



# Métodos y técnicas de estudio de la vegetación

## Apuntes de Ecología

Ana Inés Pais Bosch

Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de Catamarca  
2023

Métodos y técnicas de estudio de la vegetación: apuntes  
de ecología

**Ana Inés Pais**

Pais, Ana Inés

Métodos y técnicas de estudio de la vegetación: apuntes de ecología /  
Ana Inés Pais. - 1a ed. - Catamarca : Editorial Científica Universitaria de la  
Universidad Nacional de Catamarca, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-661-449-8

1. Ecología. 2. Técnicas de Estudio. I. Título.

CDD 577.07

ISBN: 978-987-661-449-8

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723.

E.C.U. 2023

Avda. Belgrano 300 - Pab. Variante I - Planta Alta - Predio  
Universitario - San Fernando del Valle de Catamarca - 4700 -  
Catamarca - República Argentina

Prohibida la reproducción, por cualquier medio mecánico y/o electrónico, total o parcial  
de este material, sin autorización del autor.

Todos los derechos de autoría quedan reservados por el autor.

Este breve apunte, que no es más que una simple guía de estudio para estudiantes de ingeniería agronómica y carreras afines, sigue la estructura y utiliza texto extraído del libro "Metodología para el estudio de la vegetación", de Mateucci & Colma, 1982.

A su vez, a fin de incluir ejemplos de medición y de cálculos posteriores, utiliza trabajos completos realizados por diferentes equipos de investigación, los cuales están debidamente citados en cada caso.

Como autora de esta guía, que lejos está de ser un trabajo acabado sobre cada uno de los temas tratados a lo largo de la misma, tengo el deseo de que sirva de información básica para 'llevarse una idea' de algunos de los tantos métodos y técnicas existentes para el estudio de la vegetación.

# MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ESTUDIO DE LA COMUNIDAD VEGETAL

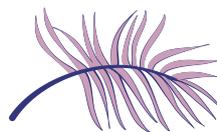
## ¿Para qué estudiar y medir la vegetación?

Existen múltiples motivos para estudiar la vegetación. A modo de ejemplo, se podría hacer un estudio poblacional para que, por medio de ello, se pueda inferir cuántos kilogramos de frutos de algarrobo o chañar pueden tener para elaborar harina, dulce, café, arropé. Puedo estudiar una población o comunidad para saber con cuánta madera de tal o cual especie cuento para mueblería o leña. Puedo estudiar una población de algún monocultivo, como una plantación de pinos, para saber cuál es el volumen de madera disponible para vender o trabajar. También, puedo estudiar la vegetación con fines ganaderos, para estimar la carga animal que soporta un área determinada, así como para conocer qué tipo de forraje habrá disponible en las diferentes épocas del año para los animales. Puede estudiarse con fines científicos, para obtener información sobre el estado de un pastizal natural y compararlo con el mismo sitio a lo largo del tiempo para ver su comportamiento frente a diferentes acciones (variaciones climáticas y, sobre todo, actividades antrópicas). Puede estudiarse con el fin de evaluar la cantidad de servicios ecosistémicos que pueden brindar los elementos que conformen un área o región. Y así, pueden existir muchas razones más para hacerlo.

El conocimiento de las propiedades y del funcionamiento de las comunidades vegetales permite comprender fenómenos que suceden en ellas y que se relacionan con aspectos productivos. Así, por ejemplo, el estudio de las interacciones entre plantas de maíz y de malezas, compitiendo por el factor luz, permitiría determinar formas de manejo del cultivo para obtener aumentos de rendimientos. En pastizales naturales (comunidades vegetales espontáneas), el conocimiento de sus características estructurales y funcionales resulta indispensable para su utilización con máximo provecho y mínimo deterioro.



**El éxito del estudio dependerá, en gran parte, de la claridad con que se plantee el mismo, lo cual facilita la selección de los métodos, de las técnicas y de las variables a utilizar.**



**Sea cual sea el objetivo del estudio, el primer paso consiste en determinar y delimitar el problema**

## Introducción a los métodos ecológicos para evaluar la vegetación natural

Para cuantificar la vegetación natural es necesario contar con métodos eficientes, los cuales deben estar asentados en una base ecológica sólida. A tal fin, existen métodos expeditivos, que dan respuestas rápidas y que resultan útiles para la toma de decisiones de manejo; pero también hay métodos más complejos, que se adaptan a las investigaciones de largo alcance y que se utilizan mayormente en situaciones experimentales.

Dado que no es factible examinar cada individuo de la población o comunidad, la solución práctica es tomar una serie de muestras representativas de la población o comunidad que se desea medir. La toma de muestras tiene que economizar tiempo y trabajo, y los resultados tienen que ser mucho más significativos que los obtenidos por mera observación. Por su parte, el método a utilizar dependerá de la precisión que se desea obtener, y los promedios y parámetros estadísticos que se obtengan serán confiables en la medida que el muestreo esté bien planificado y aplicado.



**¡Cuidado! se puede llegar a resultados engañosos a través de muestreos mal tomados.**



Uno de los primeros requisitos de un muestreo válido es que se realice en una vegetación lo menos heterogénea posible. Esto no significa reducir la varianza a cero (algo imposible en comunidades bióticas), sino que se debe estratificar o dividir el muestreo entre los diferentes tipos o condiciones de vegetación.

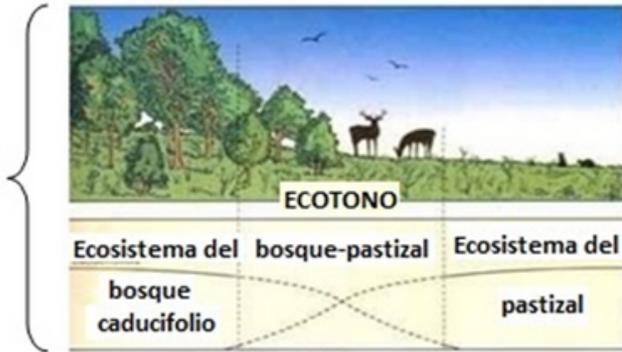
Para lograr la meta de “menos heterogéneo posible”, es preciso conocer en cierto detalle la vegetación a muestrear. Esto significa, por un lado, poder identificar la mayoría de las especies por caracteres vegetativos, y, por otro lado, significa haber recorrido en parte la vegetación para conocer algo sobre su estructura, dispersión y composición botánica.

Aquí vale tener en cuenta lo expresado por Quiroga *et. al.* (2020): “Los caminos internos constituyen áreas que facilitan el desplazamiento y acceso de los animales por lo que suelen mostrar patrones de vegetación poco representativos al resto del campo. Por lo que se sugiere comenzar los muestreos a distancias mayores de 50 metros de los caminos o alambrados de tránsito frecuente del ganado”.

Teniendo en cuenta todas estas observaciones, se procede a seleccionar el sitio más apropiado, al juicio del/la técnico/a, para realizar el muestreo.

Algunas reglas generales para reducir la heterogeneidad a niveles reales, son:

No muestrear cortando ecotonos



No muestrear a través de dos tipos de suelo



No cruzar senderos de ganado ni acercarse a alambrados o áreas de sacrificio



No muestrear en dos exposiciones distintas (zonas serranas)



No muestrear a través de grandes cambios en el % de pendiente ni en posiciones diferentes de pendiente (zonas serranas)



¿A qué nos referimos con esto? A que cada una de las situaciones debe tratarse por separado y no realizar un solo muestreo que incluya, por ejemplo, a la ladera este y la ladera oeste como si fuera una sola comunidad.

Además de esto, no hay que perder de vista que "si bien es cierto que en distintas áreas/zonas se repiten situaciones, que de cierta manera son similares en cuanto a los 'tipos de vegetación', es importante tener en cuenta que no existen dos espacios ocupados por comunidades vegetales exactamente iguales" (Agüero, Molina & Biurrun, 2020), dado que existen innumerables interacciones entre los factores bióticos, ambientales y antrópicos.

**Recordemos que la heterogeneidad es parte de la naturaleza,  
así que pretender reducirla a cero es impracticable**



Para cubrir grandes áreas y evitar obtener valores relativos debido a la gran varianza es necesario realizar varios muestreos separados (seguro lo vieron en estadística, ¿les suena?).

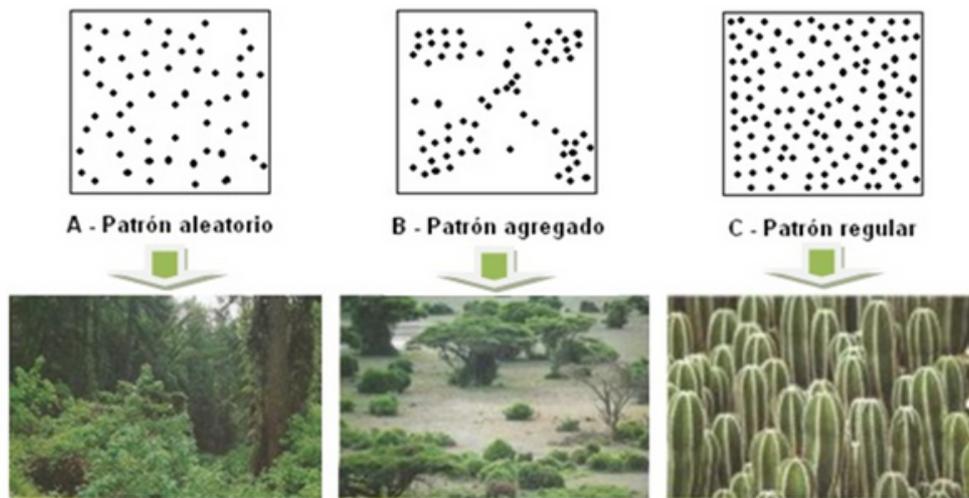
Luego, mediante los muestreos, se realizan estimaciones de los parámetros que queramos estudiar en la comunidad.

### **Patrón espacial de una especie**

El patrón espacial de una especie se refiere a la distribución en el espacio de los individuos pertenecientes a dicha especie. Sin embargo, como el término 'distribución' tiene un significado preciso en estadística - denota la forma en la que se reparten en las clases posibles los valores de una determinada variable -, es preferible, siguiendo a Pielou (en: Matteucci & Colma, 1982), utilizar el vocablo 'patrón' para designar la organización o el ordenamiento espacial de los individuos. Así, las variables tienen una distribución dada y las especies tienen un patrón determinado.

Las especies que conviven en una región o área nunca se distribuyen en poblaciones puras ni se mezclan por azar. En general, son grupos de especies que normalmente se encuentran asociadas con ciertos lugares. La combinación de las características de cada área (suelo, clima, manejo, etc.) determina la existencia de un reducido número de combinaciones de especies, en relación con las posibles, que se repite cada vez que se presenta la misma combinación ambiental.

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



En estudios muy detallados de comunidades, en zonas de poca extensión, puede ser importante reconocer el tipo de patrón y sus características para detectar la homogeneidad y decidir el diseño del muestreo. En los estudios de población, por su parte, la identificación de patrones ayuda a descubrir los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos.

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. Esto es comprensible si se tiene en cuenta que los factores que afectan la germinación y el establecimiento de los individuos, así como su supervivencia en la comunidad, son distintos de los que influyen en el desarrollo de cada individuo y, por ende, en su cobertura.

El tipo de patrón detectado depende también del tamaño de la unidad muestral en relación con el tamaño y la separación de los manchones. Entonces:



Si la unidad muestral es más pequeña que los manchones y que la distancia entre éstos, los resultados reflejarán un patrón aleatorio.



Si la unidad muestral es de tamaño aproximado al de los manchones, los resultados pondrán en evidencia el patrón agregado.



Si la unidad muestral es de tamaño mayor que el de los manchones y que la distancia promedio entre los mismos, los resultados reflejarán el patrón espacial de los manchones.



***Es difícil imaginar un hábitat completamente uniforme en todas sus características, e incluso si así fuera, las especies mismas interactúan y crean patrones. Por ello, no sorprende que empíricamente se encuentre que el patrón aleatorio es menos frecuente en la naturaleza que el agregado, siendo el patrón regular el menos frecuente.***

Las causas de la agregación pueden ser diversas: variación en las condiciones del hábitat, método de dispersión de las especies, modificación local del ecotopo (hábitat + nicho) por otros individuos de la misma o de otra especie. En las poblaciones que se reproducen vegetativamente, se tiende a la formación de patrones agregados. En las plantas que se reproducen por semillas, si la dispersión es a corta distancia, también puede darse un patrón en manchones de los individuos más jóvenes, aunque luego, debido a la eliminación por competencia intraespecífica, el patrón tiende a ser aleatorio o aún regular. A menudo, una población de una comunidad madura presenta un patrón agregado; sin embargo, si se clasifican los individuos en clases de edades, se advierte que sólo los más jóvenes se encuentran agregados, en tanto que los adultos forman patrones aleatorios o regulares.

La experiencia demuestra 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 colonización de una zona desnuda uniforme, el patrón es aleatorio en las primeras etapas, según la distribución de los propágulos. A medida que se 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 es nuevamente hacia un patrón aleatorio.



De manera muy simple, podemos decir que la **delimitación** consiste en la separación de áreas homogéneas que luego serán estudiadas. La **caracterización** de la vegetación no es otra cosa que la descripción de la misma mediante el uso de parámetros. Y, finalmente, cuando ya tenemos toda esa información, vamos a **denominarla**, es decir, vamos a ponerle un nombre que sea representativo de la comunidad. Para ello, lo aconsejable es utilizar nombres que nos permitan reconocer fácilmente de qué comunidad se trata.

Para llevar a cabo cada uno de los pasos mencionados, hay que tener en cuenta cierta información.

Desglosemos:

## **1. DELIMITACIÓN:**

### **Muestreo:**

En la mayoría de los estudios de la vegetación no es operativo enumerar y medir todos los individuos de la comunidad, principalmente debido al costo económico y el tiempo que llevaría hacerlo, por lo que hay que realizar muestreos de la misma y estimar el valor de los parámetros comunitarios.

En los estudios fitosociológicos se comparan comunidades, es decir, varias poblaciones estadísticas. De cada comunidad se toma una muestra, formada por un conjunto de unidades muestrales a partir de las cuales se obtienen las variables que serán objeto de comparación.

En todo muestreo hay que realizar una serie de pasos para poder adoptar decisiones referentes a la selección de alternativas posibles. Éstos son:

- a) seleccionar y delimitar la zona de estudio;
- b) determinar el tamaño de la muestra, es decir, el número de unidades muestrales;
- c) seleccionar el tipo de procedimiento de muestreo (según la distribución espacial de las especies);
- d) determinar la forma de la unidad muestral (técnicas de muestreo más utilizadas en ecología).

### **a) Selección y delimitación de la zona de estudio:**

Este primer paso es necesariamente subjetivo y depende del objetivo del estudio. Es imposible hacer una selección objetiva antes de haber tomado muestras y hecho mediciones. Los criterios para seleccionar y delimitar la zona varían desde los de índole administrativa (cuando hay que estudiar la vegetación de un país, una provincia o cualquier otro territorio con límites administrativos) hasta los de carácter ambiental (topográficos, climáticos, geográficos, etc.) o vegetacionales. Cualquiera que sea el criterio de selección, debe expresarse claramente, puesto que los resultados y conclusiones sólo serán aplicables a la zona delimitada. Es decir, si se requiere estudiar la vegetación de los valles intermontanos de una región, el muestreo se restringirá a esta situación topográfica, y los resultados y conclusiones no podrán extenderse a otras topografías, aun cuando la composición específica parezca similar.

En general, a la hora de planificar un muestreo, lo primero y más conveniente es tener un mapa base. Esto sirve principalmente para saber de antemano qué hay en la zona, cuál es la superficie a estudiar y, además, para separar áreas homogéneas que luego podrán ser muestreadas con un menor grado de error (es decir, no se cometerá el error de medir variables de 2 comunidades diferentes consideradas como una sola comunidad, o se podrá establecer si se trata de la misma comunidad pero que posee variaciones que pueden deberse a otros factores).



Entonces, es conveniente desarrollar una breve exploración de antecedentes preliminares del campo en gabinete y una posterior visita al sitio que se desea estudiar. La exploración preliminar permite al/la evaluador/a conocer de antemano lo que va a encontrar, separar zonas homogéneas, manejando información como planos, mapas, imágenes de satélite (incluso son muy útiles a estos efectos las disponibles en internet, a través de navegadores de simulación, como *Google Earth*). Todo lo que el evaluador investiga en esta etapa preliminar mejorará las chances de una visita corta, eficaz y lo menos intrusiva posible de las actividades regulares del establecimiento. Cuando un/a evaluador/a conoce bien la zona y es capaz de trasladar el polígono (contorno de la forma del campo) a una imagen lo suficientemente actualizada, es posible que se aproxime a la situación que va a encontrar antes de llegar al terreno. Durante la visita podrá constatar su información y realizar las evaluaciones complementarias (se amplía en el anexo 2).

## **b) Tamaño de la muestra:**

Cuanto mayor sea el número de unidades muestrales, más precisa será la estimación de la variable considerada. Sin embargo, dado el gran costo del muestreo (especialmente en tiempo y esfuerzo), es necesario llegar a un compromiso tal que el esfuerzo invertido sea equiparable a la cantidad y a la calidad de la información recuperada. Aquí es conveniente rever lo visto en estadística, ya que también se aplica en ecología: si se miden todos los individuos, se tiene la medición de toda la población; si se miden algunos, es la medida de una muestra. Esto es casi imposible en el campo, por lo que la muestra debe ser lo más representativa posible.

Para decidir el tamaño de la muestra se pueden aplicar varios criterios. En algunos estudios se ha utilizado la relación entre la superficie muestreada y la superficie total, escogiéndose como tamaño de muestra un porcentaje de la superficie total. Este criterio es totalmente subjetivo y la exactitud de las mediciones variará de acuerdo con el patrón espacial de la variable considerada.

En estudios que requieren mayor rigurosidad estadística, se exige determinado nivel de precisión de la media. Si los datos obtenidos se ajustan a una serie de Poisson, es posible predecir el número de unidades muestrales necesarias para lograr determinado nivel de precisión. Sin embargo, esta posibilidad rige sólo para la densidad (número de individuos por unidad de área) siempre que el patrón espacial de los mismos sea aleatorio, situación poco frecuente para una especie en una comunidad.

Un criterio más sencillo se basa en el grado de fluctuación de la media de subconjuntos de unidades de muestreo. Se calcula la media para subconjuntos de número creciente de unidades muestrales, acumulando, para cada subconjunto, los datos de los subconjuntos previos. Se grafica la media de la variable considerada de los subconjuntos en función del número de unidades muestrales en cada uno de ellos. Con pocas unidades muestrales, la media fluctúa ampliamente; a medida que aumenta el número de unidades muestrales, el valor de la media se estabiliza. Se puede elegir como tamaño de la muestra el número de unidades muestrales al cual el valor de la media ha minimizado la amplitud de oscilación. Sin embargo, esta decisión es subjetiva y da sólo una indicación aproximada del tamaño de muestra adecuado.

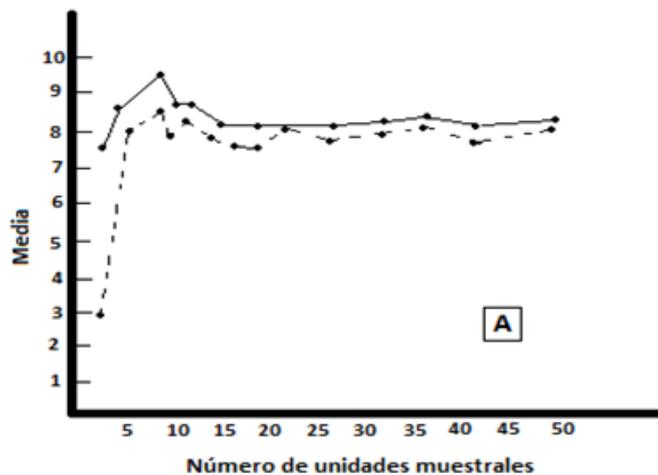


Gráfico de la media de la variable considerada en función del número de unidades muestrales. Estimaciones hechas para las poblaciones aleatoria (línea llena) y agregada (línea punteada). A = tamaño de la unidad muestral.

En una comunidad vegetal hay muchas categorías vegetales (especies, formas de vida, caracteres estructurales, etc.), y, con frecuencia, la abundancia relativa varía considerablemente, por lo tanto, el tamaño adecuado de muestra para obtener una oscilación mínima de la media será distinto para cada categoría. Las categorías comunes requieren menor número de unidades muestrales que las categorías más raras; en este último caso es aconsejable incrementar el número de unidades muestrales para evaluar la abundancia de las categorías más raras.

Las unidades muestrales deben satisfacer tres requisitos importantes: 1) deben distinguirse claramente; 2) las reglas de exclusión e inclusión del material vegetal a medir deben establecerse de antemano y ser respetadas durante la obtención de los datos, y 3) una vez seleccionados la forma y el tamaño, deben mantenerse tan uniformes como sea posible a lo largo del trabajo.

Si el patrón espacial de los individuos es aleatorio, puede usarse cualquier tamaño de unidad muestral sin que se altere la exactitud de la estimación. Su selección depende de consideraciones prácticas: si los individuos a contar son pequeños o muy abundantes, es preferible utilizar unidades pequeñas; si los individuos son grandes o muy espaciados, las unidades grandes resultan más adecuadas. No conviene utilizar unidades demasiado pequeñas porque se destacan los errores de borde, es decir, los errores debidos a la exclusión o inclusión de individuos que se encuentran en los bordes de la unidad muestral.

En la mayoría de las situaciones los individuos están agrupados, y, por eso, el tamaño de la unidad afecta la exactitud de la estimación. En relación con el patrón, ya hemos señalado el efecto del tamaño de la unidad muestral sobre la varianza relativa. Identificar el tipo de patrón y la escala del mismo es complicado, y no es práctico hacerlo cada vez que se realiza un estudio. En la mayoría de los casos basta seleccionar unidades muestrales lo más pequeñas posibles a base de consideraciones prácticas.

El método más flexible, y por ello el más usado para seleccionar el tamaño de la unidad muestral, consiste en determinar el área mínima de cada comunidad a muestrear. Aunque la determinación es subjetiva, resulta insuficientemente adecuada para los estudios de zonas extensas.

Es conveniente, y a veces necesario, adecuar el tamaño de la unidad muestral al de los individuos que se cuentan o miden. En la mayoría de los estudios en que se usan enfoques estadísticos, se seleccionan tamaños mayores para árboles, tamaños medianos para arbustos y árboles pequeños y tamaños pequeños para las herbáceas. En este caso, se elige algún modelo de disposición de las unidades que sea práctico. Por ejemplo, si el patrón de muestreo es aleatorio, en cada punto ubicado al azar se colocan las unidades muestrales en forma concéntrica.

En estudios en donde se estiman variables distintas también se pueden utilizar tamaños distintos adecuados a las características de cada una de ellas, en particular al tipo de distribución estadística.

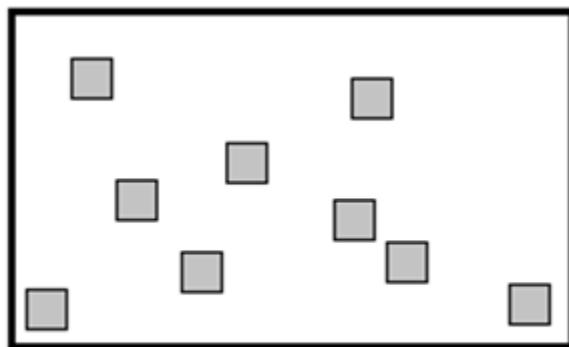
La muestra está formada por un número determinado de unidades de muestreo, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

-  Obtenerse sin sesgo;
-  Ser representativa de la población;
-  Ser de tamaño suficiente como para asegurarse que la variación de la población quede reflejada en la muestra

### **c) Tipos de procedimiento de muestreo (distribución espacial de las muestras):**

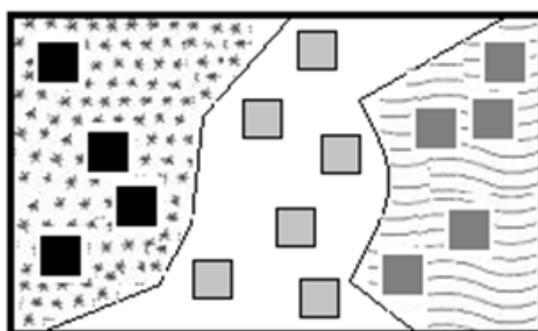
Otro elemento a tener en cuenta en el diseño de un experimento es la distribución espacial de las muestras. Existen distintos tipos de muestreo y cada uno de ellos será aplicable según las características de la especie en estudio. En términos generales, existen tres tipos de procedimientos de muestreo: **muestreo al azar simple, al azar estratificado y sistemático o regular.**

En el muestreo al azar, cada unidad de muestreo tiene igual oportunidad de ser seleccionada. Es apropiado en el caso de que el ambiente de muestreo sea homogéneo o no tengamos información que indique lo contrario. Hay varias posibilidades de hacer esa selección al azar. Por ejemplo, se puede usar una tabla de números aleatorios o utilizar una calculadora o computadora para generar números al azar, o hacer un sorteo después de haber numerado todos los individuos de la población.



Distribución al azar de unidades de muestreo

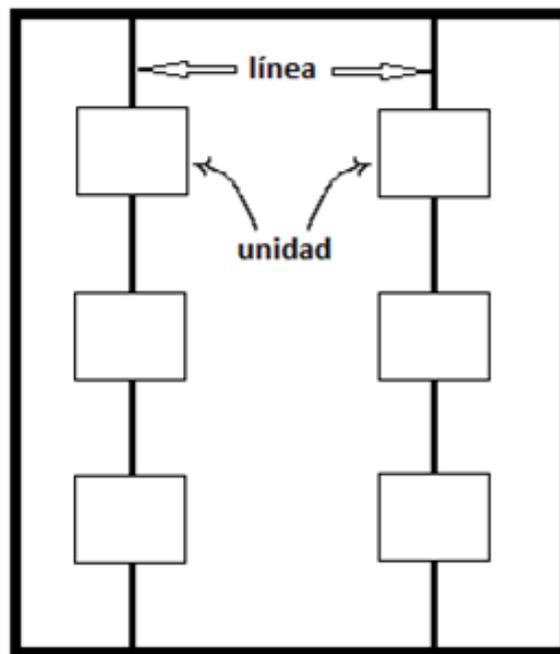
El muestreo al azar estratificado constituye un intento deliberado por disminuir el error y la variación al sacar provecho de las estratificaciones o subpoblaciones naturales. Es preferible usar este método cuando el ambiente a muestrear es heterogéneo y la probabilidad de encontrar individuos es diferente en las distintas partes del hábitat. Para aumentar la eficiencia del muestreo se suele subdividir el hábitat en estratos para que la muestra esté constituida por elementos de cada uno de ellos. Un estrato es una porción del terreno de características homogéneas (no confundir ese estrato con la estructura vertical de la vegetación, que es la distribución de las especies en capas en función de la altura: ejemplo, estrato arbóreo, arbustivo, muscinal, etc.). En cada estrato la ubicación de las unidades muestrales se elige al azar. Los sitios de pastizales constituyen estratificaciones naturales y, por lo tanto, éstas deberían delimitarse y muestrearse en conformidad con ellas. No obstante, si hubiera diferencias obvias en las poblaciones vegetales dentro de un sitio, como es el caso de una buena condición vegetal apartada del agua y una pobre cerca del agua, esto también debería especificarse. Dentro de cada zona estratificada, las unidades de muestreo se hacen al azar. Es altamente recomendable el uso de fotografías aéreas para la identificación de las estratificaciones.



Distribución aleatoriamente estratificada de las unidades de muestreo  
(Cada trama es un estrato diferente)

El muestreo al azar puro constituye la base de la teoría y análisis estadístico. Sin embargo, el muestreo al azar puro aplicado a los pastizales naturales es lento, costoso y difícil de aplicar (es difícil ubicar y reubicar las unidades de muestreo) y, en muchos casos, difícil de hacerlo con exactitud.

Por consiguiente, muchos especialistas en manejo de pastizales naturales se han volcado hacia el método de muestreo sistemático o regular. En este caso, las unidades de muestreo se distribuyen a intervalos regulares según un criterio preestablecido, y, generalmente, a partir de un punto elegido al azar. Este tipo de muestreo es el adecuado cuando la presencia de un elemento afecta a alguna propiedad de interés de los elementos más próximos. Por ejemplo, si en un quebrachal queremos tomar muestras foliares de 30 árboles distintos, la probabilidad de que dos árboles muy próximos procedan del mismo progenitor es muy elevada, por lo tanto, conviene aplicar un muestreo sistemático con una distancia mínima entre árboles para asegurarnos de medir individuos genéticamente distintos.



**Distribución sistemática ó regular**

En teoría, el muestreo sistemático no es sometido a análisis estadístico. En la práctica, sin embargo, esto se hace. Las investigaciones que requieren de una estimación precisa de los errores de muestreo deben aplicar el método de muestreo al azar.

Tal como en el caso del muestreo al azar estratificado, el muestreo sistemático estratificado también disminuye el error. Además, se puede introducir un elemento al azar en el muestreo sistemático mediante un método en el cual se determina anticipadamente la ubicación de las unidades de muestreo. Supongamos que las unidades de muestreo debieran estar en línea y a 100 metros de distancia. Si la primera unidad se ubica al azar, más o menos entre 0 y 10 ó 0 y 100 metros desde el borde de una zona, entonces, teóricamente, todas las unidades a lo largo de la línea tendrían igual posibilidad de ser seleccionadas.

#### **d) Técnicas de muestreo más utilizadas en ecología (forma de las unidades muestrales):**

Tradicionalmente se han utilizado cuadrados. No obstante, a veces, ha resultado que con unidades rectangulares o circulares se pueden obtener datos con varianzas menores que con unidades cuadradas. Sin embargo, esto se relaciona con el patrón de las especies y con la forma de los manchones. En cualquier caso, siempre es importante considerar el efecto de borde, siendo más conveniente seleccionar formas con menor relación perímetro/superficie.

Con rectángulos largos y delgados, o cuadrado muy pequeños, el error de borde es considerable. Las unidades rectangulares tienen una ventaja: es más fácil evaluar las variables caminando en línea recta, sin necesidad de desplazarse hacia los lados, e, incluso, es posible tomar las medidas desde afuera de la unidad, lo cual es importante cuando hay que mantener las condiciones intactas dentro de la unidad para efectuar mediciones posteriores.

Existen muchas y muy variadas técnicas de muestreo. Veamos algunas:

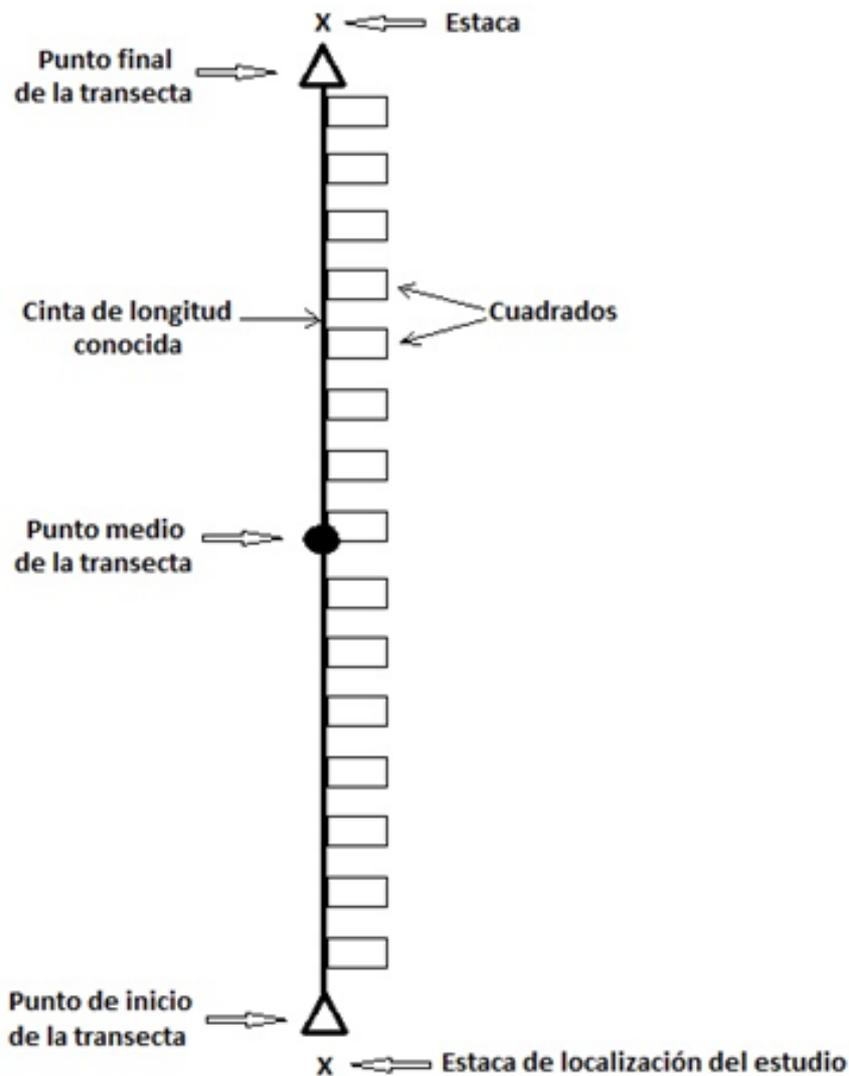
##### **d.1) Transectas en línea:**

La transecta, como unidad muestral, se utiliza para medir algunas variables, como cobertura, área basal o diámetro de la copa (se detallan más adelante). En este caso, la unidad muestral adopta la forma de una línea sobre la cual se miden longitudes de intercepción con el material vegetal.

Cuando se utiliza este tipo de unidad, se colocan muchas repeticiones paralelamente, partiendo de puntos ubicados al azar sobre una transecta base. De este modo, se obtiene una estimación de la media y la desviación estándar.

La precisión es mayor si se miden muchas transectas cortas que si se miden pocas largas, pero la unidad debe ser lo suficientemente larga para incluir las fases del patrón de las especies. La transecta, como unidad muestral, es un caso particular de unidad sin límites, que evita los problemas de selección de la forma y el tamaño de la unidad bidimensional.

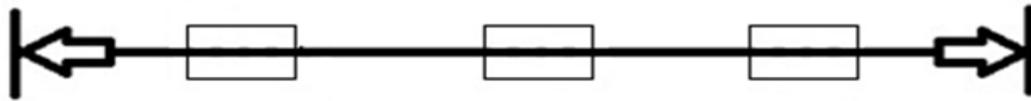
Para iniciar el muestreo, es necesario elegir un punto de partida al azar y luego un rumbo al azar para extender la transecta. Posteriormente, se aplica otra transecta paralela, separada no menos de 30 metros de la primera, sorteando (siempre al azar y mejor si se determina en gabinete a fin de evitar sesgos) si se coloca a la derecha o a la izquierda de la primera.



Luego, se elige otro punto de partida al azar; se sortea el rumbo para extender otra transecta; se sortea a qué lado se aplicará la transecta paralela, y así, sucesivamente, se aplican pares de transectas hasta alcanzar las "n" unidades de muestreo necesarias.

Existen varios métodos para realizar la caracterización cuantitativa de la composición de un pastizal. Entre los más usuales están el método de Canfield (1941) y el de Daubenmire (1959).

El **método de Canfield** consiste en realizar las observaciones y mediciones sobre una línea dispuesta al azar o sistemáticamente sobre el área de estudio. El número de transectas a usar por hectárea dependerá del grado de homogeneidad o heterogeneidad de la vegetación presente. Cuando mayor sea la diversidad florística y más complejo el patrón de distribución de los individuos de cada especie sobre el terreno, mayor número de transectas por hectárea deberán censarse. En pastizales naturales del bosque chaqueño, con 3 estratos de vegetación (herbáceo, arbustivo y arbóreo), deben medirse entre 10 y 20 transectas/ha, dependiendo de la longitud de las mismas, así como de la densidad y estructura de la vegetación. En pastizales fundamentalmente herbáceos, las transectas serán de 10 metros. En pastizales con arbustos y árboles son aconsejables transectas de 30 a 50 metros.

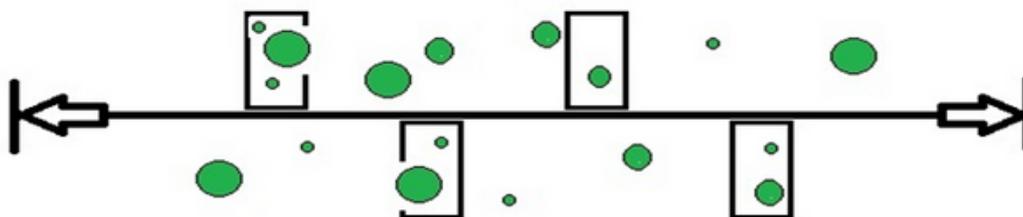


**Transecta tipo Canfield**



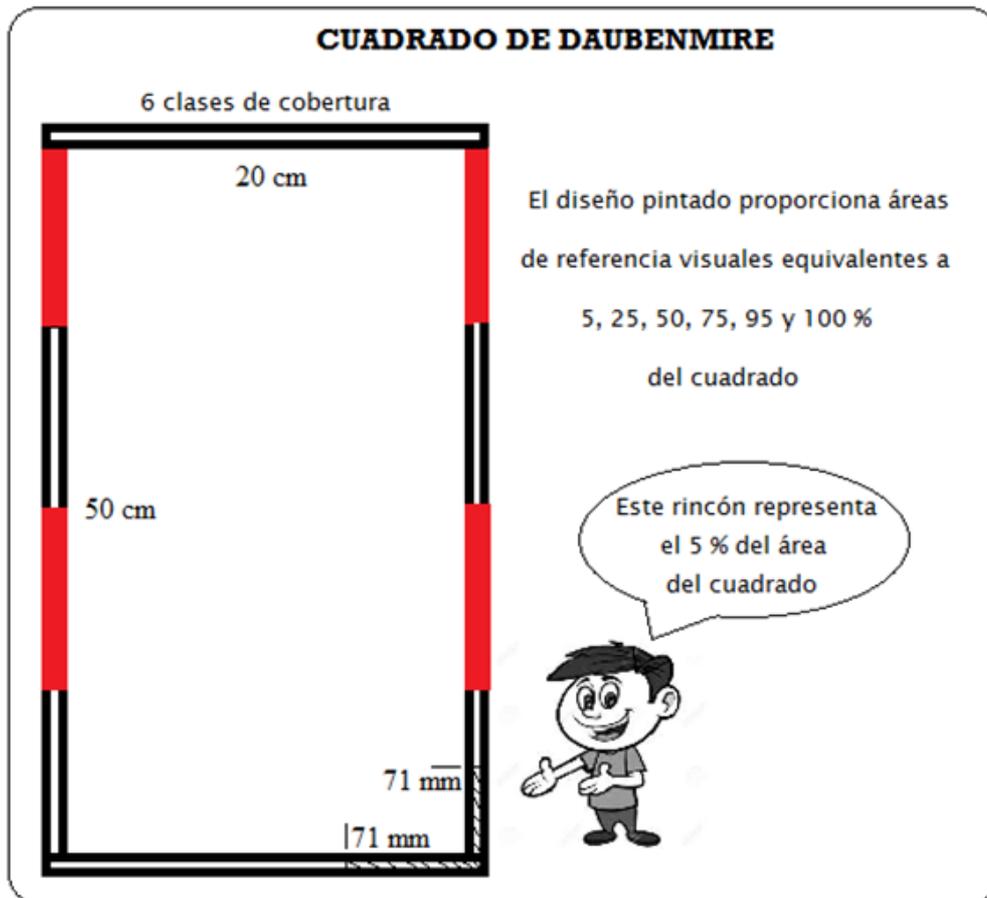
La medición se basa en medir, sobre la línea o transecta, la longitud que ocupa el área foliar o la proyección de la copa (para el caso de leñosas), de cada una de las especies forrajeras evaluadas. También se puede determinar la superficie de suelo desnudo, mantillo, plantas tóxicas, malezas, especies sin valor forrajero, etc., dependiendo del objetivo del estudio. La información obtenida permite conocer aspectos como la "densidad relativa", "dominancia o cobertura específica", "dominancia relativa", "frecuencia", "frecuencia relativa", "cobertura total" e "índice de diversidad específica", mediante el uso de ecuaciones.

Por su parte, el **método de Daubenmire** persigue los mismos objetivos que el antes citado (Canfield), sólo que, para la medición, emplea un cuadrante de hierro de 20 x 50 cm, marcado en sus bordes con pintura blanca y roja cada 10 cm, a fin de facilitar el cálculo. Éste se sitúa sobre el terreno, al azar o sistemáticamente, un número variable de veces/ha según el tipo de vegetación a evaluar. En general, se utiliza sobre pastizales herbáceos y es aconsejable no menos de 50 mediciones/ha.



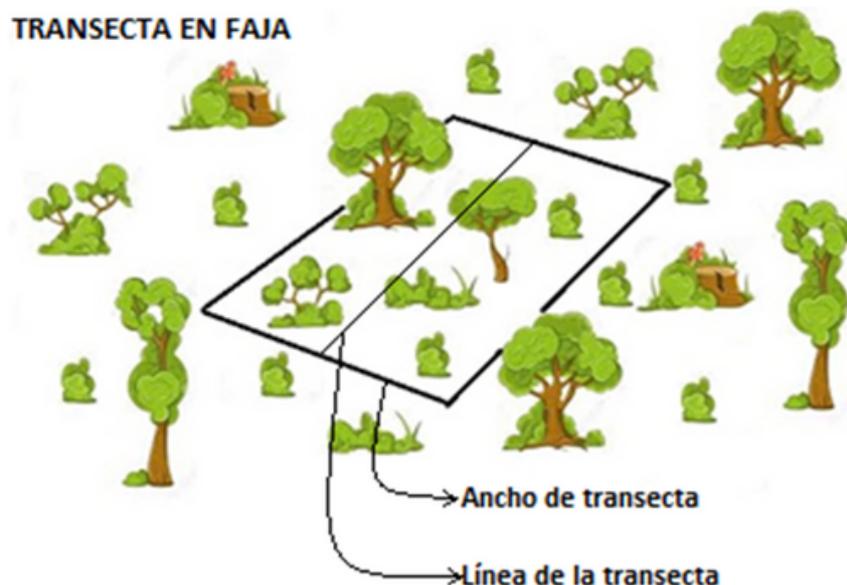
**Transecta tipo Daubenmire modificado**





### d.2) Transectas en faja:

En el caso de muestreos en campos con vegetación leñosa (arbustos y/o árboles), deben emplearse transectas en faja. Éstas consisten en delimitar una superficie a muestrear, usando como eje directriz a una transecta cuya longitud, conocida, dependerá de los objetivos del estudio, las características de la vegetación, la precisión estadística buscada, entre otros. A partir de este eje directriz, se establece una determinada magnitud (en metros) a ambos lados del mismo, quedando así definido el ancho de la parcela. Se asume que son contados todos los individuos dentro de la faja.



Las transectas en faja son muy empleadas cuando queremos medir parámetros como la densidad y cobertura de leñosas, fundamentalmente en ecosistemas con abundancia de éstas, como en los casos de la región chaqueña o del monte.

La cuantificación de algunos parámetros que permitan la caracterización de la composición florística de cada región surgirá de la aplicación de todas las metodologías de evaluación y censo de pastizales previamente explicitados.

## **2. CARACTERIZACIÓN:**

Ya tenemos delimitada el área de estudio. Ahora, mediante el empleo de muestreos, vamos a estimar los parámetros para describir la vegetación de una comunidad.

En muchos estudios, las comunidades vegetales se describen y comparan atendiendo a la presencia o ausencia de determinadas categorías. Son numerosas las clasificaciones, numéricas o informales, en las que el único criterio de segregación o agregación de comunidades en clases es la presencia o ausencia de determinadas especies. Sin embargo, especialmente a nivel local, dichas comunidades suelen diferenciarse muy poco en cuanto a su composición específica, pero bastante en cuanto a la cantidad relativa de cada componente. En este caso, es necesario estimar las variables de los atributos para someterlas al análisis, ya sea numérico o informal.

Según cuál sea el objetivo de evaluar las comunidades vegetales, pueden emplearse variables o atributos cualitativos o cuantitativos. Los primeros suelen utilizarse con fines descriptivos u observacionales, sin la realización de mediciones cuantitativas y, por ende, sin inferencia estadística. Los segundos demandan mayores tiempos y costos operativos, pero nos brindan un mayor nivel de detalle e información.

Las variables describen el comportamiento, el rendimiento, la abundancia o la dominancia de las categorías vegetales en la comunidad. Ellas pueden ser continuas, como el rendimiento, la biomasa, el área basal y la cobertura medida en función del espacio bidimensional ocupado; o discretas, como la densidad, la frecuencia o la cobertura determinada a partir de unidades puntuales. Algunas variables son combinaciones de las anteriores.

En la evaluación influye mucho la tendencia a subestimar las categorías menos notables y a sobreestimar las muy visibles. El patrón espacial y el estado fenológico también influyen, ya que las especies o formas que tienden a agruparse son más notables, como así mismo las plantas en floración. Otros factores que intervienen son el estado de ánimo del investigador y el cansancio o el desconocimiento de las especies, que pueden conducir a subestimación. Asimismo, la familiaridad con determinados atributos puede provocar la sobreestimación.

Si la medición o evaluación es sesgada, la estimación no mejora con el incremento del tamaño de la muestra, por ello, es necesario verificar periódicamente las evaluaciones contra patrones medidos. Con el mismo propósito, se recomienda coordinar adecuadamente el trabajo de los distintos participantes, de modo que en cada muestra participen todos en vez de asignar distintas muestras a distintos investigadores.

En algunos estudios es necesario utilizar técnicas de evaluación subjetiva por razones de orden práctico (simplicidad, poco tiempo disponible, recursos económicos precarios, escasa tecnología de apoyo). En estudios de primera aproximación en zonas extensas y desconocidas, la evaluación subjetiva es la única alternativa viable.

En estudios de detalle, en escala grande, se prefiere el conteo o la medición de las variables, sobre todo cuando es necesario hacer comparaciones entre comunidades de distintas zonas o entre distintas épocas del año o etapas sucesionales. Aún en estos casos, sigue siendo válida la preferencia por un mayor tamaño de la muestra que por mayor precisión en la medición.

Antes de definir las variables y sus propiedades más importantes, así como describir los métodos corrientes de evaluación subjetiva y de medición de las mismas, es necesario definir qué son los **atributos de la vegetación**. Los mismos son las distintas categorías de plantas que constituyen la vegetación, diferenciándose y caracterizándose las comunidades por la presencia de determinadas categorías, la ausencia de otras y por la cantidad o abundancia relativa de cada una de ellas, siendo las variables las estimaciones del promedio o de la media de las expresiones de abundancia de los mismos.

A continuación, se detallan las variables y los métodos corrientes de medición:

La **ABUNDANCIA** se refiere al número de individuos de una población en un lugar dado. En general, se expresa en términos simples como 'especie abundante' o 'especie rara'. La 'abundancia relativa' es la comparación entre el número de individuos de distintas poblaciones específicas. Si la abundancia se cuantifica en función de un área o superficie determinada, se denomina "**DENSIDAD**" (D), y su fórmula sería:

$$D = \frac{N}{A}$$

Donde: (N) es el número de individuos de una misma especie por unidad o área (A)

Ejemplo: en 50 muestras de 1 m<sup>2</sup> cada una, se contabilizó un total de 200 individuos de *Setaria leucopila*. Entonces, utilizando la fórmula anterior, la densidad sería:

$$D = \frac{200 \text{ plantas}}{50 \text{ m}^2} = 4 \text{ plantas/m}^2$$

A fin de estimar la densidad, será necesario valernos de una superficie bidimensional conocida, como lo es la transecta en faja (no puede usarse la transecta en línea, ya que tiene una sola dimensión), cuyo tamaño dependerá de las especies que se desee estimar. Para el caso de especies de gran tamaño, como las arbóreas, es común utilizar una transecta de 20 x 50 metros. En el caso de las herbáceas, suele emplearse el 'cuadrado de Daubenmire', de 20 x 50 centímetros.

Por lo general, el tamaño de la muestra es de 1 m<sup>2</sup> para pastizales abiertos y de 4 m<sup>2</sup> cuando se trata de arbustos. Unidades menores pueden ser usadas en vegetación muy densa, como una pradera natural o vegetación tropical. Estas unidades menores pueden ser de 1/2, 1/4, 1/10 de metro cuadrado. En el caso de bosques, la densidad se mide en número de árboles por hectárea, o submúltiplo de hectárea. Aquí, para estudiar la densidad de un bosque, se demarca una faja y se cuenta la cantidad de individuos que hay en esa superficie conocida. Luego se 'lleva' a hectárea y se estima la cantidad de individuos que puedan llegar a estar presentes en esa hectárea. Cuando mido estrato herbáceo en una transecta, cuento, por ejemplo: altamisa, 1 (anoto); tal especie, 3 (anoto). Luego me voy a otro metro (2da repetición) y repito el procedimiento.

**IMPORTANTE, SÓLO SE CUENTA LO QUE ENRAIZA ADENTRO DEL CUADRADO.** Se cuenta en todos los cuadrados y se promedia, luego eso se lleva a valor de hectárea.

$$\text{Densidad relativa: } \frac{\text{N}^\circ \text{ total de individuos de la sp. A}}{\text{N}^\circ \text{ total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

Es importante señalar que la densidad está dada por el número de individuos de la especie dentro de cada unidad muestral (ya sea mediante el cuadrado o la faja) y se contabilizan sólo aquellos que tienen el total o parte de su área basal o de implantación dentro del cuadrante. Si el centro de la corona o el tronco está fuera del marco o de la faja, el individuo no se cuenta.

Como la densidad es una medida de abundancia, se puede utilizar un sistema de clasificación con escala numérica para estimarla, como ser:

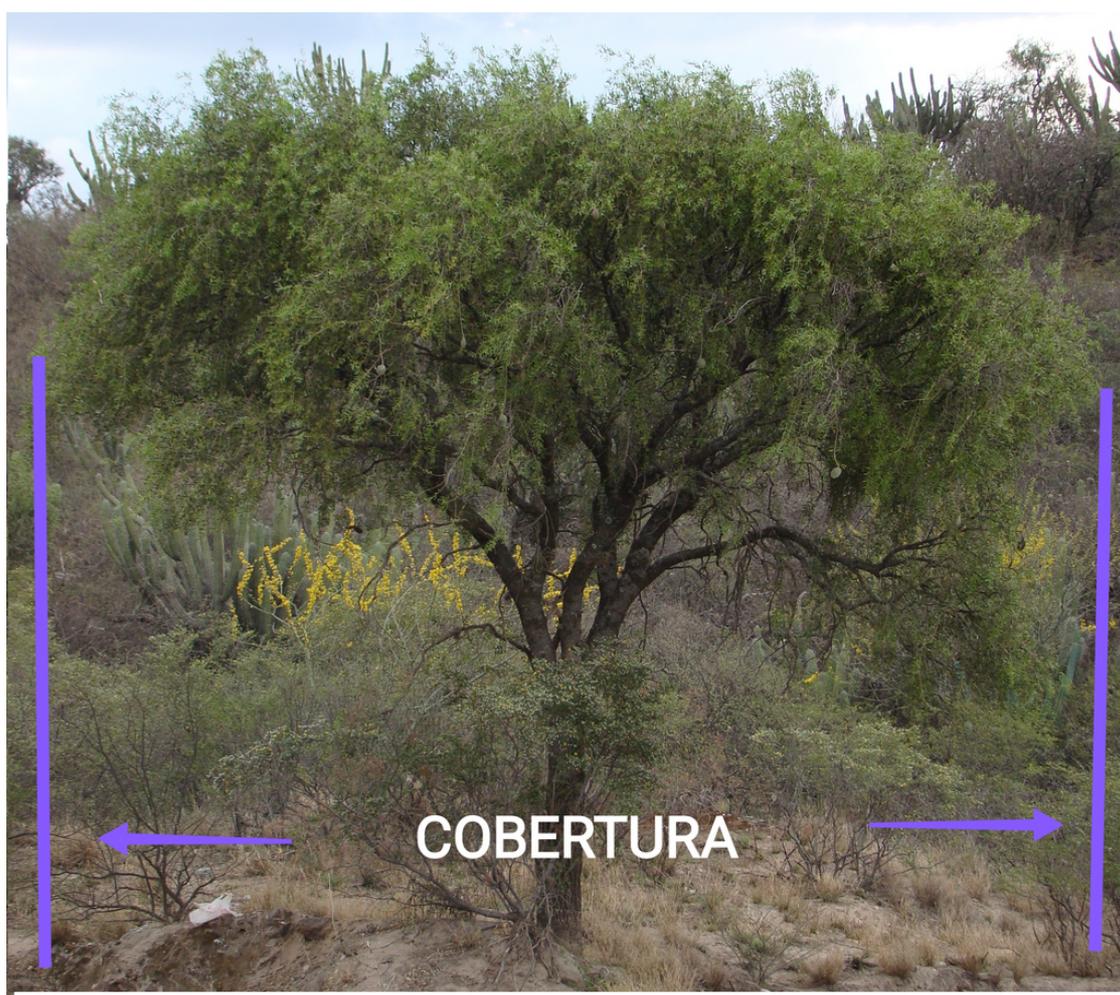
1	Escasa
2	Ocasional
3	Poco frecuente
4	Frecuente
5	Abundante

Este parámetro se utiliza, por ejemplo, para contrastar la densidad de invasoras en distintas condiciones del pastizal; para medir los efectos de la quemazón en algunas especies; para determinar el grado de uso en el pastizal registrando densidad de plantas total de una especie versus densidad de plantas comidas de esa especie; para detectar el establecimiento de nuevas plántulas, entre otros usos.

Cabe aclarar que la densidad no indica nada sobre el tamaño de la planta.

En el caso de las pasturas, a medida que aumenta la edad de las mismas, en muchas especies se pierde la posibilidad de identificar las plantas. En gramíneas, por ejemplo, se cuenta solamente la cantidad de macollos por unidad de superficie.

La **COBERTURA** se expresa como el porcentaje de suelo cubierto por cada una de las especies presentes en un determinado ecosistema o sitio y se refiere a la sumatoria de los  $\text{cm}^2$  o  $\text{m}^2$  de proyección foliar de cada uno de los individuos de la especie dentro de un área determinada. Entonces, la cobertura de una especie (u otra categoría vegetal) es la proyección vertical del follaje o copa. Es una expresión de la masa de vegetación que proyecta al suelo o a los estratos vegetales inferiores y se expresa como porcentaje de la superficie total.



La imagen muestra la proyección vertical de la copa del ejemplar de quebracho blanco sobre el suelo (cobertura)

Para tener una idea numérica comparativa del parámetro cobertura, su valor se puede estratificar en una escala numérica y de magnitudes como la siguiente:

	En relación a la superficie del suelo
1	Cobertura menor que 5 %
2	Cobertura entre 5 y 25 %
3	Cobertura entre 25 y 50 %
4	Cobertura entre 50 y 75 %
5	Cobertura entre 75 y 100 %

**Cuando se mide la cobertura en un muestreo y se dice, por ejemplo, 'que es del 25 %', eso significa que el 25 % del suelo está cubierto por una especie determinada. El 75 % restante está representado por la cobertura de otras especies y/o por suelo desnudo.**

Una forma de expresar la cobertura, cuando la queremos medir, es utilizando el método de la transecta en línea de Canfield, que dice que la proyección vertical de la copa de la vegetación sobre la línea es proporcional a la superficie cubierta por esa especie. Vayamos a un ejemplo concreto: el largo total de la línea corresponde al 100 % de cobertura; entonces, si tengo cubierta vegetal que cubre el 100 % de la proyección vertical, quiere decir que tengo el 100 % de cobertura. Ahora, si en una línea de 10 metros de largo (ese sería mi 100 %) sólo hay 3 metros cubiertos, decimos que tenemos el 30 % de cobertura vegetal.

En otras palabras, el método de la transecta en línea de Canfield estima la cobertura vegetal como el porcentaje del total de la longitud de la línea cubierto por una determinada especie o estrato.

Si se desea saber cuál es el porcentaje de cobertura por estrato, se considera uno de ellos, por ejemplo, el herbáceo, y se mide en toda la longitud de la cinta cuánto está cubierto por estrato herbáceo. El procedimiento es igual para los estratos arbustivo o arbóreo.

Si la línea es larga, se va midiendo 'desde dónde hasta dónde' está cubierto por tal especie o estrato y se va sumando para saber cuánto es el total de cobertura de cada uno de ellos. También puede decirse, por ejemplo: hay un 60 % de cobertura herbácea, de los cuáles el 10 % corresponde a la especie *Alternanthera pungens*. En este último caso no sólo estimamos la cobertura de un estrato, sino que también agregamos más datos, los cuales pueden ser útiles a la hora de planificar el manejo del sitio bajo estudio.

Veamos ahora un ejemplo práctico de medición de cobertura arbórea de *Neltuma chilensis* (ex *Prosopis chilensis*): nos ubicamos en donde inicia la línea (cinta métrica) y miramos hacia arriba; si hay proyección de la copa hacia la cinta, nos dirigimos hacia el otro extremo de la cinta, hasta el punto final donde se proyecta la copa de dicho algarrobo. Si toda la línea está cubierta por *N. chilensis*, la cobertura, tanto arbórea como de esta especie, es del 100 %.

Cuando queremos saber la cobertura por especie, pero hay partes donde se superponen copas, se detalla 'de cuánto a cuánto' va cada especie (no sumando porque el valor superaría el 100 %). Recuerden que todo va a depender de qué se quiere lograr en el estudio. Si es la cobertura del estrato arbóreo, no importa qué especies estén, sino solo la cobertura. Si se quiere saber de tal especie (por ejemplo, de Buffel Grass, para ver cuánto va invadiendo un espacio) se estima solo de ella.

En el caso del método de Daubenmire, la cobertura se mide por el porcentaje del rectángulo que cubre cada especie censada, imaginando una línea que une los ápices de las hojas y proyectando esa imagen al suelo. Una planta, para presentar cobertura, no requiere tener su área de implantación dentro del cuadrante. El valor de cobertura se estima a través de un índice, a saber:

Clases de cobertura	Rango de cobertura	Promedio
1	0 - 5 %	2.5 %
2	5,1 - 25 %	15.0 %
3	25,1 - 50 %	37.5 %
4	50,1 - 75 %	62.5 %
5	75,1 - 95 %	85.0 %
6	95,1 - 100 %	97.5 %

Para determinar el grado de cobertura de una especie, cuyos índices en 5 cuadrantes muestreados son: 1, 2, 3, 4 y 5, se suman los promedios de cada índice (total: 180) y se divide por el número total de muestras realizadas (por ej.: 5 muestras). Esto da un valor de 36 % de cobertura de la especie, en relación al total del área evaluada.

$$\text{Dominancia o Cobertura específica: } \frac{\text{Longitud total ocupada por la sp. A}}{\text{Longitud de la transecta}} \times 100$$

$$\text{Dominancia relativa: } \frac{\text{Longitud total ocupada por la sp. A}}{\text{Longitud total ocupada por todas las sp.}} \times 100$$

Cobertura total: Sumatoria de las coberturas específicas (si NO existe superposición de estratos)

$$\text{Cobertura Total: } \frac{\text{Long. total de la transecta} - \text{Long. total del suelo desnudo}}{\text{Longitud total de la transecta}} \times 100$$

Valor de importancia (especie A): Densidad relativa (sp. A) + Dominancia relativa (sp. A) + Frecuencia relativa (sp. A)

Este parámetro, acompañado de otros tales como la estructura y dimensiones de la planta, densidad de macollos o ramificaciones, textura del tejido foliar, grado de accesibilidad para el animal, etc., es una medida directa de la disponibilidad de un forraje por unidad de área.

Desde el punto de vista ecológico, la estimación de la cobertura es de gran importancia, por ejemplo, para calcular la pérdida de suelo; para estimar el nivel de protección contra la erosión de las márgenes de los cursos de agua; en ganadería, no sólo para estimar la disponibilidad forrajera, sino también como espacio donde podrían resguardarse los animales en los horarios de mucho sol o ante una eventual caída de granizo. Aquí vale agregar que se puede medir el porcentaje de mantillo (palitos, hojarasca, etc.) ya que su presencia juega un papel muy importante a la hora de proteger el suelo de los factores erosivos, principalmente del impacto de las gotas de lluvia. Conocer el grado de protección del suelo permite estimar la vulnerabilidad a la erosión hídrica o eólica.

En el caso de las pasturas, inversamente a la altura, el grado de cobertura es más importante en las especies rastreras que en las erectas.

Para que una especie sea **dominante** (ver más adelante), entre sus características están la de tener una alta frecuencia, una alta cobertura y un número relativamente alto de individuos.

Es la mejor expresión de dominancia de las especies. Permite analizar aspectos de competencia entre las mismas, siendo valioso en la comparación de tipos de vegetación.

A continuación, veremos otra forma de estimar la cobertura:



La técnica de estimar la cobertura a partir de unidades muestrales puntuales, **transecta de pasos** o **puntos de intercepción**, consiste en registrar la presencia o la ausencia de una especie en cada uno de un conjunto de puntos ubicados al azar. La técnica se basa en el hecho de que en cada unidad puntual existen sólo dos alternativas: que la especie esté presente o que esté ausente. Por lo tanto, la proporción de puntos en los que la especie está presente ( $m_i$ ), derivados de un número infinito de unidades muestrales posibles, equivale a la cobertura de dicha especie ( $x_i$ ):

$$x_i = \frac{m_i}{MT} \times 100$$

donde MT es el número total de puntos o "toques" que la vegetación realiza en la cinta o varilla.

En la práctica, las unidades muestrales puntuales se obtienen mediante distintos artificios. En el caso de la vegetación baja, se emplean agujas delgadas que se hacen descender verticalmente hacia la vegetación, registrando las especies tocadas con el extremo de aquellas. También, puede emplearse un dispositivo en el cual la intersección de dos líneas origina un punto. Se observa a través de un visor y se registra la especie sobre la cual se proyecta verticalmente el punto. Este dispositivo óptico es empleado para estimar la cobertura de la vegetación baja o del dosel, siendo apto para muestrear vegetación graminoide y arbustiva. En muchos casos, sólo se utiliza para documentar la estructura de la vegetación, determinando la cobertura de cada una de las formas de vida en los diferentes estratos (clases de altura). Este método utiliza una varilla delgada con escala graduada; ésta se coloca en forma vertical para registrar aquellas plantas que se interceptan en las diferentes alturas. Luego se anota la forma de vida (hierba, graminoide, subarbusto, arbusto, árbol, trepadora, epífita, etc.) de cada planta. Generalmente, los puntos se establecen cada uno o dos metros, dependiendo de la intensidad de muestreo.

Este método es rápido y preciso para determinar la composición florística (hierbas, gramíneas, subarbustos, arbustos, árboles, trepadoras, epífitas, etc., es decir, formas de vida, si es que no se conocen las especies), frecuencia y cobertura de la vegetación. También nos permite observar si hay suelo desnudo o suelo cubierto con material vegetal muerto (mantillo).

Si bien la longitud de la transecta en línea y la distancia a la que se interceptarán los puntos es variable, "el método establece que entre 300 - 500 puntos de observación son suficientes para captar la variabilidad de una determinada área homogénea. Esta cantidad de observaciones requeridas (300 - 500) se pueden cumplimentar en más de una transecta (ej.: 2, 3, 4, etc.)" (Agüero, Molina & Biurrun, 2020).

También puede estimarse la cobertura a partir de puntos ubicados sistemáticamente. Para ello puede utilizarse en vegetación herbácea baja una red de hilo o marcos de agujas colocados sistemáticamente. Esta técnica ha sido utilizada para detectar tipo y escala de patrón de las especies.

La **ALTURA** es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie. Uno de sus usos es la obtención de información sobre el grado de protección del suelo (frente a los factores erosivos, agua, viento). Un ejemplo de esto puede ser la planificación de una cortina rompevientos, donde, de acuerdo a la altura de los árboles que integren la cortina, se puede saber cuál va a ser la cobertura que proporcionará. Para que haya erosión eólica debe haber contacto directo del viento sobre el suelo. Con la implementación de un sistema de cortinas rompevientos se protege un área 10 veces mayor a la altura del árbol (si el árbol tiene 10 metros de altura, el viento va a chocar contra la línea de árboles, se va a elevar y va a bajar recién a los 100 metros). Estas cortinas rompevientos suelen ser muy utilizadas para proteger cultivos, por ejemplo, pero también sirve hacer un buen cortinado para planificar barrios, lo que bajaría la cantidad de polvo en suspensión, y, en consecuencia, podrían disminuir los problemas respiratorios y de alergias en la población. Aprovechando el tema del cortinado, vale recordar que las especies nativas tienen la ventaja de estar adaptadas al lugar, entonces, si el árbol co-evolucionó con el viento, al menos estará adaptado a él, además que habrá mayor posibilidad de éxito de plantación y se requerirá de menos cantidad de agua para su mantenimiento, razón por la cual es importante tenerlas en cuenta.

Bien, la altura puede emplearse también, junto a otros parámetros, en el estudio de una cuenca. En ella, mediante la medición del tapiz vegetal, puede saberse cuánta agua puede escurrir y cuánta no, información muy útil para introducir en los modelos de simulación hidrológicos cuando se monitorean las crecientes (puede estimarse el tiempo que demora el agua en llegar hasta un poblado, por ejemplo, y dar tiempo a realizar un plan de evacuación). También, en un conjunto de individuos de una misma especie (población), es posible promediar la altura de los mismos. Este dato puede servir para describir y separar ambientes similares. Por ejemplo, si tengo dos poblaciones de *Neltuma chilensis*, puedo diferenciarlas a ambas por su altura promedio: 'esta zona tiene algarrobos de 8 metros de altura promedio, en tanto que esta otra tiene individuos de 12 metros de altura promedio'.

## HIPSÓMETRO SUUNTO

Dispone de 2 escalas de medición de alturas (desde 15 y 20 metros)  
y puede llevar una 3ª escala para medir pendientes en % clinómetro



Para acelerar el tiempo de medición y evitar que éste sea un impedimento, se han inventado muchos instrumentos (regla telescópica, el hipsómetro, el nivel de Abney o clisímetro, y el clinómetro, entre otros). Hoy en día es posible medir la altura a partir de una distancia fija del árbol y, de esta manera, se pueden facilitar los cálculos. Existen clinómetros que pueden efectuar mediciones a distancias fijas de 15 y 20 m, aunque también se pueden hacer con diferentes distancias.

El cálculo de la altura se basa en el uso de la trigonometría para determinar el cateto opuesto. El cateto opuesto es igual al cateto adyacente dividido entre la tangente del ángulo de la hipotenusa. En el caso de medición de árboles, el cateto adyacente sería la distancia que existe desde la altura de la cabeza del observador (P) hasta el punto de medición; el ángulo ( $\alpha$ ) se obtiene con el clinómetro. Para obtener la altura total del árbol se debe agregar la altura (P) de la persona que realiza la medición. Las fórmulas para medir la altura (h) de árboles con distancias conocidas son las siguientes:

$h = 15 \text{ m} \times \text{Tan } \alpha + P$	$h = 20 \text{ m} \times \text{Tan } \alpha + P$
<b>Donde:</b>	
h = altura total	
Tan $\alpha$ = tangente de un ángulo	
P = altura de la persona que realiza la medición	

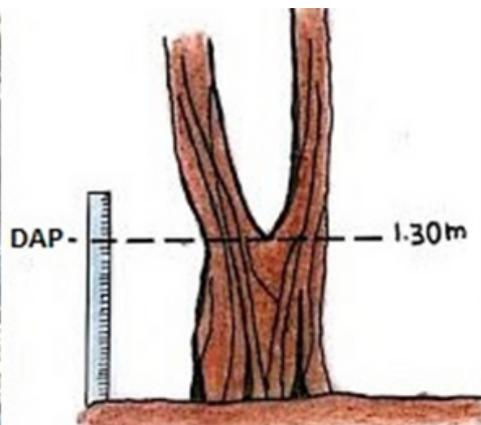
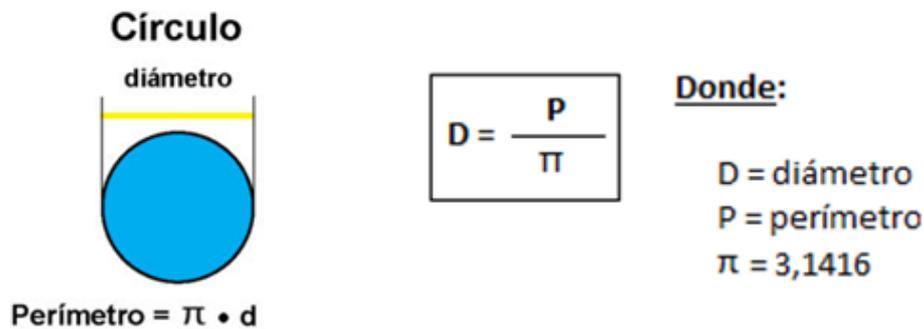
En el caso de especies forrajeras, la medición de altura tiene mayor importancia relativa en especies erectas que en rastreras. A medida que aumenta la altura, es mayor la probabilidad de sobreestimar la disponibilidad, ya que los estratos de mayor peso en las forrajeras perennes son los inferiores. Por lo tanto, se debe hacer una cantidad relativamente grande de repeticiones, ya que hay variaciones importantes, en especial en parcelas bajo pastoreo.

Se puede medir la altura de las plantas tal como están o estirando las hojas y tallos. Cualquiera de las dos formas es válida mientras siempre se mantenga el mismo criterio. Por lo general, se utiliza el primer sistema, pero la decisión puede depender del hábito de crecimiento de la pastura a evaluar.

Cabe señalar que cada individuo tiene una altura, que es una propiedad del individuo. El conjunto de individuos de la misma especie podría tener una altura promedio (promediar la altura de todos los algarrobos de una población). También podría promediar la altura de todas las plantas de la comunidad. La descripción también nos ayuda a precisar la descripción de cada ambiente, algo que también nos ayuda a caracterizar y separa ambientes. Por ejemplo, tengo 2 poblaciones de algarrobo, pero una es de 8 metros de altura promedio y la otra de 12 metros (para diferenciar ambientes). Es una herramienta que sirve para describir de manera numérica.

El **DIÁMETRO** del tronco de un árbol es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal y dasonomía. El diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Romahn de la Vega *et al.*, 1994. En: Bolfor *et al.*, 2000). Esta medida sirve, a su vez, para medir el área basal y el volumen del tronco de los árboles. También, mediante el diámetro, es posible medir el crecimiento de las plantas, haciendo medidas repetidas cada determinado tiempo. En producciones madereras, este parámetro es de suma importancia ya que permite conocer el volumen (m<sup>3</sup>) de madera disponible. Para ello se mide el diámetro del árbol, así como la altura del fuste o tronco. En caso de tener una población, sabiendo el número de individuos que se posee (abundancia), entre todas las mediciones realizadas, se promedia cada uno de los parámetros y se hace el cálculo correspondiente para obtener el volumen de madera de un lote de árboles. El dato que se obtiene puede referirse a una unidad de superficie, por ejemplo: hay 80 m<sup>3</sup> de madera de algarrobo por hectárea.

A fin de estandarizar la metodología, el diámetro de los árboles se mide a una altura de 1,3 m de la superficie del suelo (DAP = diámetro a la altura del pecho) utilizando una cinta diamétrica o dendrométrica. También, es posible medir el diámetro con una forcípula o con una cinta métrica. La forcípula mide el diámetro directamente, mientras que la cinta métrica mide el perímetro, a partir del cual se puede calcular el diámetro. Cuando se mide el perímetro (con una cinta métrica común), el cálculo para transformar a diámetro, es el siguiente:

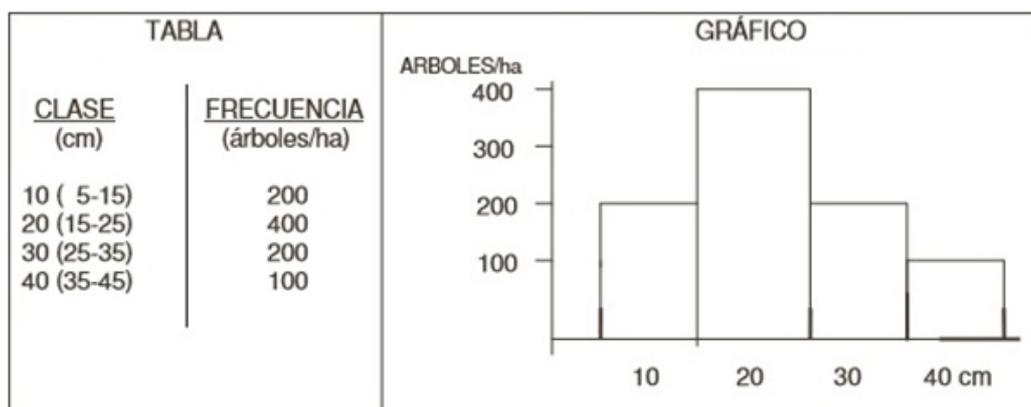


Es usual hacer medidas repetidas del diámetro a través del tiempo, especialmente cuando se tienen instaladas parcelas permanentes de medición. En estos casos, es muy importante marcar exactamente el lugar donde se midió y se debe realizar con pintura al aceite de buena calidad. También, es mejor hacer mediciones repetidas en la misma época de cada año, ya que los árboles tienen incrementos distintos según la época.

Al realizar las mediciones podemos encontrarnos con diferentes situaciones, por ejemplo, que el tronco esté bifurcado a 1,3 metros de altura. En ese caso se procede a tomar la medida del diámetro del tronco 1 y del tronco 2 y se promedia. A veces esos troncos tienen diámetros muy distintos, entonces lo que se suele hacer es medir el más largo, por un lado, el más corto por el otro, y promediar. Cuando sólo se quiere tener una idea general, basta medir con el metro de carpintero. Si se quiere o necesita mayor precisión, siempre es mejor utilizar la cinta dendrométrica.

Acá es necesario señalar que, en general, se consideran 'renovales' a todos los individuos arbóreos que tengan menos de 10 centímetros de diámetro, algo que será de utilidad a la hora de realizar los estudios poblacionales, ya sea para ir monitoreando la evolución de las mismas con fines ecológicos o para la planificación productiva.

Lo habitual es agrupar los datos de diámetro normal medidos en 'intervalos de clase' o 'clases diamétricas', expresada como el número promedio de árboles por hectárea, por clase. Esto puede hacerse para todas las especies del bosque o para cada especie en particular. Las clases y sus frecuencias se pueden indicar en forma tabular o en forma gráfica (barras o histogramas), tal como se señala en el siguiente ejemplo:



Las clases de diámetro se pueden definir antes o después de recogerse los datos. Aunque no hay reglas fijas, es prudente tener en cuenta los siguientes recaudos:

Se asume como diámetro de cada clase el valor correspondiente al punto medio del intervalo.

Los sucesivos puntos medios deben ser equidistantes, para permitir que las frecuencias por clase sean comparables.

Una vez definidas las clases, debemos tratar a todos los valores de cada clase como si fueran exactamente iguales al valor de su punto medio

Si definimos puntos medios de las clases bajo las condiciones apuntadas, el rango de cada clase será la diferencia entre dos puntos medios sucesivos y sus límites serán  $\pm$  la mitad de ese intervalo.

Usualmente, los intervalos de las clases son de 5 o 10 centímetros. Debe tenerse presente que clases más estrechas se pueden luego reunir para formar clases más amplias, pero no puede hacerse a la inversa.



### CLASES DIAMÉTRICAS



Existen distintas alternativas para determinar la estructura del bosque. La siguiente es una manera de ordenar esas alternativas:



1 - Se mide el diámetro de todos los árboles involucrados, y



a) se registra el diámetro de cada árbol; o

b) se lo registra como frecuencia en la clase correspondiente



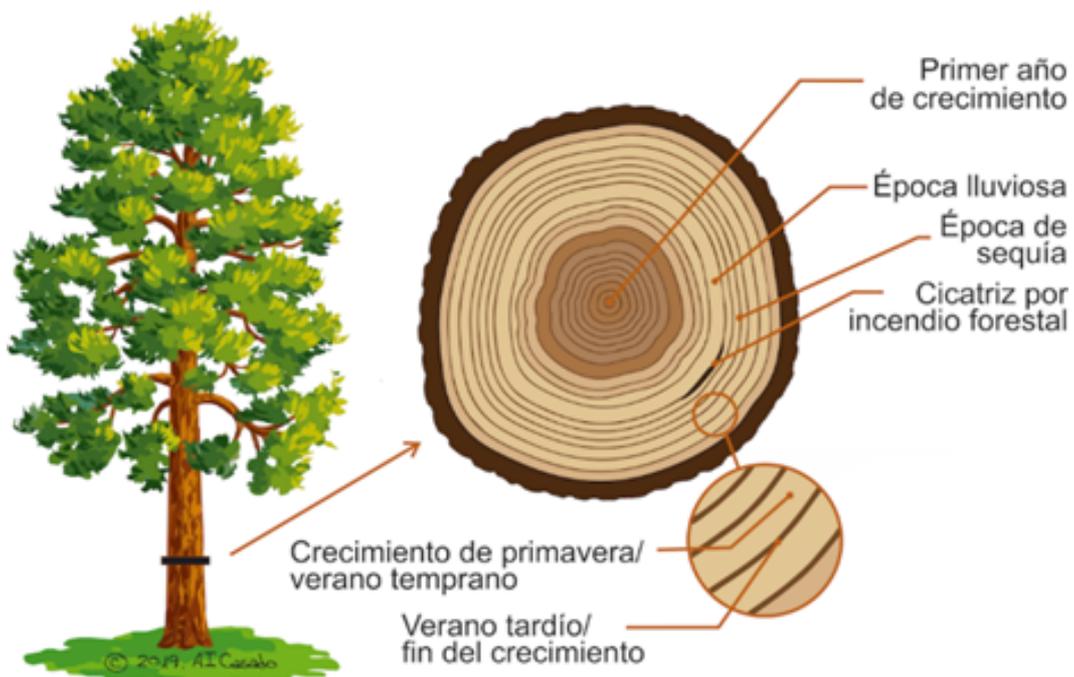
2 - Se mide el diámetro en una fracción de los árboles involucrados para obtener una estimación de la frecuencia por clase, y



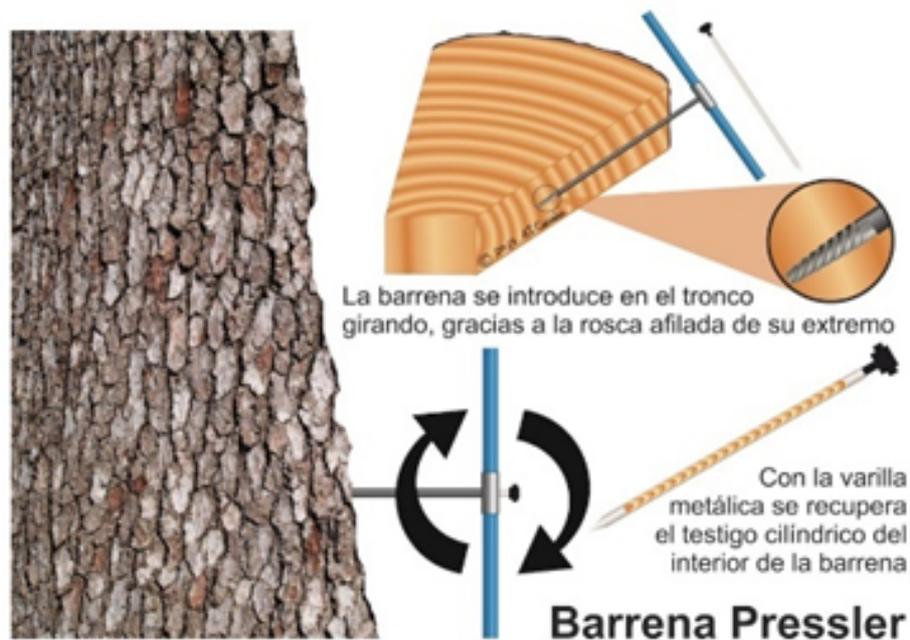
a) se cuenta el N° total de árboles en la masa; de ambos valores se obtiene una estimación del N° total de árboles por clase

b) se estima el total de árboles mediante parcelas de muestreo; de ambos valores se obtiene una estimación del N° total de árboles por clases

¿Qué otra información me daría el diámetro? Conocer la edad del ejemplar arbóreo, campo de acción de la Dendrocronología. Para ello, una de las formas es cortando una rodaja del árbol. Cada especie tiene anillos de crecimiento que crecen, más o menos, de manera estándar según la especie, lo cual también va a estar influenciado por los factores climáticos (pueden encontrarse anillos más anchos relacionados a años más lluviosos). El ancho del anillo, en promedio, es una característica típica de una especie en un determinado lugar. Asimismo, en cada anillo pueden diferenciarse dos zonas: una ancha y de color claro, que corresponde al crecimiento de primavera/verano, que es la época de crecimiento (mayores precipitaciones, temperaturas favorables y mayor disponibilidad de nutrientes); y una zona más oscura y angosta, que se relaciona con el final de la época de crecimiento.



También es posible calcular la edad de los árboles mediante la utilización de un taladro o barreno Pressler, con el cual se evita la corta del árbol. Por medio de la punta afilada de un extremo del barreno, se perfora el tronco, girándolo manualmente. A medida que el barreno va penetrando en el tronco, se va generando una muestra cilíndrica que queda adentro del barreno. Así, pueden extraerse muestras de 0,5 cm de diámetro y de entre 15-20 cm de largo. (ver: <https://geolodiaavila.com/2019/12/17/dendrocronologia-contando-anillos/>)



Como puede verse en la imagen, en cada muestra puede observarse el grosor de los anillos. Para finalizar, es conveniente tapar el orificio abierto en el tronco creando un tapón de cera, a fin de evitar que ingresen patógenos que puedan comprometer la salud de árbol.

La dendrocronología permite investigar numerosos campos de la ciencia, ya que constituye un registro del tiempo y de los acontecimientos pasados mediante análisis de los anillos de crecimiento. Se emplea para estudios ecológicos (para estudiar procesos como la sucesión ecológica), geomorfológicos (los anillos pueden mostrar perturbaciones producidas por terremotos, erupciones volcánicas, aludes, avance y retroceso de glaciares, etc.), climatológicos y paleoclimatológicos (puede reconstruirse el clima del pasado), arqueológicos (permiten datar construcciones y objetos de madera), entre otros (Gutiérrez Merino, 2008).

Otra utilidad de la medición de este parámetro es calcular cuánto dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) puede fijar una especie vegetal, el cual puede venderse como servicio ecosistémico.

La evaluación del carbono fijado en la biomasa de las diferentes especies boscosas sirve para conocer cuánto contribuyen a mitigar los efectos del calentamiento global y plantear posibles estrategias de manejo para incrementar dicha captura.

A continuación, podrán observar un ejemplo de medición de fijación de  $\text{CO}_2$  de *Aspidosperma quebracho blanco*, realizada por Barrionuevo *et al.* (2013) en un bosque nativo del Chaco semiárido de la provincia de Santiago del Estero:

El diseño experimental contó con 40 parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup> de superficie, distribuidas en forma sistemática a lo largo de 10 fajas (4 parcelas/faja), separadas entre sí por 50 m y entre fajas por 100 m.

Para calcular el CO<sub>2</sub> en la biomasa aérea se empleó la relación de volúmenes y de peso específico de la madera de la especie. Para calcular la biomasa (materia seca) arbórea es necesario conocer el volumen de cada uno de los individuos inventariados (como vimos anteriormente, necesitamos la altura y el DAP de cada individuo). Para estimar la cantidad de carbono contenido en la biomasa, se empleó la fórmula:  $C = A_t * B_l * R_c$ , donde  $A_t$  es el Área total del estudio;  $B_l$  es la Biomasa promedio estimada y  $R_c$  es el contenido de Carbono en el peso estimado en un 50 %.

Los datos recolectados sobre un total de 25 hectáreas en un área representativa del Chaco semiárido para *Aspidosperma quebracho blanco* fue:

Carbono total de la muestra: 193.117 Ton

Carbono total por hectárea: 7.724 Ton

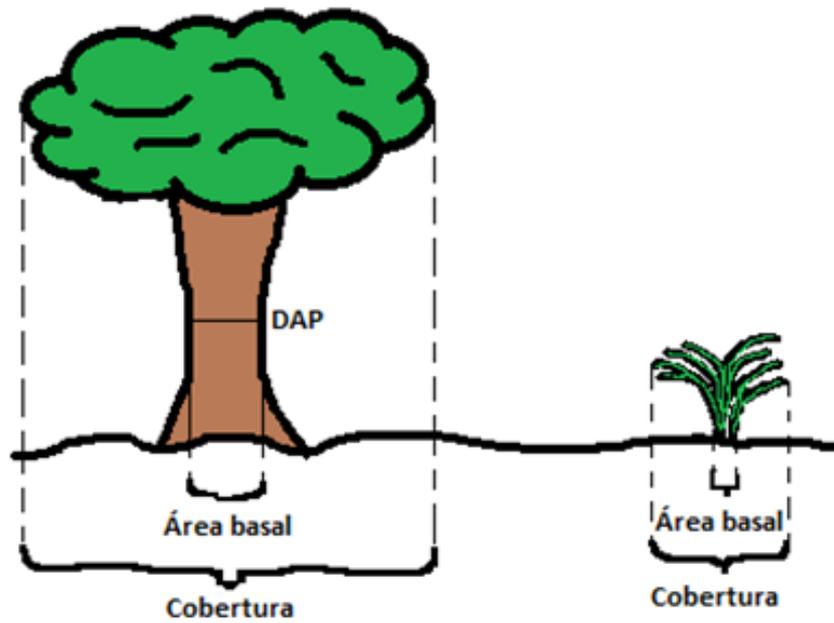
Carbono fijado por hectárea: 1.018 Ton

**Para entender exactamente cómo se realizaron los cálculos, es necesario buscar el trabajo y leer más bibliografía específica. El objetivo de presentar dicho ejemplo es para que se vea qué parámetros se requiere calcular para arribar al dato de cálculo de CO<sub>2</sub>**

El **ÁREA o COBERTURA BASAL** es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo. Se expresa en metros de material vegetal por unidad de superficie de terreno. En los árboles, la medición se hace a la altura del pecho (ver en DIÁMETRO). En las plantas herbáceas o en los arbustos ramificados desde abajo la medición se hace a la altura del suelo. Es difícil aplicar a plantas tipo roseta.

En la figura de más abajo se aprecia la diferencia entre esta variable y la cobertura (parte aérea). Básicamente, esta medida expresa el espacio real ocupado por el vástago o tronco, a diferencia de la cobertura, que expresa la extensión de las partes aéreas. La estimación del área basal se usa con mucha frecuencia en estudios forestales ya que, junto con la densidad de árboles y la altura del fuste, dan un estimado del rendimiento de la madera. En pastizales es útil para medir los efectos de largo alcance del clima, condiciones del suelo y pastoreo de las especies, no siendo útil para medir efectos debido a estación del año, utilización corriente, sobrepastoreo estacional, sequía de corto alcance, entre otras.

La estimación del área basal puede realizarse a partir de la medición del diámetro o del perímetro, recurriendo al muestreo aleatorio con unidades muestrales puntuales, o midiendo longitudes de intersección en una transecta lineal. Esta última técnica es rápida y da resultados adecuados; se pueden obtener la media y la desviación estándar a partir de mediciones hechas en una serie de transectas ubicadas al azar.



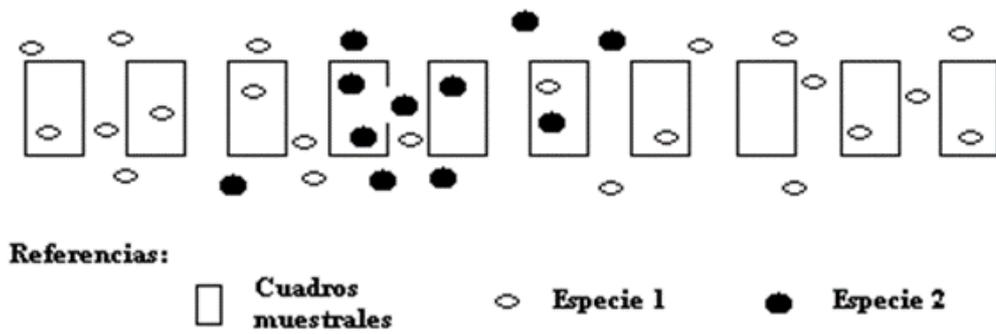
**Diferencia entre área basal y cobertura**

La **FRECUENCIA** indica la cantidad de veces que una especie aparece o es censada sobre el total de veces en que se hace el recuento. En otras palabras, es la presencia o ausencia de una especie en la unidad de muestreo. Vale aclarar que no importa cuántas veces aparezca la especie en una unidad muestral (cuadrados o fajas, según la especie o estrato que se esté estudiando), sino que lo importante es que esté presente en ella. Estimar la frecuencia nos permite tener una idea más clara de la forma en la que se distribuyen las especies en una superficie dada, es decir, cuál es su patrón de distribución (al azar, agrupada, en manchones, regular). Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece ( $m_i$ ) en relación con el número total de unidades muestrales ( $M$ ):

$$F_i = \frac{m_i}{M} \times 100$$

Es decir, si en una zona se disponen 120 unidades muestrales al azar y el atributo aparece en todas, su frecuencia es de 100 %, si aparece en 40 su frecuencia es 33 %, y si aparece en 60 su frecuencia es 50 %.

Ejemplo gráfico:



(Anderson, 1980)

Frecuencia de la especie 1 →  $7 \times 100 / 10 = 70 \%$   
 Frecuencia de la especie 2 →  $3 \times 100 / 10 = 30 \%$

En este ejemplo podemos observar que la especie 1 tiene una alta frecuencia, por lo que podemos decir que tiene una distribución homogénea en el lugar de estudio. La especie 2, por el contrario, tiene baja frecuencia, por lo que quizás pueda deberse a que se encuentra distribuida de manera agrupada o agregada (por ejemplo, varias plantas alrededor de una planta madre) o que se trate de una especie que se encuentra en una cierta área debido a la presencia de mayor humedad.

**En el caso de la especie 2 se tienen en cuenta los elementos que aparecen en las muestras (aparece en 3 cuadrados), no la cantidad de individuos (hay 4 elementos en total)**

**La frecuencia está dada por las veces que cada especie aparece sobre el total de lecturas o muestreos realizados.**

Como se indicó, la frecuencia sirve para medir el grado de uniformidad de distribución de las especies a través del área muestreada, pudiendo ser derivada indirectamente a partir de otros datos que se toman, como la densidad y cobertura. En consecuencia, si una especie tiene una alta frecuencia, podría decirse que se encuentra bien distribuida en el área muestreada.

La frecuencia puede estimarse a partir de la presencia de las partes aéreas de la planta en la unidad muestral, o a partir del enraizamiento de la planta en la misma; los valores obtenidos para un mismo atributo en la misma muestra son distintos en cada caso. La primera se llama 'frecuencia de vástago', y la segunda, que es la que normalmente se utiliza, 'frecuencia de enraizamiento'. La frecuencia de vástago depende del tamaño de las partes aéreas; hay que tener en cuenta este hecho al comparar frecuencias de especies de distinto porte.

Es muy útil para destacar diferencias entre: tratamientos de ensayos; el efecto de diferentes tipos de suelo; la composición de diferentes tipos de vegetación; el efecto de diferentes sistemas de manejo; entre dos épocas del año en una misma comunidad, etc.

Para poder comparar la medida de la frecuencia puede realizarse un agrupamiento en clases, por ejemplo, en 5 clases numéricas. Esta escala numérica puede ser también expresada en rangos de porcentaje entre 1 y 100. Sería:

Frecuencia	Clase
1 a 20 %	1
21 a 40 %	2
41 a 60 %	3
61 a 80 %	4
81 a 100 %	5

Para el ejemplo anterior supongamos que la especie 1, con una frecuencia del 70 %, corresponde a la clase 4. Se dirá, entonces, que dicha especie tiene una frecuencia de 4 en el pastizal muestreado. Este dato nos permitiría comparar con otro pastizal B, por ejemplo, en donde la frecuencia de esta especie 1 sea de 25 %, que sería clase 2, y diríamos que esta especie es más frecuente en A que en B.

$$\text{Frecuencia: } \frac{\text{N}^\circ \text{ de intervalos o transectas en que aparece la sp. A}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervalos o transectas}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia relativa: } \frac{\text{Frecuencia de la sp. A}}{\text{Total de frecuencias de todas las sp.}} \times 100$$

**Recordemos: para que una especie sea dominante, entre sus características están la de tener una alta frecuencia, una alta cobertura y un número relativamente alto de individuos.**

La **BIOMASA** o **PESO SECO** es la masa de todo el material vivo por unidad de área. Se estima de la misma manera que la densidad, excepto que en vez de contar individuos por especie (u otra categoría vegetal) se computa el peso seco de los individuos de la especie considerada. Asimismo, a diferencia de la densidad, el peso seco es una variable continua y su distribución es normal, siempre que el intervalo de valores observados sea grande.

En un ecosistema boscoso, por ejemplo, es inviable medir toda la biomasa existente (parte aérea + la zona radicular), por lo que suele medirse solamente la biomasa aérea. A su vez, dentro de esa biomasa aérea, va a medirse la parte que sea de interés de estudio: por ejemplo, si vamos a hacer ganadería, vamos a medir la biomasa que los animales consumen; si estamos dentro del área de dasonomía, vamos a estudiar el volumen de madera del tronco.

A partir de los valores de la biomasa, es posible calcular el rendimiento y la productividad. En pastizales se le suele llamar forrajimasa, siendo una de las características de mayor importancia en ellos por ser la mejor medida para describir el crecimiento. También puede utilizarse para indicar condición y tendencia. En las regiones áridas y semiáridas, se expresa en materia seca acumulada por año.



### **Se detalla el método de cosecha o del cuadrado de corte:**

Se usan cuadros o unidades de muestreo (cuadrados, rectángulos o círculos) de superficie conocida, aplicados según la técnica de muestreo estadístico elegida.

También se requiere el uso de tijeras para cortar; bolsas de papel; lápiz o algún elemento para identificar cada muestra en las bolsas.

Para evaluar la forrajimasa anual, al final de la época de crecimiento de la vegetación, tenemos que cosechar todo lo acumulado durante la última estación de crecimiento. Si en la unidad de manejo van a pastar animales, es necesario cercar un área o parcela de 1 a ½ hectárea para excluir los animales.

Si la parcela de exclusión elegida es representativa del pastizal de la unidad de manejo, con una parcela es suficiente, pero si como ocurre normalmente el pastizal es bastante heterogéneo, debemos fijar más parcelas, por lo menos una para cada clase de condición o estado.

Dentro de cada parcela elegimos la ubicación de los cuadros (unidades de muestreo) según el método de muestreo elegido; luego cortamos las plantas al ras del suelo (si por las características de las especies se hiciera necesario cortar a más altura - es común hacerlo a 5 cm del suelo teniendo en cuenta que los animales no suelen comer desde tan abajo-, debe explicitarse, y respetarse el criterio definido a lo largo de todo el proceso de toma de datos), cosechando el material de manera separada según las diferentes categorías vegetales. Lo cosechado en cada cuadro se embolsa individualmente en bolsas de papel previamente rotuladas.

La metodología de cosecha indica que no se cortan partes de plantas, sino que se cosechan las plantas enteras, cuyo centro del área basal caiga dentro del cuadro.



A las "N" bolsas con el material cortado, se las lleva a estufa (100 - 105 °C) con circulación de aire forzado (preferiblemente), hasta alcanzar peso constante. La finalidad de quitarle humedad al material colectado es quitarle la distorsión del valor del mismo, ya que no todas las muestras tendrán la misma cantidad de agua en su interior. Finalmente, se pesan individualmente. A los valores obtenidos hay que restarle el peso de la bolsa.

Se obtiene así el peso seco de cada muestra; se promedian las mismas y se obtiene el peso seco por categoría. Ésta se "lleva" a la unidad de área deseada, que, en general, suele expresarse en kilogramos de materia seca por hectárea y por año (kg MS/ha/año).

**Vale aclarar que, a la hora de tomar las muestras y realizar las estimaciones de peso por unidad de superficie, puede discriminarse por especie colectada o realizarse la estimación sin separar las mismas, sino tomando en cuenta a la forrajimasa en general.**



## Se detalla un método de la cosecha o cuadrado de corte adaptado denominado método del 'prisma':

Este método es una adaptación del método anterior, el cual “fue propuesto por Ricarte y Biurrun (2011), para incluir, además de las especies herbáceas, a las especies leñosas” (Quiroga, Ricarte, Namur (h), Díaz & Guzmán, 2020). Este método adaptado busca principalmente tener en cuenta el importante rol que juegan las especies leñosas (árboles y arbustos) en los ambientes chaqueños, sobre todo para el ganado caprino (Karlin, 2013). Entre las características más sobresalientes se encuentran la independencia de las mismas de la ocurrencia de lluvias anuales; el hecho de permanecer verdes casi todo el año; el aporte tanto de sombra y hojarasca como de frutos de muy buena calidad forrajera (Ricarte, 2013); la gran resistencia a sequía, brotación anticipada al período de lluvias, accesibilidad al ramoneo, mantenimiento del área foliar verde durante más tiempo (incluso muchas durante el invierno) (Karlin, 2013). Estos aportes tienen un agregado de valor al cubrir épocas donde los pastos escasean. En consecuencia, la creación de este método se motivó en la necesidad de estimar el aporte de forraje anual a mayor altura (follaje y frutos), debido al ramoneo que realizan los caprinos en posición bipedal. Dichos alimentos son importantes mayormente en primavera debido al aporte de brotes tiernos y hojas de alta calidad nutricional, principalmente proteico (Karlin, 2013).

A tal fin, se realiza la estimación de la biomasa a ras del suelo, incluida la hojarasca, así como todo material que esté incluido dentro del marco proyectado verticalmente hacia arriba, a una altura de 1,7 metros (como un prisma). “Para facilitar la visualización del volumen del prisma a muestrear se usa una varilla metálica de 1,7 m que se coloca en posición vertical en un ángulo del marco de muestreo colocado en el piso” (Quiroga, Ricarte, Namur (h), Díaz & Guzmán, 2020).



**Cortes de herbáceas que enraízan en cada marco.  
Corte de brotes del año de leñosas que proyectan cobertura al volumen de cada prisma.**

Para realizar estudios de vegetación en la región chaqueña, debido a las características de la misma, puede resultar muy práctico el uso de un rectángulo de 3 lados. Con respecto al tamaño del marco, hay que tener en cuenta que, a menor superficie del marco, mayor será el error de borde. A su vez, un marco muy grande resultará difícil de trasladar en estos ambientes chaqueños, por lo que una superficie de 0,5 m<sup>2</sup> (1 m x 0,5 m) puede ser razonable (Quiroga, Ricarte, Namur (h), Díaz & Guzmán, 2020).

Como se indicó, de la base del rectángulo metálico de medio metro cuadrado (1 x 0,5 m) se proyectan unos jalones verticales que permiten determinar la altura. ¿A qué se debe la altura de 1,7 metros? considera la altura que alcanzan los animales para ramonear.

A fin de determinar adónde se colocará el prisma, se procede de igual manera que en los métodos anteriores, trazando transectas en línea al azar (mejor determinar los sitios en gabinete, a fin de ser objetivos) y colocando el prisma, siguiendo las transectas, a una distancia regular (por ejemplo, cada 10 metros).

Se cosecha el material que se encuentra dentro del prisma, tanto en el suelo como las hojas o frutos que se encuentren dentro de los límites internos del prisma. Allí se hace una distinción de la hojarasca y los brotes del año, los cuales difieren en el color y consistencia. Una vez recogido el material, en su respectiva bolsa y con la descripción correspondiente a cada muestra, se lleva a estufa y se procede de igual manera como vimos anteriormente. Vale aclarar que la separación de diferentes tipos de materiales colectados en cada muestra es posible realizarlos a campo o luego del proceso de secado en laboratorio.

Finalmente, con los datos obtenidos, se realiza el cálculo de la productividad forrajera y de la capacidad de carga. En el caso de los caprinos, se considera un índice de cosecha de 0,5, a fin de permitir evitar el sobreramoneo.



Sea cual sea el método empleado, hay que tener cuidado a la hora de realizar las conversiones de unidades (para llevar a Kg MS/ha): Generalmente se hace  $\frac{1}{4}$  de metro cuadrado. Entonces, primero se multiplica por 4, para llevar a 1 metro cuadrado. Luego se multiplica por 10.000, para llevarlo a hectárea. Finalmente, hay que dividirlo en mil para pasar de gramos a kilos. De ahí sale la cantidad de material expresada en Kg MS/ha. Ese valor corresponde a la disponibilidad forrajera, es decir a la cantidad de pasto disponible. ¿Cómo se usa ese valor? ¿para qué sirve saber cuánto pasto se tiene? Para saber a cuántos alimentos se puede alimentar. ¿Qué pasaría si tengo la cantidad justa de ganado para la cantidad de pastura? Sería lo ideal. Si tengo más pasto que animales, éstos elijen qué comer (y van quedando las especies más indeseadas). Si por el contrario hay menos alimento, el animal sufre, lo cual atenta contra del bienestar animal.



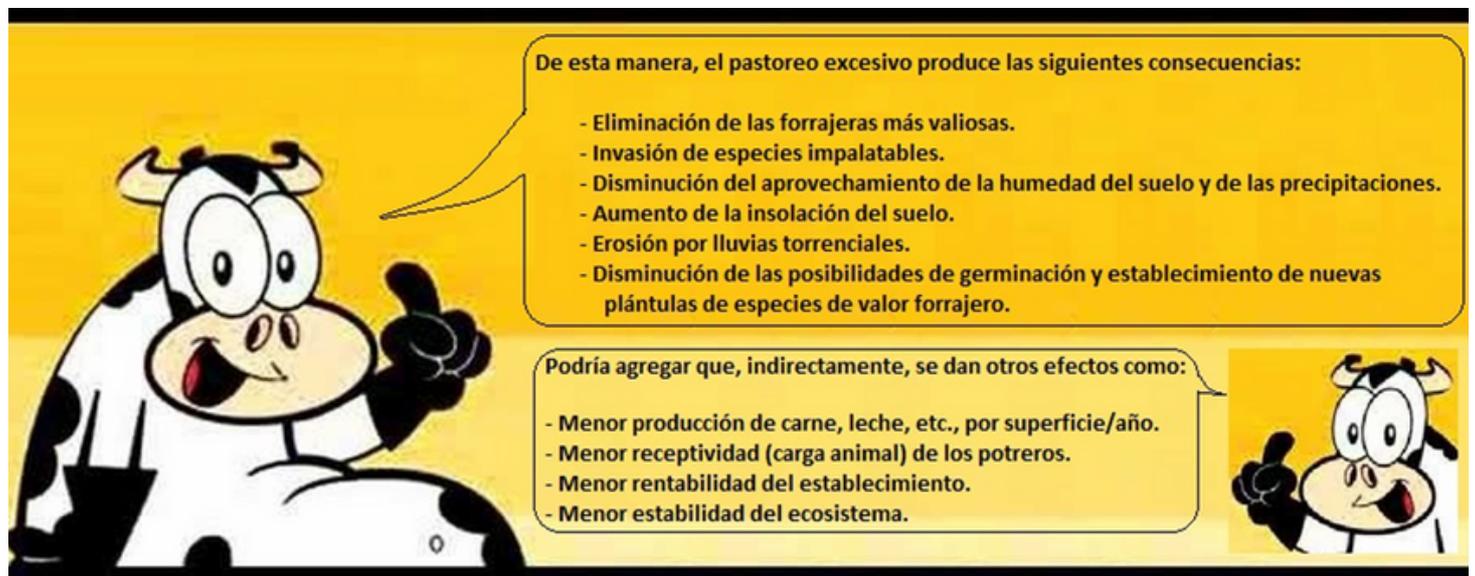
Por otra parte, como no es lo mismo lo que consume cada animal, se determinó la unidad ganadera (UG), equivalente a lo que come una vaca de 400 kg que tiene un ternero y lo desteta a los meses. Se utiliza ese valor para 1 año. Si yo divido lo que necesito (requerimiento animal) en la disponibilidad forrajera, me va a dar las hectáreas que necesito por unidad ganadera. En el caso de los pastizales naturales, si expresaras el valor en unidades ganaderas por hectárea, saldrían pedazos de 0,4 y valores de ese tipo, no enteros.

Por ejemplo: tengo 0,12 UG, ¿qué significa eso? Por tal motivo es más fácil poner el requerimiento en el numerador y la disponibilidad forrajera en el denominador, entonces siempre te va a salir un valor referido a hectáreas por UG (ejemplo: 2 hectáreas por UG y no que sea que “puedo alimentar media vaca en esta superficie”).

“Para poder realizar un pastoreo sustentable es importante que la carga animal se condiga con la oferta de forraje del área a pastorear. Por ende, conocer la productividad forrajera de un área nos posibilita estimar su “capacidad de carga” o receptividad, que es una medida de cuanto superficie hace falta para soportar una unidad ganadera” (Quiroga, Ricarte, Namur (h), Díaz & Guzmán, 2020).

Además de garantizar el bienestar animal, ¿por qué otro motivo es importante realizar buenas estimaciones de la forrajimasa? a fin de no comprometer los ambientes ya que, si los animales presionan demasiado el ambiente, se va perdiendo cobertura, lo cual trae aparejado el aumento de la erosión, con la consiguiente pérdida de suelo. Esas son consecuencias del sobrepastoreo. Las pérdidas son muy graves a mediano y largo plazo, pudiendo llevar a un lugar a la desertificación.

Es importante recordar que las acciones antrópicas, como puede ser la actividad ganadera mal manejada donde se verifique sobrepastoreo, pueden modificar el microclima y la conformación de los pastizales naturales.



De esta manera, el pastoreo excesivo produce las siguientes consecuencias:

- Eliminación de las forrajeras más valiosas.
- Invasión de especies impalatables.
- Disminución del aprovechamiento de la humedad del suelo y de las precipitaciones.
- Aumento de la insolación del suelo.
- Erosión por lluvias torrenciales.
- Disminución de las posibilidades de germinación y establecimiento de nuevas plántulas de especies de valor forrajero.

Podría agregar que, indirectamente, se dan otros efectos como:

- Menor producción de carne, leche, etc., por superficie/año.
- Menor receptividad (carga animal) de los potreros.
- Menor rentabilidad del establecimiento.
- Menor estabilidad del ecosistema.

Asimismo, el sobrepastoreo y la eliminación de la cubierta arbórea generan un aumento de áreas donde predomina la vegetación arbustiva, con la consiguiente reducción del área efectiva de pastoreo y la necesidad de contar con una mayor superficie para mantener una unidad ganadera (Karlin, 2013).

Antes de pasar a la denominación, es decir al tercer y último paso del estudio de la vegetación, veamos algunas consideraciones sobre los temas mencionados hasta ahora:

### **Relaciones entre variables:**

En situaciones particulares, cada una de las variables mencionadas ofrece ventajas y desventajas. La frecuencia, la densidad y el área basal tienen más permanencia que las medidas de biomasa o cobertura, ya que estas últimas están sujetas a variaciones estacionales muy marcadas. La cobertura, la biomasa, el área basal y la densidad se expresan con relación a la unidad de superficie y son independientes del tamaño de la unidad muestral. La frecuencia, por otro lado, depende de la forma y el tamaño de la unidad muestral. Sin embargo, la frecuencia es un dato simple de tomar y está menos sujeto a desviaciones por apreciación subjetiva que el resto de las variables.

### **Valores relativos, valores de importancia, dominancia:**

En algunos estudios se aplican distintas variables a una misma categoría de plantas o a cada categoría de plantas. La primera situación se da a menudo cuando el objetivo es hallar variaciones entre las comunidades e interpretarlas en función de otros fenómenos; entonces, se requieren distintas variables para poner en evidencia diferencias significativas, si las hubiere, y en caso contrario, estar seguros de que el resultado no se debe a carencia de información.

La segunda situación se debe, sobre todo, a criterios prácticos. El área basal de los árboles tiene mayor significado ecológico que su frecuencia; en cuanto a los renuevos, la densidad se estima más fácilmente y tiene mayor interés ecológico, puesto que da una idea de la capacidad de regeneración. Es frecuente que en estudios de vegetación boscosa se estime el área basal de los árboles, la densidad de los renuevos y la frecuencia de las plantas herbáceas utilizando un diseño de muestreo particular en cada caso.

En ciertos estudios, las distintas variables se analizan por separado en función de los valores absolutos obtenidos. Sin embargo, en situaciones en que valores muy altos de alguna categoría vegetal pueden enmascarar la importancia de otras categorías con valores más bajos, se transforman los datos para expresarlos en porcentajes del total y se obtienen **valores relativos**. Esta transformación tiene sentido en variables tales como cobertura, rendimiento o área basal, porque el valor total - a base del cual se calculan los porcentajes - tiene un significado ecológico claro y su partición en las distintas categorías presentes puede resultar de interés. No ocurre lo mismo con la densidad o la frecuencia. Si las especies tienen formas de crecimiento o tamaños muy dispares, sus densidades no son conmensurables y la comparación basada en el porcentaje del total no tiene sentido. Lo mismo ocurre con la frecuencia y con la cobertura estimada a partir de un muestreo puntual. Por otro lado, es necesario tener en cuenta que al transformar los datos se modifica la estructura de los mismos, lo cual puede distorsionar los resultados; por ejemplo, las comunidades ralas adquieren un peso equivalente al de las comunidades densas. Esto no significa que esta transformación debe descartarse, sino que hay que tener en cuenta las modificaciones introducidas en la estructura de los datos, en especial en el momento de la interpretación.

### 3. DENOMINACIÓN:

Ya delimitamos y describimos a la comunidad que estamos estudiando, ahora le pongamos un nombre.

El estudio de los patrones estructurales de la vegetación puede abordarse desde 2 criterios:

**a) 'Fisonómico':** toma en cuenta el aspecto global y está determinado “por la proporción en que cada forma de vida (ej.: árboles, arbustos, hierbas, musgos, etc.) contribuye a la comunidad (ej.: cobertura continua o dispersa), es decir, es una descripción desde el punto de vista estructural a través del ordenamiento espacial de los estratos” (Agüero, Molina & Biurrun, 2020).

**b) 'Florístico':** analiza la composición específica y “hace referencia a las especies presentes en determinado lugar y a partir de éstas caracterizar la vegetación desde el arreglo particular de dichas especies (lista de especies del lugar)” (Agüero, Molina & Biurrun, 2020).



**La estructura de las comunidades vegetales es la organización espacial de las plantas que la constituyen**



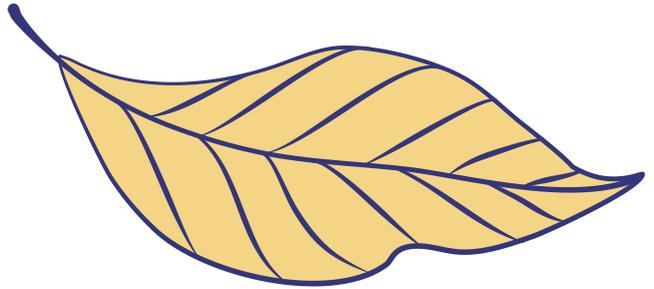
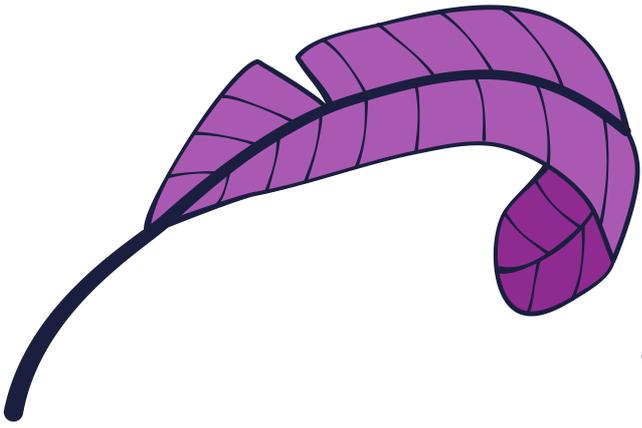
**En general, los estudios fisonómicos se adaptan mejor a niveles en escala pequeña sobre grandes superficies, mientras que los florísticos se emplean sobre superficies reducidas y a escalas mayores (Soriano y Sala, 1982. En: Martín, 2005).**



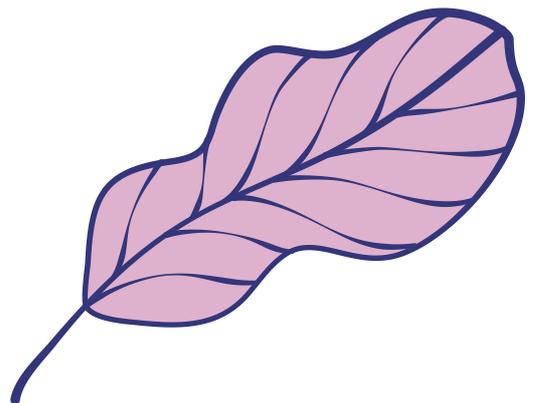
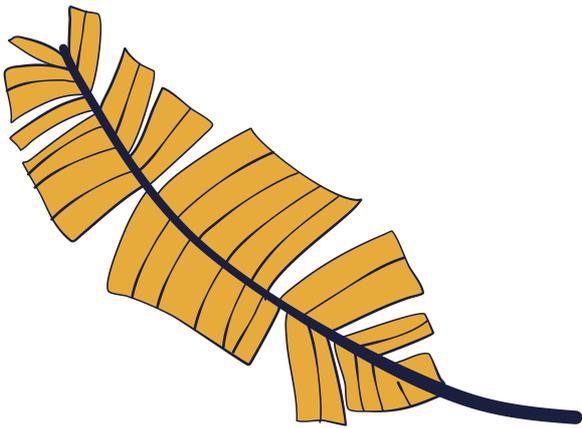
**Tipo fisonómico - florístico:** se define por su fisonomía y por las dos o tres especies visualmente dominantes/codominantes en el paisaje (En: Siffredi *et.al.*, 2015).

Ejemplo de tabla guía para describir la vegetación:

<b>1. VEGETACIÓN CERRADA</b>		
La vegetación cubre el sustrato en más del 65%		
<b>A - Árboles presentes</b>		BOSQUE
Altura > 15 m	ALTO	
Altura < 15 m	BAJO	
- Árboles ausentes o muy escasas		
<b>B - Predominan arbustos ó subarbustos</b>		MATORRAL
Arbustos > 2 m	ALTO	
Arbustos de 1 a 2 m	MEDIO	
Arbustos de 0,50 a 1 m	BAJO	
Arbustos < 0,50 m	SUBARBUSTIVO	
- Predominan gramíneas ó hierbas		PRADERA
G. – Predominan gramíneas		GRAMINOSA
H. – Predominan hierbas		HERBÁCEA
GH. – Codominan hierbas y gramíneas		MIXTA
Altura > 0,50 m	ALTA	
Altura de 0,25 a 0,50 m	MEDIA	
Altura < 0,25	BAJA	
<b>2. VEGETACIÓN ABIERTA</b>		
Cobertura vegetal total del 15-65%		ESTEPA
B. – Predominan arbustos		ARBUSTIVA
BG. – Codominan arbustos y gramíneas		ARBUSTIVO-GRAMINOSA
Arbustos > 2 m	ALTA	
Arbustos de 1 a 2 m	MEDIA	
Arbustos de 0,50 a 1 m	BAJA	
Arbustos < 0,50 m	SUBARBUSTIVA	
G. – Predominan gramíneas		GRAMINOSA
Gramíneas > 0,50 m	ALTA	
Gramíneas de 0,25 a 0,50 m	MEDIA	
Gramíneas < de 0,25 m	BAJA	
<b>3. VEGETACIÓN RALA</b>		
Cobertura vegetal total menor del 15 %		SEMIDESIERTO
<b>4. VEGETACIÓN CERRADA</b>		



# ANEXOS



## ANEXO 1:

### **Sobre las comunidades... (complemento del apunte teórico de la cátedra)**

Conceptualmente, toda comunidad presenta:

**1) Una unidad estructural**, dada por el arreglo o disposición espacial (tanto vertical como horizontal) de cada organismo con respecto a todos los demás. La unidad estructural se expresa a través de:

**a) Estratificación:** o disposición en 'capas' a distintas alturas, resultante del desarrollo vertical de los elementos productores, a los que se asocia una fauna característica. La estratificación podrá constar de uno, varios, o todos los estratos siguientes: arbóreo, arbustivo, herbáceo, muscinal (pudiendo reconocerse subestratos dentro de cada estrato), así como "intraestratos", dados por plantas epífitas, parásitas o trepadoras. El aspecto general resultante de la estratificación de una biocenosis en particular permite distinguir distintas 'fisonomías' y/o determinado agrupamiento de bioformas. Entonces, la fisonomía de un ecosistema natural, está definida por la distinta proporción en que cada 'forma de vida' contribuye a la masa vegetal total. Así, por ejemplo, se puede hablar de fisonomía de bosque, cuando la proporción de fanerófitas supera a las demás formas de vida. La fisonomía, al estar determinada por el clima, suele correlacionarse estrechamente con las características sobresalientes de la topografía de una región. Por ej.: las elevaciones del Aconquija originan un incremento de las precipitaciones en su ladera oriental, posibilitando la existencia de áreas de selvas y bosques que contrastan con el arbustal xerófilo del pedemonte de esa serranía a la misma latitud.

La fisonomía también está definida por la 'cobertura', la 'estratificación' y las 'características del follaje' de las formas de vida dominantes del paisaje. Todos los parámetros citados dependen, en mayor o menor grado, del tipo de clima y, por lo tanto, la fisonomía constituye un indicador de la heterogeneidad climática de una región o país.

**b) Zonación:** es la disposición horizontal de los elementos de la comunidad siguiendo algún gradiente ambiental (concentración de sales, tenor de humedad, variación altitudinal, etc.). Según sea la distancia entre individuos del estrato dominante, el tipo fisonómico (por ejemplo, bosque), podrá calificarse como 'abierto', 'cerrado' o bien categorías intermedias. La estructura horizontal está dada porque cada estrato de vegetación, o el conjunto de ellos, cubre una proporción variable del área en que la comunidad está instalada. Cada especie experimentará un patrón diferente de cobertura en el espacio, consecuencia de sus distintas estrategias de dispersión desde las plantas madres, de la competencia intra e interespecífica y de la actividad de sus dispersores naturales (viento, agua, insectos, herbívoros, aves, murciélagos, etc.).

**c) Periodicidad:** es la respuesta de los organismos a cambios cíclicos en el ambiente, generalmente cambios estacionales, a través de los cuales la vegetación va pasando por sucesivas etapas fenológicas. Permite agregar un nuevo término identificatorio del tipo de comunidad en estudio (por ejemplo, bosque cerrado caducifolio, bosque abierto perennifolio, etc.).

**2) Una unidad de composición**, dada por las especies que la integran (taxonomía), y también por las relaciones de sostenibilidad (especies que tienden siempre a aparecer juntas), así como relaciones jerárquicas.

Los estudios florísticos centran su atención en las especies presentes en un determinado sitio o área, para reconocerlas, describirlas, delimitarlas y caracterizarlas. Para ello, es necesaria la evaluación de ciertas variables o atributos de las poblaciones presentes en la comunidad, tales como abundancia, densidad, cobertura, frecuencia, peso, etc. (ver más abajo). El valor correspondiente a cada uno de ellos puede expresarse de una manera directa como resultado de una medición o recuento, o puede hacerse sobre la base de una estimación porcentual o mediante valores de una escala arbitraria.

La lista florística de una comunidad es de importancia por cuatro razones principales: a) es un indicador de la riqueza florística o diversidad de especies (biodiversidad); b) permite transferir los resultados del estudio y extrapolar; c) porque muchas especies son indicadoras de determinadas circunstancias ambientales, de modo que permiten hacer ciertas inferencias de valor práctico y/u orientar la investigación hacia determinados aspectos (por ejemplo, la presencia de chañar indica agua a poca profundidad -aunque no garantiza calidad de la misma-; el jume indica salinidad); y d) porque, adicionando a la lista florística algunas apreciaciones cuantitativas (número de individuos, peso, diámetros, cobertura, etc.), es posible evaluar la 'distancia' de esa comunidad respecto a la clímax y determinar cuál o cuáles son las especies dominantes en esa comunidad.

**3) La unidad funcional**, es la resultante de la interacción entre la comunidad y su ambiente, que se expresa a través de una estructura trófica característica, una determinada corriente de energía - que impulsa el ciclo de la materia - e interacciones bióticas, así como acciones y reacciones entre elementos bióticos y abióticos. Comunidades funcionalmente similares podrán presentar una composición florística diferente, dependiendo del clima y el tipo de suelo.

La estructura trófica puede representarse mediante pirámides de número, de biomasa o de energía. En cualquier caso, en el escalón inferior se representan los productores primarios y, en los siguientes, los sucesivos niveles tróficos.



### **Resulta importante destacar el concepto de dominante/dominancia:**

El concepto de '**dominante ecológico**' se aplica a la/las especies que, en virtud de su número, tamaño, cobertura de follaje, etc., ejerce una influencia reguladora o de control sobre los restantes miembros de la comunidad. Se refiere a la o las especies que tienen el control energético de la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad multiestratificada en la cual el estrato arbóreo está dado por cantidades aproximadamente iguales de quebracho blanco, quebracho colorado y mistol, y un número mucho menor de *Neltuma nigra* (ex *Prosopis nigra*) y *Neltuma alba* (ex *P. alba*), los tres primeros podrían considerarse dominantes, no sólo de su estrato, sino de toda la comunidad, porque son ellos quienes van a determinar, secundariamente, la existencia de hábitats apropiados para otras especies vegetales y animales.

La dominancia es una indicación de la abundancia relativa de una especie. No ha sido definitiva de manera clara y precisa. En la práctica, como se dijo, se considera dominante aquella categoría vegetal que es la más notable en la comunidad, ya sea por su altura, su cobertura, su frecuencia (que dará idea de la forma en la que se distribuye en el área) o su densidad; es decir, puede estimarse a base de cualquiera de las variables de abundancia. Se expresa en valores absolutos por unidad de superficie o en valores relativos. A veces se consideran dominantes las especies más abundantes del estrato superior, otras veces se incluyen las del sotobosque. Según la posición relativa de las copas, se pueden considerar como dominantes a los árboles con copas extendidas por encima del nivel general de la canopia, de mayor tamaño que el promedio y bien desarrolladas, las que reciben luz directa en su parte superior y en gran parte de sus costados.

Asimismo, expresa la influencia predominante de una especie en una comunidad, estimada a través de su presencia y cobertura. En el caso que haya más de una especie con estos atributos, se dice que hay codominancia. En una comunidad con varios estratos se puede considerar que en cada uno de ellos haya especies dominantes y/o codominantes. En base a la posición relativa de las copas, se puede considerar codominante al árbol cuya copa conforma el nivel general de la canopia, generalmente de tamaño medio o más o menos comprimida lateralmente, la que recibe luz directa en su parte superior y poco en sus costados.

También, en términos de posición relativa de las copas, podemos encontrar árboles intermedios, que son aquellos cuyas copas se encuentran por debajo del nivel de los codominantes, más bien pequeñas y visiblemente comprimidas lateralmente, aunque aún extendidas dentro del nivel general de la canopia, la que recibe poca luz directa en su parte superior y ninguna en sus costados. Finalmente, se encuentran los oprimidos, que son árboles con la copa ubicada enteramente por debajo de la canopia, la que no recibe luz directa.

El significado ecológico de la abundancia tampoco es claro. En los bosques, las especies dominantes pueden condicionar el ambiente de las especies subordinadas. Sin embargo, en las comunidades poco densas es difícil establecer el grado de influencia de las especies dominantes. Algunas especies dominantes tienen un intervalo de tolerancia estrecho y sirven como indicadoras de un factor o conjunto de factores ambientales; otras tienen un intervalo de tolerancia amplio, y las especies acompañantes menos abundantes resultan mejores indicadoras del ambiente.

**Dado que no es tan sencillo medir la energía, es más usual hablar de los dominantes fisonómicos, los cuales pueden detectarse de manera más directa, mediante la observación.**

Los dominantes son los principales responsables de las condiciones de luz y humedad en el interior del bosque. También modifican la temperatura, la velocidad del viento y hasta pueden afectar la estructura y pH del suelo. A través de la creación de condiciones microclimáticas, los dominantes determinan el tipo de plantas que podrán crecer en los estratos inferiores, la calidad y cantidad de alimento y lugares de reproducción y cría para la fauna, etc.

Todas aquellas especies dependientes o subordinadas constituyen la comunidad del bosque. La eliminación de los dominantes trae como consecuencia importantes cambios cuantitativos y cualitativos, no sólo a nivel de los restantes organismos, sino también sobre el medio físico (microclima y suelo). En cambio, la supresión de una especie subordinada provocaría un cambio mucho menor.

**Por regla general, las especies dominantes son, en sus respectivos grupos tróficos, las que presentan la mayor productividad.**

## **ANEXO 2:**

**Se detallan, brevemente, algunos recursos para delimitar unidades de vegetación:**

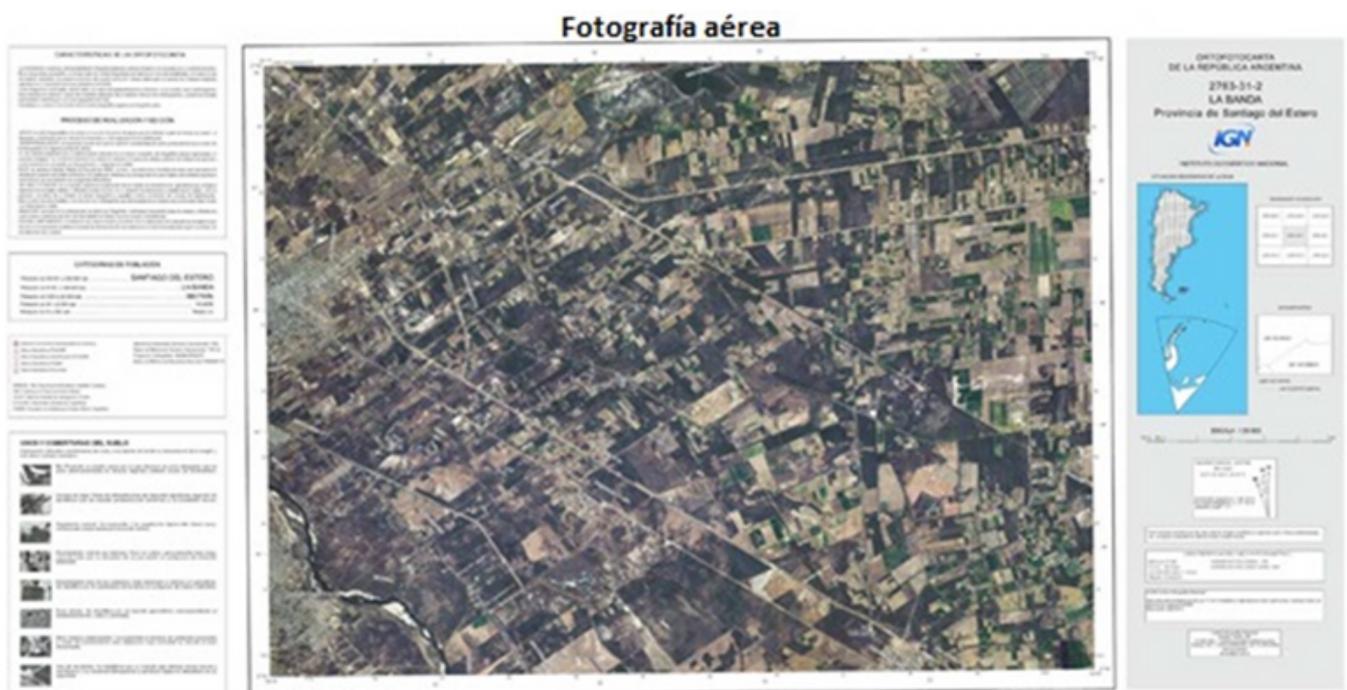
**Fotografías aéreas:** Son representaciones del terreno cuyo detalle permite realizar estudios de la superficie con gran exactitud (es una imagen real tomada desde un avión u otra nave aérea mediante el uso de cámaras fotográficas especialmente diseñadas para tal fin).



Las fotografías aéreas constituyen una ayuda útil para los estudios y análisis de vegetación natural. Son sumamente convenientes en la construcción de mapas topográficos y en la clasificación de suelos.

Un par estereoscópico de fotografías aéreas puede proporcionar estimaciones de muchos de los parámetros vegetativos. Las diferencias en la densidad de la vegetación, en la cubierta o en el tipo de ella, aparecen como diferencias de tono y textura en la impresión. Así, pues, las fotografías aéreas son útiles en la preparación de cartografías de la vegetación, una vez que se haya determinado el significado de los diversos tonos y texturas mediante estudios en el terreno. También pueden ser útiles en estudios de flora y fauna silvestres, e incluso para indicar la utilización de forraje y las modalidades de pastoreo.

La fotografía a color y la percepción térmica han abierto nuevos horizontes en el análisis de la vegetación natural. La fotografía a color proporciona mejores contrastes que la foto en blanco y negro, especialmente cuando se emplean filtros. La percepción térmica entraña el empleo de rayos infrarrojo. Hay amplias diferencias en el grado con que los diferentes tipos de vegetación reflejan los rayos infrarrojos, lo que redundará en agudos contrastes. Las novedades que están apareciendo en el campo de la percepción remota están proporcionando útiles herramientas para la investigación y para estudios que tengan un mayor grado de precisión.



**Imagen captada por cámara digital Ultracam Xp de alta resolución a bordo de un avión (IGN)**

Los sensores remotos son instrumentos que miden la energía reflejada o emitida por los objetos sin entrar en contacto físico con ellos. Son el elemento clave de un sistema de teledetección, el que requiere, a su vez, de una fuente de energía y de una superficie que interactúe con esa energía. Los sensores remotos pueden generar, como producto final, una imagen o datos numéricos que pueden representarse mediante gráficos (la porción de energía electromagnética es digitalizada y convertida en imágenes). En otras palabras, la teledetección comprende el tratamiento de la información obtenida a distancia de los objetos que hay en la superficie de la tierra -por medio de los sensores remotos-, mediante técnicas desarrolladas para la obtención de productos que podrán ser analizadas de acuerdo a las diferentes perspectivas de aplicación en lo particular.

La llegada de las imágenes satelitales trajo grandes beneficios, ya que permiten realizar estudios a gran escala y a muy bajo costo.

Existen diferentes clasificaciones de los sensores remotos, siendo una de las más utilizadas la que considera el origen de la fuente de energía. Así se pueden reconocer dos tipos: los pasivos, que reciben la energía reflejada proveniente de una fuente exterior a ellos (por ejemplo, el sol); y los activos, que reciben la energía reflejada proveniente de una fuente propia. Los últimos resultan más flexibles en su utilización, ya que no son afectados por las condiciones del ambiente, como nubosidad, presencia de vapor en la atmósfera, etc. Sin embargo, hasta la fecha, su disponibilidad es más bien acotada. Por el contrario, la información obtenida a partir de sensores pasivos es muy abundante y de características variadas, resultando útil para diversos objetivos. Los sensores, a su vez, pueden clasificarse según la plataforma que los soporta en: manuales, montados en maquinarias, aerotransportados y satelitales. Los más difundidos para aplicaciones en superficies de grandes extensiones, hasta la fecha, son los aerotransportados (fotografías aéreas principalmente) y los satelitales.

Existen diferentes mecanismos de recolección de datos por percepción remota, pero, a modo de ejemplo, nombraremos algunos de los más conocidos: LANDSAT, SENTINEL y SPOT, sistemas diseñados para captar imágenes en determinados rangos de longitudes de onda (bandas o canales). Cada una de estas plataformas tiene características propias, como la **resolución espacial** (tamaño del píxel en metros sobre el terreno; designa al objeto más pequeño que pueda distinguirse en la imagen), la **resolución espectral** (capacidad de discriminar entre longitudes de onda vecinas en el espectro, así como el número de bandas disponibles; es el número de canales espectrales que puede captar el sensor), la **resolución radiométrica** (número de intervalos de intensidad que puede captar el sensor; es la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida) y la **resolución temporal** (tiempo que tarda el satélite en tomar dos imágenes del mismo sitio; es la frecuencia de pasadas por una misma área), que condicionarán la calidad y las prestaciones de la imagen de satélite que brinde cada una. Por ello, según lo que se desee analizar, será conveniente emplear imágenes obtenidas por uno u otro sensor.

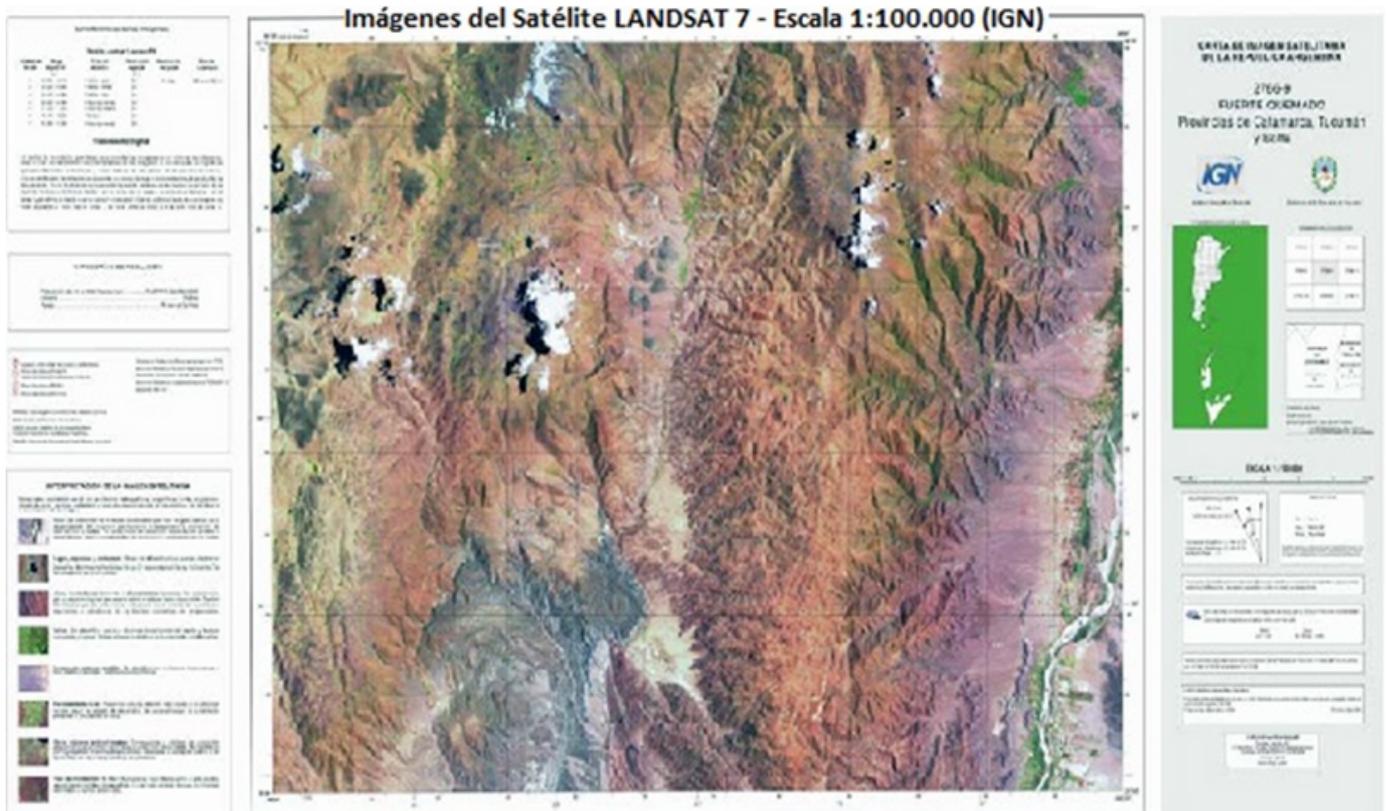
A su vez, existen diferentes factores que van a modificar los niveles de reflectancia de las diferentes superficies. En la vegetación, por ejemplo, lo modifican los tipos de pigmentos (que afecta las longitudes de ondas del espectro visible), la estructura de las hojas (aumenta la reflectancia en la zona del infrarrojo cercano) y el contenido de humedad dentro y entre las células (en el rango del infrarrojo medio). Además, en el dosel vegetal, los factores que afectan su reflectancia son la proporción de hojas, lignina y el efecto del suelo, la geometría de sus hojas y los ángulos de observación de éstas. En los suelos, el comportamiento espectral se ve afectado por el color, el contenido de humedad y la granulometría. A menor humedad, mayor reflectancia; a mayor humedad, la reflectancia, en promedio, es dos veces más débil. Las diferencias son mayores en la zona del infrarrojo cercano. También, a mayor cantidad de materia orgánica, menor reflectancia (Blanco & Luna Toledo & Sancho, 2020).

¿Cómo se obtienen las imágenes satelitales? Existen diferentes plataformas que proveen las imágenes de manera gratuita, como el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS); *World View* (de la Nasa); la Agencia Espacial Europea (ESA), por medio del portal *Copernicus Open Access Hub*; *Google Earth Engine*; *EO Browser*; *Sentinel Playground*; el Instituto Geográfico Nacional (IGN), entre otras.

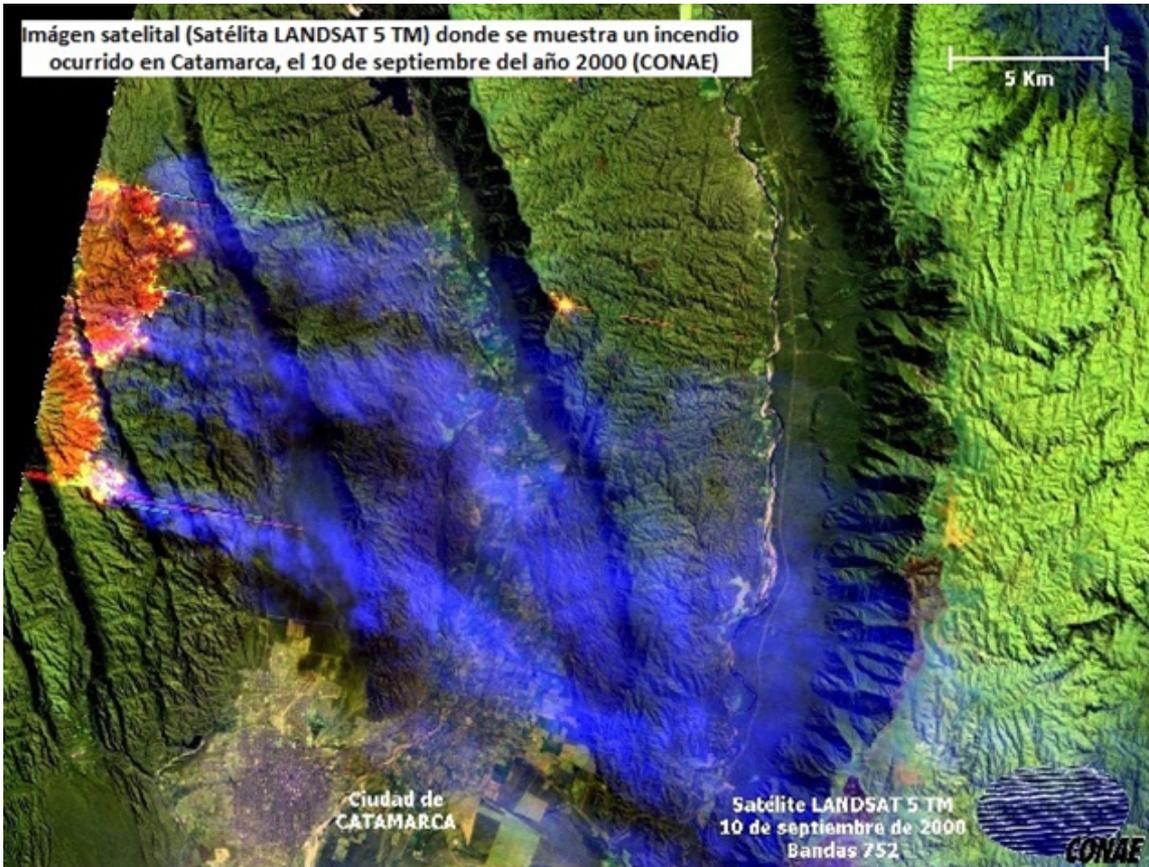
Finalmente, se necesitará contar con algún *software* para realizar el procesamiento de las imágenes, como puede ser QGIS (de código abierto), Saga Gis (de código abierto), ArcGis, OSSIM, PolSARPro, SoPI (creado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina - CONAE), entre otros.

Vale aclarar que el uso de la teledetección como generador de cartografía temática sirve a los fines de estudiar y analizar grandes superficies, pero que, para lograr una mayor precisión y nivel de detalle, debe ir acompañado de un estudio a campo en la gran mayoría de los casos (a esta última se la conoce como clasificación supervisada). Por ejemplo, a grandes rasgos, apoyados en el análisis de imágenes satelitales, podemos saber más o menos qué tipo de vegetación podemos encontrar en una región. Ahora, para saber exactamente qué especies componen dicha vegetación, o si hay zonas donde no se puede determinar claramente a qué corresponde, es necesario ir al sitio y recabar la información requerida.

A continuación, se muestran ejemplos de imágenes satelitales:



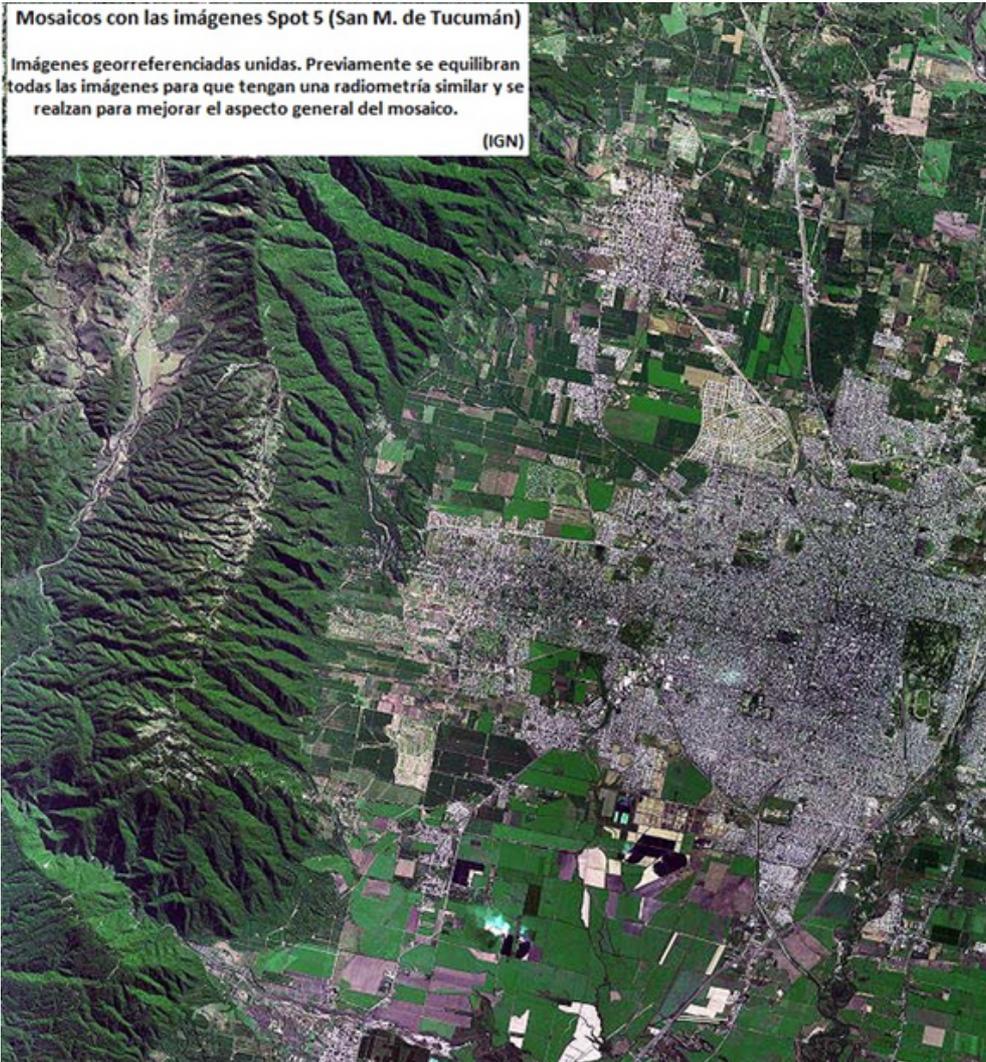
Imágen satelital (Satélite LANDSAT 5 TM) donde se muestra un incendio ocurrido en Catamarca, el 10 de septiembre del año 2000 (CONAE)



Mosaicos con las imágenes Spot 5 (San M. de Tucumán)

Imágenes georreferenciadas unidas. Previamente se equilibran todas las imágenes para que tengan una radiometría similar y se realzan para mejorar el aspecto general del mosaico.

(IGN)



**Importante: el tema es amplio y complejo, existiendo carreras de grado y posgrado exclusivamente dedicadas a esta temática. Además, es un área que está actualizándose constantemente, por lo que estas líneas solo deben ser tomadas como una guía que cuenta con información muy básica.**



Como opción más accesible para realizar la delimitación preliminar de una zona de estudio, encontramos la herramienta **Google Earth**. Éste es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El mapa de **Google Earth** está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo, y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular. Además, puede emplearse el programa *online*, sin necesidad de descargarlo.



Ejemplo de delimitación de un área de vegetación en el departamento Valle Viejo (Catamarca), mediante el uso del **Google Earth**.

Puede observarse que el área delimitada tiene claros límites hacia todos sus lados (un camino, el río, arena y, hacia el norte, alguna alteración del terreno), y que la vegetación que se encuentra dentro del área seleccionada, a pesar de no saber a ciencia cierta qué especies componen la comunidad (eso se verá cuando se realice la visita al sitio), se trata de un tipo de vegetación más o menos homogénea que, desde el trabajo en gabinete, ya puede saberse que corresponde a un bosque. El análisis previo de la imagen permitirá llegar al sitio de estudio con algo de información sobre la fisonomía, la superficie del área, pensando en que es posible encontrarse con algunas diferencias en la vegetación que se encuentra cerca de los bordes (sobre todo en aquellos cercanos al río, por el aporte extra de humedad del suelo). También, permitirá hacer una planificación de la forma de realizar el muestreo previa al arribo al lugar, lo que, quizás, podrá quitarle un poco de subjetividad a una planificación realizada posterior a la visita.



### **Extracción de información a partir de imágenes satelitales:**

**Fotointerpretación:** Una vez seleccionada la imagen a utilizar, existen diversas formas de extraer información de ellas. El mecanismo más simple, denominado fotointerpretación, consiste en observar una imagen en alguna combinación de bandas y extraer conclusiones a partir de observar la textura, el color y las formas. Para visualizar una imagen, se seleccionan tres de las bandas que las componen y se les asigna un color azul, verde o rojo; por lo que no hay una única manera de visualizar cada imagen, sino que depende de aquello que se pretende estudiar. Una de las combinaciones de bandas y colores más utilizadas para vegetación se denomina falso color compuesto *Standard*, que comprende las bandas verde, roja e infrarroja cercana. Esta combinación es muy utilizada para estudios en vegetación, y, como característica distintiva, la vegetación verde se presenta en distintos tonos de rojo.

**Procesamiento digital:** Las imágenes contienen información sobre cómo refleja la radiación solar en cada banda un determinado cultivo o cobertura. A partir de esta información, mediante procesamiento digital utilizando softwares adecuados, puede extraerse información sobre cada tipo de vegetación. Uno de los algoritmos más utilizados es el índice de vegetación denominado NDVI, por sus siglas en inglés (*Normalized Difference Vegetation Index*), que originalmente fue definido por Tucker (1979), donde Nir es la reflectancia de la banda infrarroja cercana y R la reflectancia de la banda roja.

Este índice puede asociarse con características de la cobertura de vegetación, como la biomasa, el índice de área foliar y el porcentaje de cobertura. Toma valores de -1 a 1; en particular para la vegetación toma valores positivos, siendo mayores para la vegetación vigorosa (un valor de NDVI alto indica que se está interceptando mucha luz). Pueden realizarse otros tipos de procesamiento para extraer información, por ejemplo, clasificaciones no-supervisadas y supervisadas, índices varios, análisis de componentes principales y otros algoritmos específicos de procesamiento de imágenes.

Respecto a la vegetación, es imprescindible disponer de una cartografía precisa; para lo cual, si no existe ninguna realizada previamente, habrá que decidir también la escala y las unidades (o tipos de pasto, por ejemplo) a considerar. Con la escala cabe la misma consideración hecha al principio: cuanto más detallada sea, mayor será la información obtenida, pero mayor habrá de ser el esfuerzo de muestreo.

Sea como fuere, una escala 1:25.000 resultaría la mínima precisión a considerar en un territorio muy extenso. Para áreas pastorales de unos pocos km<sup>2</sup> o más pequeñas, resulta muy recomendable manejar escalas de 1:10.000, 1:5.000 o incluso 1:2.000 (a la fecha, existen satélites comerciales que pueden procesar imágenes con un nivel de detalle de 50 centímetros por píxel, en tanto que la NASA puede entregar imágenes detalladas de hasta 10 metros por píxel). La reciente generalización en muchas regiones de ortofotos aéreas digitales, en color o blanco y negro, ahorran una buena parte del esfuerzo que, hasta hace pocos años, había que realizar con los fotogramas convencionales. Pero, en cualquier caso, la gran similitud en las fotografías de muchos tipos de vegetación exige la comprobación de los mismos "sobre el terreno".

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)<sup>1</sup> permiten manejar de forma relativamente rápida y efectiva distintas capas de información y realizar un análisis espacial 'superponiendo' las variables consideradas para buscar relaciones entre ellas. Una vez organizado el SIG con las capas de información mencionadas, ya podremos conocer con relativa facilidad la superficie ocupada por cada tipo de vegetación, su distribución en un gradiente altitudinal, la relación con la orientación, la pendiente, los tipos de suelo, etc. La escala de comunidad vegetal o tipo de pasto deberemos abordarla en un siguiente nivel para conocer 'en qué consiste' cada tipo de pasto y cómo se puede distinguir de los demás. En esta escala deberemos analizar la estructura de las comunidades vegetales y su dinámica, aspectos que se detallan más adelante. También, en este nivel, hay que caracterizar con mayor precisión el medio físico (orientación y pendiente media, tipo de sustrato, espesor del suelo, humedad a lo largo del año, etc.), y la estructura de cada comunidad (cobertura de la vegetación, organización espacial, composición florística, diversidad, abundancia de los distintos grupos funcionales, características y ritmos de la fenología, biomasa, producción primaria), así como las distintas variables que definen el valor forrajero.

<sup>1</sup> Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) son el conjunto de hardware (computadoras, impresoras, satélites, GPS, etc.) y software (programas diseñados para este propósito) diseñados especialmente para capturar, almacenar, actualizar, manipular y analizar la información geográfica de cualquier área de la tierra.

## ANEXO 3:

### Ejemplo de un estudio vegetacional del chaco semiárido (En: Martín, 2005)

El Chaco Semiárido es una región única en el mundo, por tener bosques xerófitos con estratos arbustivos y arbóreos, a pesar que hay un déficit hídrico pronunciado en casi todos los meses del año. Si analizamos el mapa florístico mundial, veremos que, en estas latitudes, en otras áreas del mundo, la vegetación existente constituye sabanas o matorrales esteparios.

La presencia de leñosas arbustivas y arbóreas en el Chaco Semiárido le confiere al sistema cierta estabilidad ecológica, en función de algunas características fisiológicas propias de estas especies (Neumann, 1999), que les permiten adaptarse a frecuentes variaciones climáticas, tanto en temperatura como en humedad. Entre las características más destacadas, podemos citar: raíces profundas, con gran presión osmótica, que permiten la extracción de agua de capas subterráneas del perfil edáfico; rápido crecimiento radicular, que facilita su capacidad de instalación en el sistema; hojas compuestas, en muchos casos cerosas, lo que les permite un mejor balance de la transpiración; la presencia de espinas es también un carácter indicativo de la disminución de superficie transpirativa en pos de la economía del agua en regiones con sequías periódicas; tallos verdes fotosintéticos (en algunas especies); en el caso de las leguminosas, buena capacidad de fijación de N en simbiosis, aportando nutriente a los pastos; alta capacidad de floración en primavera, permitiendo una gran producción de frutos y semillas de fácil dispersión por herbívoros, aves, omnívoros, etc., durante el período estivo-otoñal. Pero, tal vez, la virtud más importante de las leñosas, desde el punto de vista utilitario para el manejo de la ganadería extensiva en la región, esté dado por el largo período de producción foliar anual que presentan (Martín *et al.*, 1997), rebrotando tempranamente con la llegada de las temperaturas primaverales y experimentando senescencia foliar después de la encañazón de los pastos, con los primeros fríos invernales; todo ello las constituyen en eficientes complementos forrajeros de calidad para los pastizales.

Sin duda que los símbolos vivientes del Chaco son los quebrachos (quebra hacha). Podemos distinguir el colorado, el blanco y el horco quebracho. Cada uno de ellos es referente de una condición o área particular del Chaco (el colorado, del Chaco semiárido; el blanco, del Chaco árido y el horco quebracho, del Chaco Serrano). Actualmente, y ante la severa degradación de los ejemplares de este género, otro árbol sumamente valioso está tomando la posta como símbolo del Chaco: el algarrobo (del árabe *alkarob*: el árbol).

La estructura de vegetación que presenta el Chaco Semiárido se puede caracterizar como de un bosque xerófilo de 2 quebrachos (colorado y blanco). Sin embargo, el análisis de las formas vegetales de vida presentes, muestran un ecosistema pluriestratificado, compuesto por un estrato arbóreo en 2 niveles, un estrato arbustivo y un estrato herbáceo (Martín *et al.*, 1993; Martín, 1994).

Sin lugar a dudas que los aspectos fundamentales a contemplar para el manejo y correcto aprovechamiento de estos recursos implica el conocimiento de ¿qué tenemos?, ¿dónde lo tenemos?, ¿cuánto tenemos?, ¿durante cuánto tiempo al año lo tenemos?, ¿de qué calidad?, ¿quiénes y cuándo lo consumen?, ¿cómo se regeneran?, etc. En otras palabras, debemos conocer la diversidad, la distribución, la densidad, la productividad, la fenología, la calidad nutritiva, la contribución a la dieta animal, la dinámica poblacional de las leñosas de aptitud forestal, etc.

En relación a '**qué tenemos**' y '**dónde lo tenemos**', en la geografía que comprende el Chaco Semiárido del NOA, con precipitaciones de 500 a 750 mm, la estructura de vegetación es pluriestratificada.

'**Cuánto tenemos**', plantea el conocimiento de parámetros de densidad y productividad de las leñosas de mayor potencial en el sistema. Al respecto, algunos autores (Morello y Saravia Toledo, 1959; Karlin, 1983; Varela, en prensa), indican que, en gran parte del Chaco, la dominancia en el estrato arbóreo está dada por la presencia de *Aspidosperma quebracho blanco* y *Sarcomphalus mistol* (ex *Zizyphus mistol*). Las otras especies arbóreas que suelen acompañarlos, en áreas con menor degradación, son *Schinopsis quebracho colorado* y *Neltuma alba* (ex *Prosopis alba*) y *Neltuma nigra* (ex *Prosopis nigra*). En referencia a leñosas arbustivas, la densidad más alta es en general de *Senegalia praecox* (ex *Acacia praecox*), *Senegalia gilliesii* (ex *Acacia furcatispina*), *Celtis pallida*, *Mimozyanthus carinatus* y *Mimosa farinosa*.

En los estudios realizados en áreas con historial de sobrepastoreo y tala durante muchos años, se observa que raramente la densidad en el estrato arbóreo supere los 150 ejemplares adultos/ha. De ellos, *Aspidosperma quebracho blanco* y *Sarcomphalus mistol* (ex *Zizyphus mistol*) representan alrededor del 50 %. En áreas protegidas y racionalmente manejadas, la densidad puede llegar a más de 250 individuos/ha., incrementando significativamente el potencial forestal del sitio (Mainardi *et al.*, 2002).

En relación a la cobertura que significan estos valores de densidad, en el estrato arbóreo representa entre 25 y 30 % de la superficie; en el estrato arbustivo, con densidades de 1.800 a 2.200 ejemplares/ha., la cobertura oscila entre 85 y 90 % de la superficie. Las especies arbustivas más frecuentes (antes citadas), representan alrededor del 65 % de este valor (Mainardi *et al.*, 2002).

Esta configuración estructural del paisaje, con dominancia de leñosas, requiere para su aprovechamiento racional (podría ser bajo un sistema de producción silvopastoril), la cuantificación de la forrajimasa disponible para el ramoneo de los herbívoros a introducir.

Son variados los métodos con que puede estimarse el volumen de forrajimasa ofertado por las leñosas. En todos ellos, es previamente importante conocer cuáles son las especies apetecidas por los animales y sus preferencias en función de época de consumo, estado fenológico, parte de la planta, etc.

En referencia a la medición de forrajimasa ramoneable o estimación de biomasa, debemos destacar tres aspectos que obstaculizan la concreción de estos objetivos:

- el componente real que constituye la porción consumible de la leñosa (hoja, rama tierna, fruto, flor, hojarasca) no siempre es bien delimitable;
- estos componentes presentan una distribución tridimensional y altamente variable, dentro de la estructura de la planta, y
- la distribución espacial de las leñosas dentro del campo, es también muy variable.

Esto indica que no hay métodos generalizables, y deberemos adecuar nuestro estudio a las características del terreno, la vegetación, los objetivos de producción y las disponibilidades de trabajo y personal con que contemos.

Entre las opciones más empleadas para la cuantificación de la forrajimasa leñosa (Renolfi *et al.*, 1986), están:

#### **A) Métodos destructivos:**

1. Arrancado y pesado (cosecha total) del ejemplar.
2. Recolección de ramas al azar.

#### **B) Métodos no destructivos:**

1. Análisis dimensional.
2. Estimación visual.
3. Producción de hojarasca.

El **A1** consiste en cortar totalmente y pesar cada uno de los componentes forrajeros de la unidad de muestreo. Es exacto, pero costoso y requiere mucho tiempo operativo.

El **A2** consiste en contar todas las ramas de la planta, determinar un porcentaje de recolección (ej: 10 % de las ramas), cosecharlo, pesarlo y relacionar el resultado al 100 % de la unidad de muestreo. Requiere menos tiempo, pero es más inexacto.

El **B1** relaciona, mediante análisis de regresión, el peso real del componente o la planta, con dimensiones medidas o estimadas de la misma. Requiere la comprobación de lo estimado matemáticamente, con el corte y pesado de algunos ejemplares. Es importante que las dimensiones elegidas para la medición presenten un índice de correlación con peso real, superior a 0,7. En las experiencias realizadas, las dimensiones de mejor correlación han sido altura de canopeo, altura de planta y diámetro de copa.

El **B2**, o Técnica de Adelaida, compara unidades standard o patrón, con plantas muestra o seleccionadas. Requiere estimar visualmente el número de múltiplos de la unidad de referencia que están presentes en la planta problema. Consiste en cortar y pesar la unidad de referencia, cuantificar las unidades de referencia de la planta problema y multiplicar el peso de la unidad patrón por el número de múltiplos determinados.

El **B3** consiste en la colocación de canastos recolectores debajo de las plantas a evaluar, para cosechar y pesar la hojarasca presente en los períodos de descarga foliar de estas leñosas. Esto permite estimar la contribución estacional de este recurso.

Cualquiera sea el método elegido, siempre requerirá un amplio conocimiento previo de la o las especies a evaluar, su distribución, su contribución dietaria, la selección de plantas tipo, la definición de que es forraje disponible, etc.

En el Chaco Semiárido argentino, y como una experiencia al respecto (Martín *et al.*, 2002), se considera que una metodología práctica para estimar la forrajimasa foliar ramoneable (F.F.R.) de leñosas arbustivas de aptitud forrajera, consistirá en determinar previamente la densidad de individuos por hectárea y las dimensiones de altura de planta, diámetro de copa y distancia entre superficie del suelo y comienzo de follaje, de al menos el 25 % de los individuos censados por hectárea.

Los valores morfométricos obtenidos permitirán conocer las dimensiones promedio de la planta tipo a muestrear (Molinero, 1983). Estas dimensiones son las que definirán, ahora, las 4 o 5 unidades de muestreo a seleccionar, sobre las que se realizarán las mediciones de forrajimasa.

Un aspecto importante a decidir antes de la recolección de forrajimasa foliar, está dado por la altura de ramoneo de los animales que van a pastorear el lote (en general, se asume para bovinos y caprinos, en 1,80 m) y la profundidad de consumo dentro de cada ramificación, que tiene mucho que ver con el grado de lignificación y la presencia o ausencia de espinas en el material (una profundidad promedio observada en nuestra experiencia, está alrededor de 0,20 m). Con estas consideraciones, se procederá a la recolección (por corte) de la totalidad del material foliar involucrado (también pueden colectarse frutos, si el objetivo así lo plantea), el que será pesado en verde para tener el valor por ejemplar muestreado y posteriormente secado hasta peso constante, para tener el valor de forrajimasa/individuo en términos de materia seca.

En definitiva, los parámetros altura de ramoneo y profundidad de consumo, guiarán nuestro patrón de recolección de material foliar dentro de la planta seleccionada. Ese material determinará la contribución en MS que cada individuo presenta; la F.F.R./ha se obtendrá de la multiplicación de ese valor, por la densidad de individuos/ha. de la especie evaluada (ver siguiente tabla).

**TABLA: Forrajimasa Foliar Ramoneable (kgs. MS/ha) de ejemplares adultos de leñosas arbustivas del Chaco Semiárido argentino (Martín *et al.*, 1998)**

Especie	Densidad/ha	Cobertura/ha (m2)	F.F.R.
<i>Mimozyanthus carinatus</i>	314	2561,26	45,73
<i>Senegalia praecox</i>	144	802,32	30,32
<i>Porlieria microphylla</i>	117	214,66	15,71
<i>Celtis pallida</i>	114	521,60	17,01
<i>Bougainvillea stipitata</i>	53	133,52	4,69
<i>Achatocarpus praecox</i>	47	233,27	8,38
<i>Capparis atamisquea</i>	44	144,88	4,44

**Nota:** se puede conocer el aporte de F.F.R./individuo, dividiendo el valor de F.F.R./especie en el valor de densidad/ha/especie.

Los valores obtenidos muestran que, en términos absolutos, la contribución en kg de MS/ha. que las leñosas pueden hacer es pequeña comparada con la productividad de los pastos. La importancia de esta contribución se debe a la alta calidad nutricional de esta forrajimasa y a los momentos estratégicos en que están disponibles en el campo: en primavera, antes de la brotación de los pastos, aportando hojas tiernas; en otoño, cuando los pastos están terminándose y su calidad es reducida por la encañazón, aportando hojas maduras (aún ricas en proteínas) y frutos comestibles. Estas razones justifican la determinación de la F.F.R. de las leñosas para aprovechar estos recursos en la real medida de su disponibilidad, mediante ajustes en la carga animal de cada potrero.

Si a todos los aspectos antes citados sumamos el conocimiento de la fenología de las distintas fases de crecimiento y desarrollo de las especies del Chaco Semiárido argentino, especialmente de las leñosas, que presentan un mayor rango de dispersión entre sus momentos de rebrote, hoja madura, floración, fructificación, descarga foliar y caída de frutos (Martín *et al.*, 1997)

y la composición química de hojas y frutos de leñosas en distintos momentos del año (básicamente % de proteína, FDN, FDA y digestibilidad), tendremos elementos suficientes para planificar un aprovechamiento racional de la composición florística nativa que presente cada ecosistema.

### **Ejemplo de estimación de los requerimientos forrajeros:**

$$\begin{aligned} 7 \text{ EO (Equivalente Oveja)} &= 1,00 \text{ EV} \\ 7 \text{ EC (Equivalente Cabra)} &= 1,00 \text{ EV} \\ 1 \text{ EY (Equivalente Yeguarizo)} &= 1,20 \text{ EV} \end{aligned}$$

Un **Equivalente Oveja (EO)** es el promedio anual de los requerimientos de una oveja de 50 kg de peso vivo que gesta y cría un cordero hasta el destete, a los 3 meses de edad, incluido el forraje consumido por el cordero.

De manera sumamente grosera, podemos definir el **Equivalente Cabra (EC)** de la misma manera, ya que no está definido científicamente.

Dentro del margen amplio de errores que asumimos, podemos estimar a los fines de tener una idea, que, en un pastizal del Chaco Árido y Semiárido de la provincia de Córdoba, con bosque degradado y condición forrajera regular, la dieta promedio anual de los bovinos se compone de 95-100 % de gramíneas, la de los ovinos de un 60 % y la de los caprinos de un 30 %.

### **Determinación práctica del total de Equivalente Vaca (EV) de un rodeo de cría:**

La cantidad promedio anual de **Equivalente Vaca (EV)** de un rodeo de cría, en un establecimiento del Chaco Árido o Semiárido de Córdoba (a modo de referencia, puede aplicarse a la Provincia de Catamarca), con una mediana organización y desarrollo, que tiene 100 vacas en producción (100 EV), con un 25 % de reposición ( $\pm 19$  EV) y entre un 4-6 % de todos ( $\pm 8$  EV), suma  $\pm 127$  EV.

Promedio anual de EV de un rodeo de cría  $\approx$  cantidad de vacas en producción x 1,3

### **Ejemplo:**

Estudios realizados en la Reserva 6 de la EEA Balcarce del INTA, donde se trabajó con la adaptación del sistema Equivalente Vaca, se establecieron valores no tan exactos, pero sí prácticos y sencillos, para cada categoría (Carrillo, 1977):

CATEGORÍAS	EQUIVALENTES VACA (EV)
Toro	1,3 EV promedio durante todo el año
Vaca	1 EV promedio durante todo el año
Vaca (promedio)	1,4 EV desde el parto hasta el destete (6 meses) y 0,6 EV desde el destete hasta el parto (6 meses)
Ternero/a	0,6 EV desde el destete hasta 1 año
Novillitos	0,7 EV desde 1 hasta 2 años
Novillos	0,8 EV desde 2 años o más de 300 kg
Novillos (engorde)	1,0 EV desde los 400 kg hasta terminación
Vaquillonas	0,7 EV desde 1 hasta 2 años
Vaquillonas	0,8 EV desde los 2 años o más de 300 kg, preñadas

Para un rodeo de cría en la Reserva 6 del INTA Balcarce (Buenos Aires) estima que: partiendo de 100 vacas en servicio, con un porcentaje de preñez del 90 %, quedan 90 vacas preñadas y 10 vacías. Si de estas vacas preñadas se produce hasta la parición un 6 % de pérdidas de terneros, quedarán 85 vacas paridas y 5 vacas que al mal parir o no parir, irán a refugio. Si a su vez se descarta el 6 % por vejez, quedarán 80 vacas, a las que habrá que restar unas 3 vacas por mortandad. Quedarán, entonces, 77 vacas en el rodeo, y será necesario para mantener el rodeo estable, es decir, con el mismo número de vientres, que se incorporen 23 vaquillonas de reposición.

Las 10 vacas vacías, las 5 que perdieron su ternero durante la preñez, o que no parieron, y las 5 vacas viejas constituirán el 'refugio' de 20 vacas que, en lo posible, se engordarán e irán a la venta.

Este rodeo con 100 vientres estará conformado por 4 toros, 77 vacas, 23 vaquillonas de 2 a 3 años, 24 de 1 a 2 y 24 terneras de destete a un año. El cálculo de EV considerando:

- a) El valor promedio anual de la vaca;
- b) Que las terneras de destete a un año estarán sólo 6 meses en esa categoría en el campo,
- c) Que las 20 vacas de refugio permanecen un promedio de 2 meses para su recuperación antes de la venta,

Se tendrá la siguiente carga animal, expresada en porcentajes:

0,04 toros x 1,3 EV (año)	0,052 EV
0,77 vacas x 1 EV	0,77 EV
0,23 vaquillonas (2-3) x 0,8 EV	0,184 EV
0,24 vaquillonas (1-2) x 0,7 EV	0,17 EV
0,24 terneras (destete - 1) 6/12 x 0,6 EV	0,07 EV
0,20 vacas vacías x 2/12 x 1 EV	0,03 EV
CARGA TOTAL	1,276 EV

En resumen, para que un rodeo de 100 vientres, compuesto por 77 vacas con su reposición, la carga promedio anual sería de 128 EV.

### **Ajuste de carga animal a la oferta forrajera del pastizal:**

Se trata de conocer cuál es la carga que compatibiliza las necesidades de los animales y de los recursos forrajeros. Si tenemos medida la oferta forrajera de varios años, utilizaremos la oferta promedio para calcular cuál es la receptividad promedio de la unidad de producción. Lamentablemente, en la región chaqueña semiárida, y más aún en la árida, la oferta forrajera es sumamente variable entre años, dependiendo, principalmente, de la cantidad de precipitación y de su distribución en la temporada de crecimiento de los pastos.

### **Estimación de la capacidad de carga:**

La **Capacidad de Carga (CC)** o **receptividad** es la cantidad media anual de unidades animales que puede soportar una unidad de producción en un sistema pastoril sustentable:

$$CC = \frac{\text{Requerimientos de 1 EV/año}}{\text{Oferta forrajera/ha/año} \cdot \text{FU}}$$

Donde:

- CC = capacidad de carga;
- EV = equivalente vaca;
- FU = factor de uso

Si utilizamos como unidad animal el **Equivalente Vaca (EV)**, con la tabla de equivalentes ganaderas, podemos expresar en EV todas las categorías de animales del rodeo.

En cuanto a la producción forrajera anual, no podemos tomar el total de ella para determinar la CC, sino que tenemos que tener en cuenta que cierta parte de ella debe ser destinada a cubrir las necesidades de la pastura, fundamentalmente las reservas de hidratos de carbono, para mantener plantas vigorosas y con un abundante rebrote primaveral, asegurar una buena cantidad de mantillo para mejorar el balance hídrico y el aporte de materia orgánica.

Teniendo en cuenta estas necesidades del pastizal, y considerando que, en general, se trata de pasturas cespitosas poco densas, la cantidad de forraje utilizable será la producción anual afectada por un coeficiente que denominaremos **Factor de uso (FU)**. Dicho factor ayuda a estimar cuánto de la planta pueden consumir los animales y cuánto de la misma hay que dejar para garantizar la subsistencia de la planta.

Para mantener la condición de la pastura, el FU para el tipo de pastizal descrito, se estima en FU = 0,5, o sea que la oferta forrajera utilizable será el 50 % de la producción anual de materia seca.

Ejemplo del cálculo de CC para una unidad de manejo de 510 ha, con un pastizal en una comunidad algarrobal de condición buena, en el Chaco Árido de Córdoba:

$$CC = \frac{10 \text{ kg MS/día} \cdot 365 \text{ días}}{1897 \text{ kg MS/ha/año} \cdot 0,5} = \frac{3650}{948,5} = 3,85 \text{ ha/EV}$$

$$\text{Carga admitida (CA)} = \frac{510 \text{ ha}}{3,85 \text{ ha/EV}} = 132,47 = 133 \text{ EV}$$

**Este potrero admite una carga de 133 EV todo el año**

Si el propósito es recuperar la pastura, una de las herramientas es reducir la carga total animal. Para esto, bajaremos el factor de uso, por ejemplo, a  $FU = 0,4$ .

Por el contrario, si tenemos necesidad de aumentar la carga y la pastura indica un subpastoreo, podemos tomar un valor de  $FU = 0,6$ .

Si tenemos registros de la oferta forrajera anual de todo el establecimiento durante varios años, donde estén los datos de años con precipitaciones altas, bajas y medias, con distribución típica y atípica, seguramente las capacidades de carga en todas esas situaciones serán distintas. El promedio de la oferta forrajera de todos estos años nos servirá para calcular la receptividad o carga media global del establecimiento.

Esta sería la base para comenzar programas de recuperación y/o mejoramiento de la oferta forrajera. En términos generales, la capacidad de carga media nos daría cierta garantía de utilización correcta del pastizal en años normales.

Son necesarias las mediciones para saber cuál es la capacidad de carga de un establecimiento porque, en la mayoría de los casos, las determinaciones subjetivas suelen sobreestimar la receptividad de cada una de las unidades de manejo y, por ende, de todo el establecimiento.

Este se ve claramente, ya que en la mayoría de los establecimientos donde no se realizaron mediciones de la capacidad de carga, cuando la determinamos, nos encontramos con una carga más alta que la adecuada.

En muchos casos, esta reducción en la carga lleva a la situación muy común por la cual un pastizal presenta algunas áreas o especies sobrepastoreadas y otras subpastoreadas, mientras que en toda la superficie tiene baja carga (Savory & Parsons, 1980).

## Bibliografía:

AGÜERO, W.; MOLINA, J. & BIURRUN, F. (2020) Caracterización fisonómica-florística de la vegetación. Manual para evaluación de pastizales naturales del Chaco Árido con fines ganaderos. Compiladores: Blanco, L.J. & Quiroga, R.E. Buenos Aires: Ediciones INTA.

Apuntes para Trabajos Prácticos de Elementos de Geología. Principios de Geociencias. (2011) Departamento de Geología Universidad Nacional de San Luis (UNSL) [http://www0.unsl.edu.ar/~geo/materias/Elementos\\_de\\_Geologia/documentos/contenidos/apoyo\\_teorico/APU-2011-Fotointerpret.pdf](http://www0.unsl.edu.ar/~geo/materias/Elementos_de_Geologia/documentos/contenidos/apoyo_teorico/APU-2011-Fotointerpret.pdf)

BARRIONUEVO, S.A.; PAN, E.; MEDINA, J.C.; TABOADA, R. & LEDESMA, R. (2013) La contribución ambiental de rodales de *Aspidosperma quebracho blanco* Schltdl. en la fijación de CO<sub>2</sub>: bases para una gestión sustentable. *Foresta Veracruzana*, vol. 15 (1): 31-36.

BLANCO, L.; LUNA TOLEDO, E. & SANCHO, A. (2020) Determinación de patrones espaciales de la vegetación a escala de potrero mediante procesamiento digital de imágenes satelitales. Manual para evaluación de pastizales naturales del Chaco Árido con fines ganaderos. Compiladores: Blanco, L.J. & Quiroga, R.E. Buenos Aires: Ediciones INTA.

BORRELLI, P. & OLIVA, G. (2001) Evaluación de pastizales. Cap. 6. Pp. 161 - 182. En: *Ganadería sustentable en la Patagonia Austral*. Editorial INTA Patagonia Sur. Pp. 269. Bibliografía:

CANGIANO, C.A. (1996) Métodos de medición de fitomasa aérea. En: *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, Buenos Aires, Argentina: INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Área de Producción Animal. Pp. 117 - 128.

COULLOUDON, B. et. al. (1999) Sampling vegetation attributes: Interagency Technical Reference. Denver, Colorado, EE.UU.: Bureau of Land Management. Pp. 171

DÍAZ, R.O. (2007) Utilización de pastizales naturales. Córdoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor. Pp. 456.

GARCÍA ESPIL, A. (1991) Evaluación de recursos forrajeros. Buenos Aires: CREA.

GÓMEZ, D. (2008) Métodos para el estudio de los pastos, su caracterización ecológica y valoración. En: *Pastos del Pirineo* (Fillat, F.; García-González, R.; Gómez, D. & Reiné, R., eds.). Huesca, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Pp. 75-109.

GUTIÉRREZ MERINO, E. (2008) La dendrocronología: métodos y aplicaciones. *Arqueología náutica mediterránea*, Pp. 309-322.

HUGHES, C.E.; RINGELBERG, J.J.; LEWIS, G.P. & CATALANO, S.A. (2022) Desintegration of the genus *Prosopis* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae, mimosoid clade). *PhytoKeys* 205: 147-189.

- HUSS, D.; Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) & FAO (1996) Principios de manejo de praderas naturales. Santiago, Chile: FAO. Pp. 272.
- KARLIN, M.S. (2013) Producción ganadera y oferta forrajera. El chaco árido. Marcos Sebastián Karlin Ed.
- KEMERER, A. (2011) Procedimientos para la delimitación de zonas de manejo mediante imágenes satelitales. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA. ISBN: 978-987-679-027-7.
- MARTELLA, M.B.; TRUMPER, E.; BELLIS, L.M.; RENISON, D.; GIORDANO, P.F.; BAZZANO, G. & GLEISER, R.M. 2012. Manual de Ecología. Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca (Biología). Serie Ecología, 5 (1): 1-31.
- MARTIN, G.O. (2005) Estructura y composición del pastizal natural. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán, Serie didáctica 78, 1-49.
- MATTEUCCI, D.S. & COLMA, A. (1982) Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología. Monografía N° 22. Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 168 pp.
- MORLÁNS, M.C. (2005) Comunidad o biocenosis. Área Ecología. Catamarca, Argentina: Editorial Científica Universitaria. Universidad Nacional de Catamarca. ISSN: 1852-3013.
- MOSTACEDO, B. & FREDERICKSEN, T.S. (2000) Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia: El País.
- ODUM, E.O. (1972) Ecología. 3era. Edición. México: Nueva Editorial Interamericana. ISBN: 968-25-0042-7. Pp. 640.
- PARERA, A. & CARRIQUIRY, E. (2014) Manual de prácticas rurales asociadas al Índice de Conservación de Pastizales Naturales (ICP). Argentina: Aves Uruguay. Pp. 204.
- QUIROGA, E.; RICARTE, A.; NAMUR, P. (h); DÍAZ, R. & GUSMÁN, L. (2020) Estimación de la productividad forrajera. Manual para evaluación de pastizales naturales del Chaco Árido con fines ganaderos. Compiladores: Blanco, L.J. & Quiroga, R.E. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- RICARTE, A. (2013) Estimación de la productividad forrajera de leñosas y capacidad de carga caprina de un potrero. INTA.
- RICARTE, R.A. & BIRRIUM, F.N. Metodología para evaluar la productividad forrajera de plantas leñosas. Comunicación. INTA EEA. La Rioja.
- SIFFREDI, G.L.; BOGGIO, F.; GIORGETTI, H.; AYESA, J.A.; KRÖPFL, A. & ÁLVAREZ, J.M. (2013) Guía para la evaluación de pastizales: para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte. 2da. Edición. Bariloche, Argentina: Ediciones INTA. Pp. 69.

Sistema de Información Patagonia Sur (INTA): <http://sipas.inta.gob.ar/?q=maras-como-es-monitor>

Teledet (Bense, T.) Sextas Jornadas de Educación en Percepción Remota en el Ámbito del Mercosur y Primeras Uruguayas sobre el mismo tema. Evento organizado por Selper. Noviembre de 2007.

<https://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/satelites-resolucion-espectral.htm>

WABO, E. (1999) Estructura y densidad. Curso de Dasonomía. Guía de clases. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata.

[http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/7420/mod\\_folder/content/0/14\\_Estructura\\_y\\_densidad.pdf?forcedownload=1](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/7420/mod_folder/content/0/14_Estructura_y_densidad.pdf?forcedownload=1)



Ana Inés Pais Bosch  
2023