) tanto en el bosque semidecíduo; como en el matorral xeromorfo sobre carso, y el matorral sobre arena (Figura 2 del método). En cada parcela se seleccionarán dos pasillos de 20x2 metros, y en cada uno de ellos se hará un levantamiento de la vegetación por estratos mediante muestreos continuos o por cuadrados.

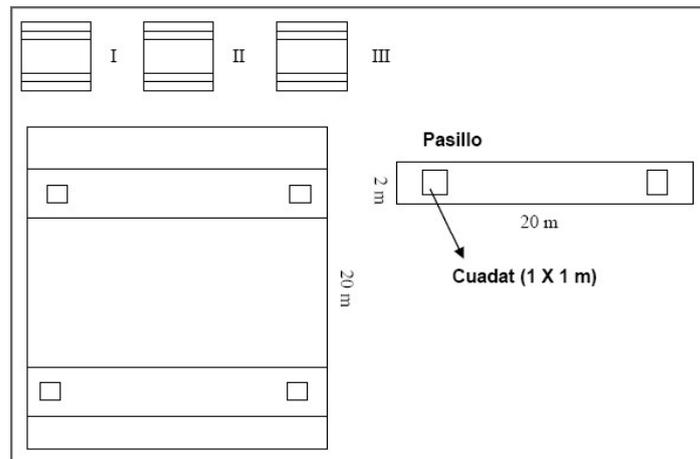


Figura 2. Esquema de la realización del muestreo en zonas transformadas según Menéndez *et al.*, 1998.

Estrato arbóreo: Se realizará un inventario de los árboles por especies teniendo en cuenta la altura de cada uno, la estimación de la proyección de la copa (este muestreo se acompaña de papel cuadrículado donde se representarán los árboles, la proyección de copas), y el diámetro a la altura de 1.30 metros ($DAP_{1.30}$), para establecer clases diamétricas (Figura 3 del método).

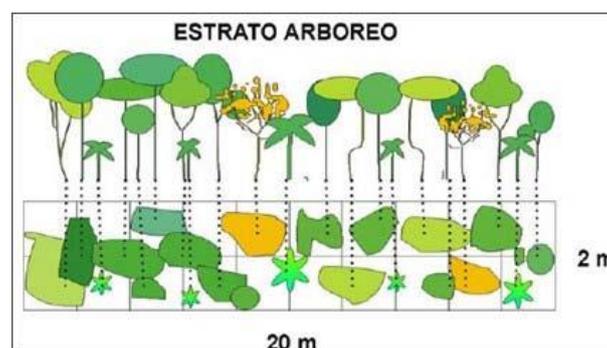


Figura 3. Esquema representativo del procedimiento del inventario para el estrato arbóreo según Menéndez *et al.*, 1998

Estrato arbustivo: Se estimará la altura promedio la cobertura (% de cobertura de la parcela de 2 por 2 metros dentro del pasillo) que tienen las diferentes manchas por especie en el pasillo (Figura 4 del método), se utilizará papel cuadrículado para facilitar el trabajo en el

campo.



Figura 4. Esquema representativo del procedimiento del inventario para el estrato arbustivo según Menéndez *et al.*, 1998

Estrato herbáceo: En el caso del estrato herbáceo se estimara la cobertura y la frecuencia de aparición de las especies vegetales en los pasillos. Para estimar la cobertura de las especies herbáceas se medirá utilizando dos cuadrados por pasillo, de 0.5 por 0.5 metros (ó de 1 x1 metro), colocados a dos metros de cada extremo del pasillo (Figura 5 del método). En estos cuadrados se medirá la cobertura de por especie (por manchas), también se representará en papel cuadriculado. Se prepararán cuadrados de 0,5 x 0,5 (ó de 1 x1 metro), con cuerdas o maderas con los centímetros marcados para facilitar el trabajo de campo.



Figura 5. Esquema representativo del procedimiento del inventario para el estrato herbáceo según Menéndez *et al.*, 1998

Para obtener la frecuencia de aparición de las especies herbáceas se debe cuadricular el pasillo en parcelas de 2 por 2 metros o un cuadrado de menor tamaño dentro de las parcelas de 2 por 2 metros (1x1 metro) para obtener más repeticiones, y el levantamiento de las manchas se va haciendo por parcelitas y se evalúa la presencia/ausencia (0 – 1) de las especies herbáceas, de esta manera se tendrán diez cuadrados para obtener datos de

frecuencia en cada pasillo. Para facilitar el trabajo de campo se preparan cuadrados con cuerdas y algún aditamento que permita clavarlos en el suelo en cada esquina.

Se incluirá información de los sinucios de lianas y epifitas presentes en los pasillos, se harán listas de las especies por cuadrados.

7. Aspectos generales del inventario forestal según la Metodología de Ordenación Forestal por Rodales (González, Piqué y Vericat; 2006)

Teniendo en cuenta que el inventario forestal se propone conocer una serie de parámetros cuantitativos de la cubierta forestal a nivel de rodal, se entiende importante la consideración metodológica que asume y los principales elementos que le integran para ponerlos a disposición de los que desarrollan programas de evaluaciones de la vegetación en espacios o formaciones boscosas.

Según los autores citados, se tienen en cuenta en estos inventarios un conjunto de parámetros como distribución diamétrica, áreas basimétricas, volumen, etc. que son de gran interés pues informan sobre el estado y la dinámica de la cubierta arbolada, y a nivel de rodal, permiten definir con precisión los tratamientos silvícolas más adecuados para conseguir los objetivos de la gestión.

Para estos estudios que componen el inventario se realiza lo que se ha dado en llamar "la estimación pericial inmediata" que constituye el levantamiento cuantificado de ciertos valores medios de referencia a nivel del rodal, siendo las principales variables consideradas, las siguientes:

- Densidad o espaciamiento medio entre pies
- Diámetro medio y diámetro dominante
- Área basimétrica
- Altura media y altura dominante
- Volumen por hectárea

Otras variables de las que se toma nota:

- Edad media del rodal
- Regeneración (estado y porcentaje de recubrimiento)
- Cualquier otro de cuantificación rápida

Diseño del inventario forestal dasométrico

En la ordenación por rodales interesa tener información precisa para cada rodal, de manera que se intensificarán los esfuerzos allí donde más convenga. El inventario se planifica por tipologías de rodales, pudiendo llegar a particularizarse, ocasionalmente, para el caso de rodales específicos. De cualquier modo, el inventario debe ser de tipo estratificado, pues cada tipología tendrá su inventario (diseño propio, estimaciones de la media y error propios); más aún, dentro de una misma tipología de rodal, se pueden diseñar inventarios diferentes para distintos grupos de rodales.

El planteamiento del inventario forestal dasométrico en una ordenación por rodales deberá pasar por:

- Decidir la tipología de inventario para cada tipo de rodal (pie a pie, muestreo, dirigido)
- Decidir la intensidad de muestreo: tipo y tamaño de las parcelas y densidad del muestreo
- Distribuir las parcelas de inventario
- Seleccionar los parámetros a medir: ¿cuáles y para qué?

Tipos de inventario más comunes:

1. Inventario pie a pie: sólo se justifica su realización en casos de masas de gran valor económico en las que se van a realizar cortas finales y de extensiones inferiores a dos hectáreas, fustales altos de buena calidad, etc.
2. Inventario por muestreo: las estimaciones dasométricas se basan en una muestra de la población. Según se obtenga la muestra, éstas pueden ser:
 - Aleatorio (las parcelas se localizan al azar)

- Sistemático (las parcelas se disponen en el espacio siguiendo un esquema determinado, con el objetivo de cubrir uniformemente la superficie).
- Dirigido (cuando existen tipologías forestales con características especiales. Es un método subjetivo y sesgado pues las parcelas se ubican donde interesa recoger información).

Intensidad del muestreo

La intensidad del muestreo o tamaño de la muestra, resulta de la combinación del tamaño de las parcelas y la densidad del muestreo. La densidad del muestreo depende de factores relacionados con la estructura forestal, siendo más importantes:

- Objetivos para la masa; mayor densidad para masas con objetivo productor
- Valor de las masas; mayor densidad para masas que entran en regeneración y de valor económico
- Heterogeneidad; mayor densidad para masas muy heterogéneas y con coeficientes de variación elevados.

Distribución de las parcelas

A pesar de que pueden existir varias tipologías de masas forestales y múltiples rodales, el diseño de inventario debe simplificarse de manera que no sean demasiados los tipos de inventario a realizar, y no dificultar excesivamente el trabajo. Una vez diseñado el inventario, se procede a distribuir las parcelas en cada estrato o unidades menores de inventario. Según se aprecia, se ha recomendado por los autores distribuir las parcelas sistemáticamente, ayudándose con una malla apropiada según la densidad del muestreo determinada, y de manera que un número mínimo necesario de parcelas cubran el rodal o la unidad menor de inventario.

Parámetros a medir: ¿cuáles y para qué?

Los parámetros a medir tampoco tienen que ser fijos; éstos dependerán de los objetivos del inventario y de la estructura forestal de que se trate. Es importante dimensionar bien la muestra y tener claro para qué se quieren los datos y no tomar datos innecesarios, o que por el contrario, falte información. Son más recomendables como variables a medir:

- Diámetro normal de todos los árboles (el punto de partida o valor base depende de los objetivos, estructura, tipo de formación vegetal, etc.)
- Altura de una muestra de los árboles (en algunos casos, según el tipo de bosque se ha recomendado un mínimo de 30 árboles no dominados por estrato de inventario)
- Edad y crecimiento en los últimos años (según calendario de inventario)

Otras variables dendrométricas que se pueden incluir en el inventario, si fuera necesario, son: grosor de la corteza, diámetro de las copas, volumen en pie de árboles tipos, etc. Igualmente, se pueden incorporar otras variables dasométricas de fácil medición y de interés para valorar la biodiversidad (madera muerta, oquedades, etc.).

CONSIDERACIONES FINALES

En general se han expuesto algunos criterios metodológicos con la mayor cantidad de precisiones posibles sobre su utilidad como herramienta de trabajo en los análisis de vegetación al concebir o aplicar cualquier proyecto de investigación o programa de monitoreo que tenga en cuenta este componente. Existen otras muchas herramientas o variantes que pudieran haber sido incluidas en esta compilación, pero al menos damos una panorámica del amplio espectro existente y de sus principales fundamentos y procedimientos, lo cual es de hecho un paso de avance.

Para este tipo de análisis se cumplen las reglas generales que para cualquier otro componente de la diversidad biológica por lo que se asume que ello queda explícito en el material que se ofrece.

Significamos la importancia del propósito del estudio o acción de monitoreo a efectuar y las características particulares del sitio, para determinar o seleccionar una u otra metodología a la hora de realizar el muestreo y análisis de los datos; cualquier metodología no puede ser un marco cerrado de recomendaciones, sino que por el contrario el investigador debe tener sus criterios y documentarlos acerca de por qué escoge una u otra, incluso, de por qué ajusta cualquiera de las ya descritas.

REFERENCIAS

Aymard, G., J.F. Quin, M. Rugiero, and G.S. Waggoner. 1995. The 0.1 Hectare Methodology: A Method for Rapid Assessment of Woody Plant Diversity. Handout 7(1):16 pp.

- Aymard, G. & N. Cuello. 1995. The 0.1 Hectary Methodology: A Method for Rapid Assessment of Woody Plant Diversity. *Handout*. 7(1):16 pp
- Braun-Blanquet, J. 1932. Plant sociology; the study of plant communities. Halner, London.
- Bullock, J. 1996. Plants. In Sutherland, W.J. 1996. (Ed.) Ecological Census Techniques. A Handbook. Cambridge University Press, UK. 11-138 pp.
- Cuello A., N.L. 1998. A review of sampling procedures for the study of vascular epiphytic species diversity in neotropical montane forests. Herbario Universitario PORT, Programa de Recursos Naturales Renovables, UNELLEZ-Guanare, Venezuela. 11 pp.
- Caín, S.A. & Castro G.M. de O. 1959. Manual of vegetation analysis. Harper, New York.
- Capote, R. y R. Berazaín. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. Vol. 5. No. 2: 27-75 pp.
- Clements, F.E. 1928. Plant Succession and Indicators. Wilson. New York. N.Y. 453 pp.
- Dallmeier, F. 1992. Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas. Methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11. UNESCO, París 72 pp.
- Dansereau, P. 1951. Description and Recording of Vegetation upon a Structural Basis. *Ecology* 32:172-229 pp.
- Danserau, P. 1957. Biogeography and ecological perspective. The Royal Press. New York.
- Duivenvoorden, J.F. 1994. Vascular plant species counts in the rainforest of middle Caquetá area, Colombian Amazonian. *Biodiversity and Conservation*. 3:685-715
- Ellemborg, H. & Muller-Dumbois. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York
- Finol, H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*. Publicación de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela Año XIV No. 21:29-42 pp.
- Gentry, A.H. & C. Dodson. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Miss. Bot. Garden* 74:205-233
- Gentry, A.H. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos* 63:19-28
- Goldsmith, F.B. 1994. Vegetation monitoring. In Goldsmith, F.B., 1994 (Ed.) Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman and Hall, New York. 77-86 pp.
- González Molina, J.M.; M. Piqué Nicolau y P. Vericat Grau. 2006. Manual de Ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Edit Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. 205 pp. ISBN84-690-3133-3
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center (Revised edition), San José, Costa Rica.
- Hutchings, M.J. 1994. Monitoring plant populations: census as an aid to conservation. In Goldsmith, F.B., 1994 (Ed.) Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman and Hall, New York. 61-76 pp.

- James, F.C. & H.H. Shugart Jr. 1970. A quantitative Method of Habitat Description. Audubon Field Notes. Volume 24, No. 6:727-736 pp.
- McAuliffe, J.R.1990. A rapid survey method for the estimation of density and cover in desert plant communities. Journal of Vegetation Science 1:653-656 pp.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Edit. Omega. Barcelona, España.
- Matteucci, S.D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington D.C. 168 pp.
- Menéndez, Leda; Elisa Eva García; René P. Capote *et al.* 1998. Protocolo de Monitoreo para la Diversidad Biológica terrestre. Proyecto PNUD/GEF CUB/98/G32 "Sabana-Camagüey". Documentos del Proyecto. 16 pp.
- Ministerio del Medio Ambiente. 1998. Guía para la elaboración de estudios de del Medio Físico. Serie Monografías. Secretaría general del Medio Ambiente, España.
- Pielou, E.C. 1973. Ecological Diversity. Wiley.New York.
- Raunkjaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, 432 pp.
- Shinwell, D.W. 1971. Description and classification of vegetation. Sidgwick and Jackson, London.
- Stohlgren, T.J., M.B. Falkner & L.D. Shell. 1995. How to establish a Modified-Whittaker nested vegetation sampling method. Vegetatio.117:113-121
- Stohlgren, T.J. 1995. Measuring and Monitoring Plant Diversity. Handout. 117:10-17 pp.
- Strasburger, E. 1974. Tratado de Botánica. Sexta Edición. Editorial Marín, S.A., Barcelona, España. 798 pp.
- Tuxill, J. y G.P. Nabhan. 2001. Plantas, comunidades y áreas protegidas. Una guía para el manejo in situ. Pueblos y Plantas 3. Manual de Conservación. WWF. Editorial Nordan - Comunidad, Montevideo Uruguay. 227 pp.