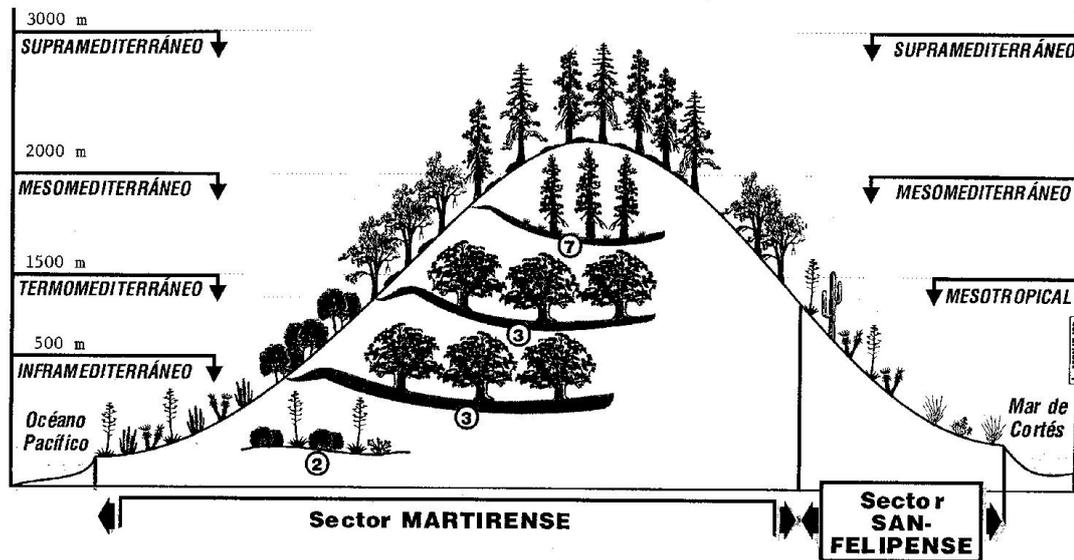




UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS

Manual de Practicas de Laboratorio  
Geobotánica\*



Versión 14

PLAN DE ESTUDIOS BIOLÓGÍA

2017-2

Elaboro:

Dr. José Delgadillo Rodríguez

Abril 2022

## CONTENIDO

No. de práctica	Nombre de la práctica	No. Página
	Reglas de seguridad en el laboratorio	3
1	Bioclimatología	4
2	Clasificación y ordenación con R	18
3	Cartografía y Geobotánica	40
4	Análisis de mapas de vegetación	58
5	Fitosociología	70
	Glosario sintético	80

\* Este manual se ha elaborado tomando como base, y permiso del autor: Alcaraz, Francisco. 1999. **Manual de Teoría y práctica de Geobotánica.**

## REGLAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO



- Localizar todos los equipos de seguridad como extinguidores, lavador de ojos, regaderas, etc.
- Proteger los ojos si trabajará con reactivos corrosivos, peligrosos o con luz ultravioleta.
- Usar bata de laboratorio, lo protegerá del material corrosivo o blanqueadores.
- Nunca pipetee con la boca o pruebe algún reactivo.
- No fumar, comer o beber en el laboratorio.
- El pelo largo de preferencia recogerlo.
- No usar sandalias con los pies descubiertos.
- No colocar los libros o cuadernos en el área de trabajo.
- Reporte cualquier daño o accidente en el laboratorio.
- Pregunte al maestro cualquier duda en el manejo de reactivos y/o equipos.
- Todos los reactivos pueden ser un riesgo para la salud, trabaje con cuidado.
- La mayoría de las prácticas de este laboratorio usan reactivos cancerígenos o tóxicos, así como agentes potencialmente patógenos, trabaje con seriedad y cuidado.
- En caso de contaminarse con algún reactivo lavarse con agua rápidamente y avisar al maestro.

**PRACTICA 1.****Título: Bioclimatología (8 hr)****Introducción**

El objetivo de la bioclimatología es buscar las relaciones entre el clima de los diversos territorios de la Tierra y su cubierta vegetal; se trata de poder predecir las características morfológicas y estructurales de la flora, vegetación y paisaje vegetal de un territorio una vez conocidos los datos climáticos del mismo y viceversa: dado el conocimiento de la vegetación de una zona, que puedan predecirse las principales características de su clima. Esto lo consigue a través del análisis de los datos de estaciones meteorológicas fiables y la aplicación a las mismos de una serie de transformaciones matemáticas, generalmente denominadas índices y el estudio de su significación. También se han ideado diversas formas gráficas de expresar estos datos en su conjunto, conocidos por diagramas bioclimáticos, de modo que se puedan inferir las principales características del bioclima de los diversos a partir de estos gráficos.

**OBJETIVO:**

En la práctica se van a probar las funciones aplicándolas a diversos ficheros, algunos ya preparados, pero deberán crear alguno utilizando los datos que se adjuntan en el apéndice de este documento. También pueden, si lo desean, utilizar datos propios, por ejemplo los de alguna estación meteorológica situada cerca de la zona en la que van a realizar el trabajo práctico, de este modo los resultados podrán utilizarlos en la confección del mismo. Posteriormente se navegará por Internet, para ver aplicaciones en línea con la clasificación climática de Rivas-Martínez, así como fuentes de datos meteorológicos a nivel mundial.

**Material**

- Computadora, de preferencia individual.
- Paquete estadístico R.
- Datos climáticos

## Metodología

Los problemas para desarrollar adecuadamente un estudio bioclimático son numerosos, destacando:

- Obtención de los datos (publicaciones, anotaciones en centros meteorológicos, obtención de los datos informatizados, etc.).
- Procurar que el periodo de toma de datos sea tan amplio como se pueda (menos de 2 ciclos solares –22 años– suele ser insuficiente).
- Selección de los datos de mayor interés.
- Selección de los índices a utilizar.
- Selección de los gráficos a usar.
- Realización de los diversos cálculos y diagramas e interpretación de los mismos.

Se utilizará el paquete informático «R» y se analizará parte de su utilidad para el cálculo y la representación gráfica. Estas capacidades se han usado para implementar paquetes específicos para muy distintos campos (ver lista de paquetes disponibles en <http://cran.es.r-project.org>). La bioclimatología es otra disciplina en la que «R» tiene muchas posibilidades; ya están disponibles un par de paquetes en la red relacionados con el clima (clim, climatol) en los que ya es evidente la potencia que puede alcanzar. Sin embargo, todavía no hay ninguno específico sobre bioclimatología; por eso se han preparado varias funciones que nos van a permitir hacer diversos cálculos de índices y crear diagramas; además se complementará la sesión de trabajo con la visita a algunas páginas en Internet desde las que se puede descargar datos climáticos o realizar análisis complementarios a los desarrollados en el aula.

Preparación de los datos: Las funciones que se han desarrollado en «R» para la práctica están adaptadas a un formato de datos homogéneo, de modo que los ficheros que se preparen puedan ser utilizados por todas ellas. Se ha separado la información de cada estación en dos ficheros independientes, uno de ellos (de extensión **.dat**) incluye los datos mensuales de precipitación en milímetros (**pm**), temperatura (en **grados centígrados**) media de las máximas (**tma**), temperatura media de las mínimas (**tmi**) y temperatura media de las mínimas absolutas (**tmia**). En caso de no disponer de detalles sobre los diversos aspectos de la temperatura el fichero puede quedar reducido a dos columnas, la primera con la precipitación media mensual (**pm**) y la segunda con la temperatura media mensual (**tm**), las funciones detectarán automáticamente si el fichero tiene dos o cuatro columnas, pero en el primer caso algunos de los cálculos no se llevarán a cabo (por ejemplo, en la función para realizar diagramas ombrotérmicos no se representarán los periodos de heladas probables y seguras) e incluso alguna función no podrá usarse (rivas.R). El segundo fichero

(de extensión **.loc**), incluye información relevante sobre la estación, como son su nombre (**est**), altitud (**alt**), número de años de toma de datos de precipitación (**yearp**), de temperatura (**yeart**), grados de latitud (**lat1**), minutos de latitud (**lat2**), hemisferio (**hem, 1: norte, 2: sur**), grados de longitud (**long1**), minutos de longitud (**long2**) y la longitud (**long3, 1: Este, 2: Oeste**). Aunque varía el tipo de extensión, el nombre base de los dos ficheros debe ser el mismo de cada estación. Es muy importante recordar que el signo decimal a utilizar en estos ficheros es un punto; caso de utilizarse la coma habría que cambiar los programas para que «R» interpretara adecuadamente los datos. Por lógica, el formato de los archivos de datos es sólo texto, asegurando una alta portabilidad.

Ejemplo de una función en R: cálculo del **índice de aridez de Lang** como ejemplo de lo relativamente sencillo que es crear funciones en «R» que lean los datos de estos archivos y apliquen un índice climático, vamos a ver paso a paso una función que calcula el índice de Lang y de acuerdo con el mismo da una clasificación bioclimática para la estación, presentándonosla en una de las ventanas gráficas de R. Recordemos que el índice de Lang, considerado por su autor como de aridez, es el resultado de la relación entre la precipitación media anual en milímetros y temperatura media anual en grados centígrados ( $IL = P_m/T_m$ ), según el valor. El índice Lang consideraba las siguientes zonas bioclimáticas:

- $0 \leq IL < 20$ : Desiertos
- $20 \leq IL < 40$ : Zona árida de estepas
- $40 \leq IL < 60$ : Zona semiárida de estepas y arbustos
- $60 \leq IL < 100$ : Zona húmeda de bosques ralos (templada cálida)
- $100 \leq IL < 160$ : Zona húmeda de bosques densos (templada húmeda)
- $IL \geq 160$ : Zona hiperhúmeda de prados y tundra.

¿Qué se va a hacer?: En la práctica se van a probar las funciones aplicándolas a diversos ficheros, algunos ya preparados, pero deberán crear alguno utilizando los datos que se adjuntan en el apéndice de este documento. También pueden, si lo desean, utilizar datos propios, por ejemplo, los de alguna estación meteorológica situada cerca de la zona en la que van a realizar el trabajo práctico, de este modo los resultados podrán utilizarlos en la confección del mismo. Posteriormente se navegará por Internet, para ver aplicaciones en línea con la clasificación climática de Rivas-Martínez, así como fuentes de datos meteorológicos a nivel mundial.

La sesión: Existen diversos programas para hacer esta conexión, se usará VNC (Virtual Network Client), para conectarse siga los siguientes pasos:

1. Arranque desde el menú de Windows → Biología → VNC-> vncviewer
2. Introduzca el nombre del servidor (servbiob.inf.um.es) y haga click en aceptar (OK)
3. Si todo ha ido bien verán la pantalla de bienvenida de servbiob.bio.um.es donde deberán introducir;
  - a. su nombre de usuario (**ma<x1>**)
  - b. su contraseña (biologia<x>)
4. Si lo anterior se ha realizado correctamente el sistema mostrará la pantalla del escritorio en el servidor figura 1.
5. Frecuentemente la pantalla aparece configurada para sólo 256 colores; puede arreglar esto haciendo «click» en la esquina superior derecha de la pantalla remota, sobre el icono con un “ojo”; se desplegará un menú con numerosas funciones, seleccione «Full colors».
6. Pulse entonces en el icono terminal que aparece en la barra de herramientas superior.
7. En la terminal escribiremos `cd Desktop/Botánica/Bioclima` para pasar al directorio donde están ubicadas las funciones que vamos a utilizar durante la práctica. Ahora puede arrancar el programa simplemente tecleando `R`.

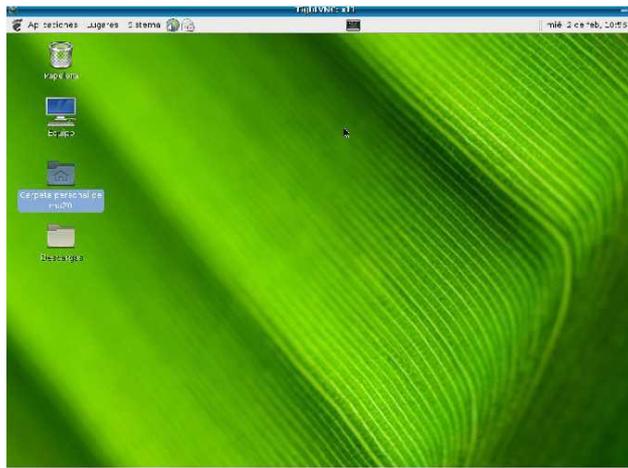


Figura 1.

### Diagramas simples

En todos los casos se procederá del mismo modo; primero cargamos la función y después ya se puede aplicar la función cargada sobre cualquiera de los ficheros de datos. Por ejemplo, para llamar a la función **tmbar**, deberemos proceder del modo siguiente (además se puede hacer una llamada a «**lang**» para que los textos estén en inglés, si se omite saldrán en español): `source ("tmbar.R")`. Se dispone de tres funciones simples:

- **tmbar**: diagrama de barras con la distribución mensual de temperaturas medias (ver figura 2).
- **pmbar**: diagrama de distribución mensual de precipitaciones medias.

Distribución mensual de temperaturas medias  
Ostrov (Rusia) ( 3 m)

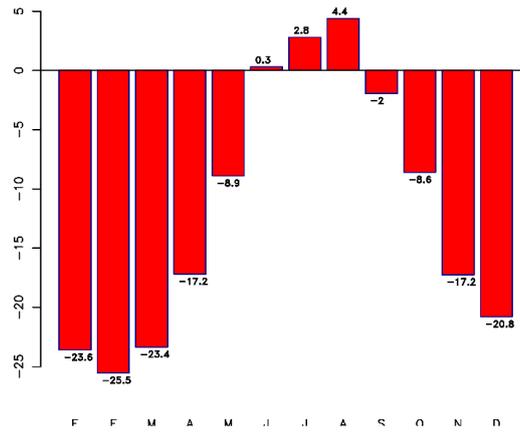


Figura 2. Aplicación de la función **tmbar** sobre la estación de Ostrov.

## Varios índices y clasificaciones

La función a continuación nos mostrará para la estación llamada los valores de varios **índices de aridez** y las clasificaciones derivadas de ellos: Dantin y Revenga, Holdridge, Köppen, Lang y Martonne. La función se llama «índices» (ver figura 3).

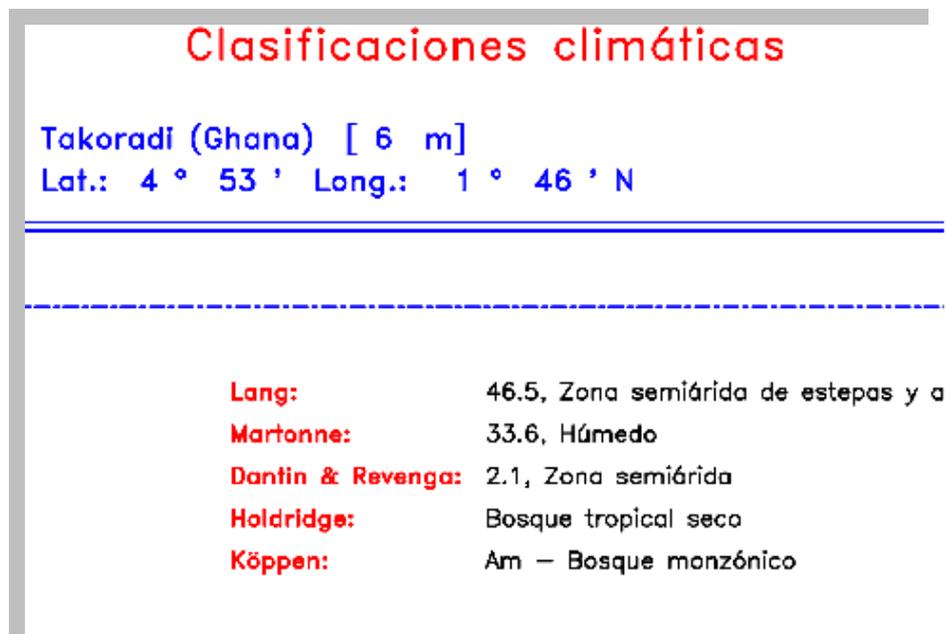


Figura 3. Aplicación de la función **índice** a la estación de Takoradi

### Índice de Dantin y Revenga

Tanto el índice de aridez de Lang como el de Martonne en realidad representa la inversa de aquella, pues a mayor aridez sus valores son más bajos. Por eso dos españoles (Dantin Cereceda y Revenga Carbonell, 1941) propusieron un verdadero **índice de aridez** con la siguiente formulación: **IDR=100 x Tm/Pm**. Consideran las siguientes zonas bioclimáticas:

- IDR < 2: Zona húmeda
- $2 \leq \text{IDR} < 3$ : Zona semiárida
- $3 \leq \text{IDR} < 6$ : Zona árida
- IDR  $\geq 6$  : Zona subdesértica

## Clasificación de Holdridge

Holdridge (1967) reconoció 38 zonas en función de las temperaturas medias en grados centígrados y la precipitación anual en milímetros. Este sistema es muy utilizado en Centro y Norteamérica (ver cuadro 1).

	Temp. °C						
<b>Precipitación anual mm</b>	< 1,5	1,5-3	3-6	6-12	12-18	18 - 24	> 24
<b>&lt; 125</b>	Polar	Tundra seca	Desierto boreal	Desierto templado o frío	Desierto templado o cálido	Desierto subtropical	Desierto tropical
<b>125 - 250</b>	Polar	Tundra húmeda	Matorral seco	Desierto arbustivo o templado o frío	Desierto arbustivo o templado o cálido	Desierto arbustivo subtropical	Desierto arbustivo tropical
<b>250 - 500</b>	Polar	Tundra muy húmeda	Bosque húmedo (puno)	Estepa	Estepa espinosa	Matorral espinoso subtropical	Matorral espinoso tropical
<b>500 - 1000</b>		Tundra pluvial	Bosque muy húmedo (páramo)	Bosque húmedo templado o frío	Bosque seco templado o cálido	Bosque seco subtropical	Bosque muy seco
<b>1000 - 2000</b>			Bosque pluvial (páramo pluvial)	Bosque muy húmedo templado o frío	Bosque húmedo templado o cálido	Bosque húmedo subtropical	Bosque tropical seco
<b>1000 - 2000</b>				Pluviisilva templada fría	Bosque muy húmedo templado o cálido	Bosque muy húmedo subtropical	Bosque húmedo tropical
<b>4000 - 8000</b>					Pluviisilva templada cálida	Pluviisilva subtropical	Bosque tropical muy húmedo
<b>&gt; 8000</b>							Pluviisilva tropical

Cuadro 1.

## Clasificación de Köppen

Es una de las clasificaciones más utilizadas. Fue desarrollada por Wladimir Köppen, un climatólogo alemán, sobre 1990, con algunas modificaciones posteriores (1918, 1936). Está fundamentada en la idea de que la vegetación natural es el mejor reflejo del clima y combina las medias anuales de temperaturas y precipitación, junto con la estacionalidad de las precipitaciones. Un esquema de la clasificación se puede ver en el cuadro 2. En dicho cuadro el significado de los símbolos usados es:

Cuadro 2: Clasificación de Köppen

Clima	Clase	Temperatura ·C·	Precipitación en cm <sup>a</sup>
Selva	Af <sup>1</sup>	$T_c > 18$	$P_d > 6, P_w > 100$
Sabana tropical	Aw <sup>2</sup>	$T_c > 18$	$P_w > 100; P_d < (6 - [P_w - 100]/25)$
Monzónico	Am <sup>3</sup>	$T_c > 18$	$P_w > 100; (6 - [P_w - 100]/25) < P_d < 6$
Estepas con corto periodo húmedo	BS <sup>4</sup>	$T_w > 10$	( $\alpha$ ) $2(T_c + 7) > P_w > (T_c + 7)$ ; ( $\beta$ ) $2(T_c + 14) > P_w > (T_c + 14)$ ; ( $\gamma$ ) $2T_c > P_w > T_c$
Desértico	BW <sup>4</sup>	$T_w > 10$	( $\alpha$ ) $P_w < (T_c + 7)$ ; ( $\beta$ ) $P_w < (T_c + 14)$ ; ( $\gamma$ ) $P_w < T_c$
Templado Mediterráneo	Transición Cf·Cw <sup>2</sup> ·Cs <sup>5</sup>	$-3 < T_c < 18$	(Cw) $P_w > 10P_d$ ; (Cs) $P_w > 3P_d$
Boreal oceánico, muy nivoso	Df <sup>1</sup> ; Dw <sup>2</sup>	$T_c < -3; T_w > 10$	(Dw) $P_w > 10P_d$
Boreal continental, poco nivoso			
Tundras	ET	$0 < T_w < 10$	
Hielos perennes	EF	$T_w < 0$	

• a:

- ✓  $T_c$  es la temperatura media del mes más frío.
- ✓  $T_w$  es la temperatura media del mes más cálido.
- ✓  $T_a$  es la temperatura media anual.

• b:

- ✓  $P_d$  es la precipitación media (cm) del mes más seco.
- ✓  $P_w$  es la precipitación media (cm) del mes más húmedo.
- ✓  $P_a$  es la precipitación media anual (cm).

- 1: f significa que la precipitación se distribuye a lo largo de todo el año.
- 2: w significa que el invierno es relativamente seco.
- 3: m significa un clima monzónico con un corto periodo invernal.
- 4: h o k puede ser añadido en un tercer nivel a los climas tipo B, si  $T_a > 18$  o  $T_a < 18$ , respectivamente.
- 5: s significa un verano seco.
  - ( $\alpha$ ): si la lluvia se distribuye a lo largo de todo el año.
  - ( $\beta$ ): si la mayor parte de la lluvia cae en verano.
  - ( $\gamma$ ): si la mayor parte de la lluvia cae en invierno.

### Índice de Aridez de Lang

Como ya se ha comentado con anterioridad, es el resultado de la relación entre la precipitación media anual en milímetros y temperatura media anual en grados centígrados ( $IL=Pm/Tm$ ), según el valor del índice, se consideran las siguientes zonas bioclimáticas:

- $0 \leq IL < 20$ : Desiertos
- $20 \leq IL < 40$ : Zona árida de estepas
- $40 \leq IL < 60$ : Zona semiárida de estepas y arbustos
- $60 \leq IL < 100$ : Zona húmeda de bosques ralos (templada cálida)
- $100 \leq IL < 160$ : Zona húmeda de bosques densos (templada húmeda)
- $IL \geq 160$ : Zona hiperhúmeda de prados y tundra

### Índice de aridez de Martonne

Muy similar al de Lang, simplemente consiste en evitar los efectos indeseables que pudieran darse en el cálculo del primero para estaciones de sitios muy fríos en los que la temperatura media anual puede ser negativa. De este modo el índice es el siguiente:

- $IM = Pm/Tm+10$  Las zonas reconocidas por Martonne son:
- $IM < 20$ : País seco ●  $20 \leq IM < 40$ : País subhúmedo
- $IM \geq 40$ : País Húmedo, la función se denomina a utilizar índices R. 3.5.

## Clasificación fitoclimática de Rivas-Martínez

Rivas Martínez distingue 5 tipos de unidades básicas o macrobioclimas: *Tropical*, *Mediterráneo*, *Templado*, *Boreal* y *Polar* y dentro de cada una varios bioclimas (ver figura 4). Además, considera una serie de variantes bioclimáticas particulares que matizan características especiales del clima en algunos casos. La función a cargar se denomina rivas.R, y se muestra como un cuadro con los principales índices y denominaciones climáticas.

Figura 4.

### Índices y diagnosis bioclimática

Takoradi (Ghana) [ 6 m]

Lat.: 4° 53' N, 1° 46' O

Media de las máximas del mes más frío (M)	26.7
Media de las mínimas del mes más frío (m)	21.1
Índice de termicidad (It)	737
Índice de termicidad compensado (Itc)	737
Índice de continentalidad (Ic)	3.6
Índice de diurnidad (Id)	8.9
Índice ombrotérmico anual (Ia)	3.88
Índice ombrotérmico mensual de sequía (Iod1)	1.19
Índice ombrotérmico bimensual de sequía (Iod2)	1.30
Índice ombrotérmico trimestral de sequía (Iod3):	1.35
Índice ombrotérmico cuatrimestral de sequía (Iod4):	1.74
Temperaturas positivas (Tp):	3108
Temperaturas negativas (Tn):	0
Temperatura estival (Ts):	739
Precipitación positiva (Pp):	1205
Cintura latitudinal:	<b>Ecuatorial</b>
Continentalidad:	<b>Hiperoceánico – Ultrahiperoceánico atenuado</b>
Bioclima (Variante):	<b>Tropical pluviestacional ( Bixérica )</b>
Sequía tropical:	<b>Pluviestacional subxerofítica</b>
Piso bioclimático:	<b>Infratropical superior Subhúmedo inferior</b>

## Climogramas

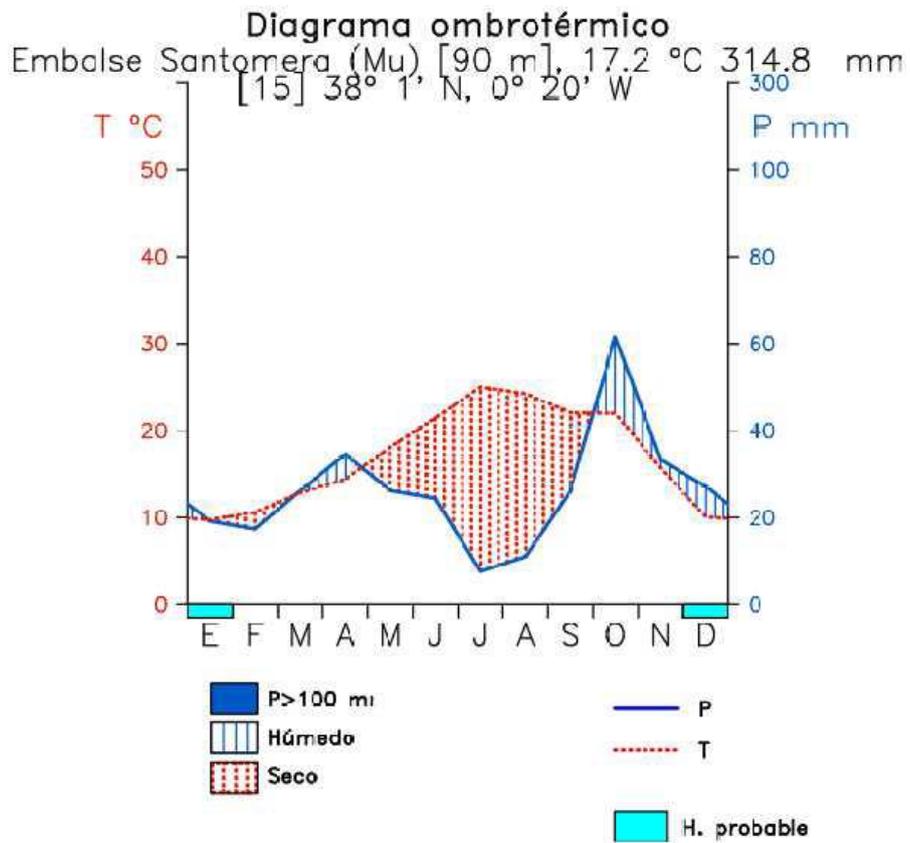
Muy utilizados por climatólogos, en ellos se representa en ordenadas la temperatura media de cada mes en grados centígrados y en abscisas la precipitación media de cada mes en milímetros, dan una clara idea de cuáles son los meses secos y los húmedos. La función se llama climogram.R .

## Diagramas ombrotérmicos de Bagnouls y Gausсен

De gran éxito en bioclimatología, estos diagramas se caracterizan porque:

- Un mes se considera seco si la precipitación en milímetros es menor que el doble de la temperatura en grados centígrados.
- En los diagramas se usan dos escalas, una para la temperatura y otra para la precipitación, de manera que a «x» grados de temperatura le corresponden «2x» milímetros de lluvia.
- La escala de lluvias se divide por 10 a partir del valor de 100 mm.
- Se representan los meses en el orden enero-diciembre en las estaciones del hemisferio Norte y julio- junio, para las del hemisferio Sur.
- Se pueden completar con referencias a las heladas probables y seguras, el periodo de actividad vegetal, diversos índices y la diagnosis bioclimática.
- Permiten comparar de un solo vistazo los climas de estaciones de todo el mundo.
- Las heladas se representan en una barra debajo de la línea horizontal que hay sobre las etiquetas de los meses. Se trata de una aproximación cuando se dispone de los datos de media de las mínimas ( $t_{mi}$ ) y media de las mínimas absolutas ( $t_{mia}$ ):
  - ✓ Si  $t_{mia} > 0$  y  $t_{mi} > 0$ : No hay heladas en ese mes.
  - ✓ Si  $t_{mia} < 0$  y  $t_{mi} > 0$ : Hay heladas probables en ese mes.
  - ✓ Si  $t_{mia} < 0$  y  $t_{mi} < 0$ : Hay heladas seguras en ese mes.
- Si no se dispone de estos datos, el programa funciona también pero no representará las heladas. Las funciones para cargar son:
  - diagram.R: muestra el diagrama (ver figura 5).
  - resumen.R: cuadro resumen de datos.

Figura 5.

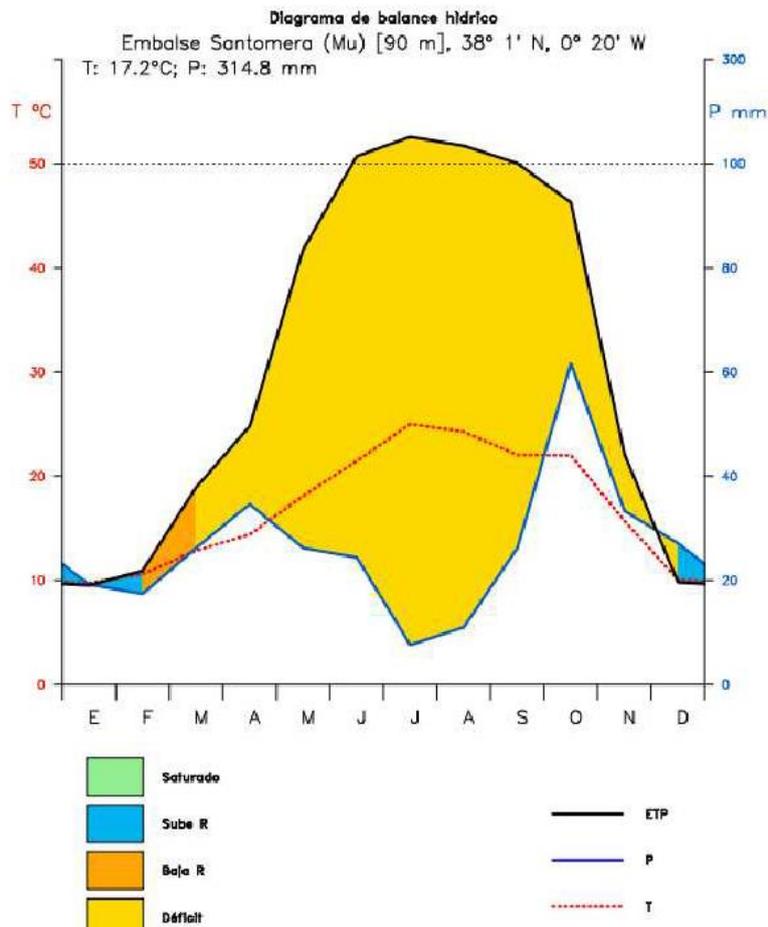


## Balance hídrico

Muy utilizados en edafología para conocer el estado hídrico del suelo a lo largo del año. Además de la opción de lengua (lang="en"), podemos dar otro parámetro, que es el de la capacidad del suelo para absorber agua (reserva); por defecto la reserva utilizada por el programa es de 200, pero se puede cambiar al introducirla como opción (res=«nuestro valor»). Se utilizarán dos funciones, la primera nos muestra en una tabla todos los cálculos, la segunda realiza el diagrama:

- bh.R
- diagramabh.R (ver figura 6).

Figura 6.



## Creando ficheros para impresión

Podemos desde R hacer que la salida gráfica, que por defecto es al monitor del ordenador, se realice a un fichero, destacando por su utilidad los de formato «pdf» y el vectorial «svg». Antes de hacer la llamada a la función (por ejemplo «diagram») es preciso cargar la librería `cairoDevice` y cambiar de salida, desde monitor a pdf o svg, dando el nombre del fichero, y después de lanzar la función hay que cerrar la salida para que de nuevo esta se redirija a la pantalla. Un ejemplo para ambas salidas, suponiendo que queremos el diagrama climático de la estación de «tamatave»:

- Salida a pdf

```
library(cairoDevice)
source("diagram.R")
Cairo(file="tamatavediagrama.pdf",width=7,height=7,pointsize=10)
diagram("tamatave")
dev.off()
```

Basta cambiar la extensión del nombre del fichero a «ps», «png», «svg» para obtener los ficheros en los formatos correspondientes. Al final de estos procesos tendremos en el directorio de trabajo los ficheros con el nombre que hemos puesto y la extensión correspondiente.

## Referencias

- Blaney, H.F. y Criddle, W.D. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. VSDA, Soil Conservation Service Technical.
- Paper 96. Dantin, J. y Revenga, A. 1941. Las líneas y las zonas isóxeras de España, según los índices termopluviométricos. Avance al estudio de la aridez en España. Estudios Geográficos, 2: 35-91.
- Gausson, H. y Bagnouls, F. 1952. L'indice xérothermique. Bulletin de l'association des Géographes français: 10-16.
- Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science, 105: 367-368.
- Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. Rev. ed. San José, Tropical Science Center.
- Köppen, W. 1900. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihrer Beziehung zur Pflanzenwelt. Geographische Zeitschrift, 6: 593-611, 657-679.
- Köppen, W. 1936. Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, Bd. 1, Teil C. Lang, R. 1920. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart.

- De Martonne, E. de. 1926. Aréisme et l'indice d'aridité. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 182.
- Papadakis, J. 1966. Climates of the World and their agricultural potentialities. Buenos Aires.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society A., 193: 120-146.
- Thornthwaite, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. Geographical Revue, 38: 55-94.
- Turc, L. 1954. Le bilan d'eau des dols: relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Sol Africains, 3: 575-582.
- Walter, H. 1955. Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 68: 331-334.

### Internet

- <http://www.globalbioclimatics.org>. [http://en.wikipedia.org/wiki/Koppen\\_climate\\_classification](http://en.wikipedia.org/wiki/Koppen_climate_classification)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_Holdridge](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Holdridge) <http://webs.ono.com/climatol/climatol.html>
- <http://www.aproa.cl/1531/fo-article-67553.pdf>
- <http://www.cna.gob.mx>
- <http://www.inm.es>
- <http://www.ucm.es/info/cif>
- <http://www.um.es/docencia/geobotanica>
- <http://www.weatherbase.com>
- <http://www.worldclimate.com>

## PRACTICA 2.

### Título: Clasificación y ordenación con R (8 hr).

#### Introducción

#### Qué es R

R es un lenguaje y entorno para el tratamiento numérico de datos y la creación de gráficos. R implementa un dialecto del lenguaje S y provee una amplia variedad de técnicas estadísticas y gráficas (modelización lineal y no lineal, tests estadísticos, análisis de series temporales, clasificación, ordenación, etc.). R es fácilmente extensible al permitir definir nuevas funciones e incluso bibliotecas (librerías), de las que existen numerosas ya disponibles.

R es software libre bajo la licencia GPL, por lo que puede obtenerse el código completo de la aplicación. Está disponible para numerosas plataformas y sistemas operativos, incluidos Solaris, Windows 9x/NT/2000/XP, FreeBSD y Linux, y proporciona:

- Un conjunto coherente y extensivo de instrumentos para el análisis y el tratamiento estadístico de datos.
- Un lenguaje para expresar modelos estadísticos y herramientas para manejar modelos lineales y no lineales.
- Utilidades gráficas para el análisis de datos y la visualización en cualquier estación gráfica o impresora.
- Un eficiente lenguaje de programación orientado a objetos, que crece fácilmente merced a la comunidad de usuarios.

En la distribución base de R se incluyen herramientas para:

- La descripción, tabulación y representación gráfica de datos.
- Inferencia estadística. Regresión y análisis de la varianza. Modelos lineales generalizados.
- Técnicas multivariantes: clasificación y ordenación.
- Series temporales. Análisis de supervivencia.
- Cálculo matricial.
- Resolución de sistemas de ecuaciones lineales.
- Cálculo numérico.
- Interpolación.

Pero, además, existen librerías que incorporan análisis y funciones adicionales, destacando algunas relativas a:

- Interpolación espacial.
- Análisis discriminante.  
Visualización de datos en tres dimensiones.
- Análisis de la vegetación (vegan).

## Descarga e instalación

Descarga en <http://cran.rproject.org/bin>, muchas distribuciones Linux tienen en sus repositorios el paquete básico de **R**.

El sistema se puede extender con librerías (paquetes de funciones), que incluyen funciones con documentación en un formato estandarizado, accesible con la ayuda normal de «R» una vez instaladas. Algunas librerías de interés:

- Vegan (análisis de vegetación y taxonómico)
- RSvgDevide (salidas gráficas en formato svg)
  - scatterplot3d (salidas en tres dimensiones, muchas animadas)
  - clim.pac, climatol (análisis de datos climáticos, diagramas, etc.).
  - rgl (acceso a librerías OpenGL).

Estas librerías se instalan según el sistema operativo:

- Windows: desde el menú de paquetes (librerías)
- Linux, desde fuera del programa: **R CMD INSTALL paquete-x.y.z.tar.gz**
- Linux, desde dentro de R: **install.packages (nombre-del-paquete)**

## Iniciando la sesión

En estas prácticas se trabajará con un sistema operativo multiusuario como este resulta frecuente hacer conexiones remotas desde otro ordenador que actúa como terminal. Existen diversos programas para hacer esta conexión, vamos a utilizar VNC (Virtual Network Client), para conectarse sigue los siguientes pasos:

1. Arranque desde el menú de Windows → Prácticas → VNC-> Vncviewer
2. Introduzca el nombre del servidor (**servbiob.inf.um.es**) y haga click en aceptar (OK)
3. Si todo ha ido bien verán la pantalla de bienvenida de **servbiob.bio.um.es** donde deberán introducir
  4. Su nombre de usuario (**ma<x<sup>1</sup>>**)
  5. Su contraseña (**biologia<x>**)
6. Si lo anterior se ha realizado correctamente el sistema mostrará la pantalla del escritorio en el servidor remoto (algo similar a lo mostrado en la figura 1).
7. Pulse entonces en el icono terminal que aparece en la barra de herramientas superior.
  8. En la terminal escribiremos **cd Desktop/Botanica/R** para pasar al directorio donde están ubicadas las funciones que vamos a utilizar durante la práctica. Ahora puede arrancar el programa simplemente tecleando **R**.

### Entrada y abandono de R

Para arrancar **R**, basta con invocarlo desde la línea de comandos (Linux) o haciendo doble «click» sobre el icono *R* en el escritorio de Windows. En el caso de los usuarios de Windows se abrirá una ventana desde la que se podrán ir escribiendo comandos, seleccionando datos, etc. El usuario de Linux podrá escribir comandos desde la misma consola en la que inició **R**.

Para terminar una sesión de R adecuadamente debe utilizar la función «**q()**» que obliga a determinar si queremos abandonar los datos y el histórico de órdenes, lo deseamos grabar o cancelamos el abandono.

Es fundamental al iniciar la sesión indicar cuál será el directorio de trabajo, en el que se encontrarán todos los ficheros a cargar y donde se grabarán los que se creen durante la sesión. Desde Windows en el menú «Archivo»-

>Cambiar directorio; en Linux con la orden «**setwd("directorio-de-trabajo")**».

### Una sesión de trabajo sencilla

- **x <- rnorm(25)**: creamos un vector de 25 elementos con valores aleatorios.
- **x**: muestra los valores del vector creado.
- **a <- rnorm(25)**: creamos otro vector de 25 elementos.

1 <x> es un número, del 1 al 20, que será señalado para cada puesto informático por el profesor.

- **y <- x + a/10**: suma ponderada de los vectores anteriores elemento a elemento.
- **rm(a)**: elimina el vector a.
- **summary(x)**: estadísticos de x.
- **summary(y)**: estadísticos de y.
- **mlyx <- lm(y~x)**: análisis de regresión para «x», independiente «y» dependiente (en Windows el símbolo ~ se obtiene manteniendo pulsada la tecla «ALT» y tecleando «126», aquí (Linux) con «ALTGR» + «4».
- **plot(x,y)**: representación de los puntos analizados.
- **abline(mlyx)**: representación de la recta obtenida.
- **summary(mlyx)**: representación de los resultados del análisis.
- **plot(mlyx)**: representación de los distintos elementos resultantes del análisis.

### Ayuda en R

- **help(), ?**: Proporciona ayuda sobre una palabra clave.
- **help.start()**: Inicia consulta de la ayuda desde un navegador.
- **example()**: Muestra los resultados propuestos en el ejemplo.
- **demo()**: Muestra la relación de *demos* disponibles.
- **library()**: Muestra la relación de bibliotecas de funciones disponibles.
- **data()**: Muestra la relación de datos de ejemplo disponibles.
- **apropos()**: Muestra la relación de objetos disponibles con una cadena dada.

### Preparación de los datos

En vegetación se suele trabajar con tablas, en las que las variables (especies) se sitúan en filas, pero en la ortodoxia estadística las variables debieran ubicarse en columnas; de hecho así es como esperan encontrar los datos muchas de las funciones que se van a utilizar (las unidades muestrales deben ubicarse en las filas); no obstante esto no supone un gran problema, pues una vez cargados los datos en «R» la función **t(matriz)** transpone la matriz y ubica las especies en la posición adecuada.

### Nombres de las especies

También conviene acortar los nombres de las especies, para evitar gráficos colapsados por las etiquetas. La abreviación estandarizada es la CEP (Cornell Ecology Programas), en la que se usan ocho caracteres: en primer lugar, los cuatro primeros del nombre genérico y después los 4 primeros del epíteto específico o, en su caso, subespecífico o varietal. Por ejemplo, *Quercus ilex* subsp. *ballota* se escribiría como **QUERILEB**. En la

librería `vegan` se dispone de la función `make.cepnames` para transformar largas listas de nombres de organismos al estándar.

### La dominancia-abundancia de Braun-Blanquet

Los valores para cada especie en cada unidad muestral deben ser numéricos. Esto plantea algunos problemas con dos índices habituales en los inventarios (unidades muestrales) fitosociológicos, **+**, **r**; además se sabe que estadísticamente la mayor parte de las especies tienen como índice de abundancia el «2». Por lo tanto, es necesaria una transformación para resolver lo primero y una estandarización para que todas las clases de abundancia-dominancia tengan similar importancia en el análisis. La transformación-estandarización más aceptada es la de Van der Maarel (cuadro 1).

Cuadro 1: Transformación-estandarización de van der Maarel del índice de abundancia-dominancia

Índice	Valor
ausencia	0
r	1
+	2
1	3
2a	4
2b	5
2c	6
3	7
4	8
5	9

### Datos de la comunidad y ambientales

- Mejor separarlos en dos ficheros distintos
- El orden de los lugares debe ser idéntico en ambos conjuntos de datos
- Las variables tipo factor deben ser codificadas con nombres informativos
- No usar variables tipo «dummy»
  - Los datos de las especies deben ser numéricos: use «0» para las especies ausentes, mientras que valores ambientales ausentes deben de ponerse como «NA»

## Transformación de los datos

En ocasiones es necesario realizar transformaciones de los datos para sacar más luz a los mismos; estas transformaciones pueden ser previas a los análisis o posteriores, como consecuencia de los mismos. Si un análisis inicial revela que varias especies o unidades muestrales están sobrevaloradas, interesa entonces homogeneizar la importancia de todas las variables, para ello se puede:

- **Estandarizar: scale (matriz)**, si se producen números negativos habrá que sumarle a la matriz un número positivo superior al negativo más bajo (**matriz + 0.5->matriz**).
- **Enmascarar** (eliminar filas o columnas de la matriz):
  - **x1<- x[-1,]**: elimina la unidad muestral (fila) 1 de «x»
  - **x1<- x[, -2]**: elimina la especie (columna) 2 de «x»
- **Transformar a presencia/ausencia** (ejemplo para la matriz yesos):
  - **yesos2 <- ifelse(yesos>0,1,0)**

## Creación de un fichero simple

Crearemos un ejemplo sencillo de fichero para «R» con un editor de textos sencillo (bloc de notas, kwriter, nedit, mc, emax, etc.). Se dispone de cinco unidades muestrales de vegetación correspondientes a encinares y alcornoques, abreviaremos los nombres (ver cuadro 2) y grabaremos el archivo con el nombre de «**encinar.txt**» (ver cuadro 3).

Para archivos más voluminosos es aconsejable usar una hoja de cálculo (OpenOffice.org Calc, Excel, Lotus, etc.). Al final habrá que exportar la hoja a un formato de «solo texto», siendo uno de los más útiles el formato «.csv». Una vez exportado conviene abrir el fichero resultante con un simple editor de textos para comprobar que en el proceso no se hayan incluido símbolos extraños ni comas o punto y comas fuera de sitio. En la exportación se puede elegir el tipo de separador (espacio, coma, punto y coma) entre datos, depende de cuál sea nuestra elección la función para cargar los archivos por parte de «R» (read.table o read.csv) puede necesitar unos parámetros u otros.

Cuadro 2: Ejemplos sobre la forma de abreviar los nombres de los taxones

Nombre científico	Abreviatur
<i>Astragalus lusitanicus</i>	ASTRLUSI
<i>Cistus clusi</i> subsp. <i>multiflorus</i>	CISTMULT
<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i>	QUERILEB
<i>Quercus suber</i>	QUERSUBE

Cuadro 3: Ejemplo de 5 muestras hipotéticas de encinar y alcornocal

QUERILEB	QUERSUBE	CISTMULT	CISTPOPU	ERICARBO		
3	0	3	0	0	2	0
5	1	3	1	1	3	1
1	5	0	2	2	0	3
0	4	0	3	2	0	3
5	0	4	6	0	2	0

Ahora crearemos el cuadro ejemplo fichero de las dos maneras, con un editor de texto sencillo (ver figura 2) y con una hoja de cálculo. En el primer caso se deberán teclear los datos en el formato mencionado (separando con un espacio uno de otro y cada muestra en líneas diferentes), tal y como aparece en la figura mc. El fichero será guardado con el nombre de «**encinar.txt**».

En el segundo caso cada dato ocupará una celdilla, la celdilla A1 debe quedar en blanco si queremos usar la primera columna para poner etiquetas a las distintas unidades muestrales.

Se cargará el fichero (**read.table** o **read.csv**) y después con **edit (variable en la que se ha grabado el contenido del fichero)** podremos comprobar si la carga ha sido correcta. En el caso de haber realizado el fichero con la hoja de cálculo, habrá que hacer la exportación a «**.csv**», luego habrá que editar el fichero para borrar el «;» o la «,» inicial antes de que lo pueda leer «R». También hay que cambiar la forma en que «R» lee el fichero, pues la separación entre dato y dato en la misma línea no es ahora un espacio, sino una «,» (OpenOffice.org Calc) o un «;» (Excel); de modo que el comando para cargar con Calc los datos será:

```
read.table("encinar.txt",header=T) -> encinar
```

o bien:

```
read.table("encinar.txt",header=T,sep=";") -> encinar
```

o bien:

```
read.csv("yesos.dat")->yesos
```

```

Práctica 2 : nano
Archivo Editar Ver Historial Marcadores Preferencias Ayuda
GNU nano 2.0.9 Fichero: encinar.txt
QUERILEB QUERSUBE CISTMULT CISTPOPU ERICARBO LAVASAMP
LAVALUIS
3 0 3 0 0 2 0
5 1 3 1 1 3 1
1 5 0 2 2 0 3
5 0 4 6 0 2 0
[ 6 líneas escritas ]
^G Ver ayu^O Guardar^R Leer Fi^Y Pág Ant^K CortarT^C Pos actual
^X Salir ^J Justifi^W Buscar ^V Pág Sig^U PegarTx^T Ortografía
Práctica 2 : nano

```

Figura 2: El fichero encinar.txt realizado con el editor de texto nano.

## Clasificación con R

R incluye la función **hclust** para la realización de clasificaciones jerárquicas. La librería **vegan** está enfocada hacia la clasificación, pero proporciona alguna herramienta útil para este tipo de análisis numérico (**vegdist**). La librería **labdsv** es particularmente potente en sus funciones de clasificación.

Una clasificación precisa que el investigador le pase dos opciones básicas a R:

- Medida de similitud/disimilitud para calcular la matriz de distancias
- Estrategia de fusión

Posteriormente, en la interpretación de los datos el investigador deberá decidir el punto de corte y, con ello, el número de grupos.

Se puede usar la función nativa de R **dist** para calcular la matriz de distancias; por defecto el programa usa la distancia euclídea (euclidean), pero es posible elegir varias más con la opción **method="<método>"**: **maximum**, **manhattan**, **canberra**, **binary**, **minkowski**. La librería «**vegan**», que usaremos más adelante en la práctica, tiene una función «**vegdist**» que incluye varios tipos de distancia (**euclidean**, **manhattan**, **gower**, **canberra**, **bray**, **kulczynski**, **morisita**, **horn**, **binomial**, **jaccard**, **mountford**, **raup**, **binomial**, **chao**). Las estrategias de fusión disponibles en **hclust** son las siguientes:

- “ward”
- “single”: o vecino más próximo, encuentra el árbol más corto que incluya a todos los puntos, encuentra discontinuidades y encadena grupos de tamaño desigual.
- “complete”: crea grupos compactos de tamaño similar, incluso aunque no se den en la realidad.
- “average” (UPGMA: entre los dos métodos anteriores, minimiza la correlación cofenética).
- “mcquitty”
- “median”
- “centroid”

### Clasificación jerárquica

La función «hclust» permite realizar clasificaciones jerárquicas. Vamos a realizar una prueba con el fichero

«encinar.txt» creado en el apartado anterior. (ver cuadro 4); el resultado se puede observar en la figura 3.

Cuadro 4: Pasos para una clasificación jerárquica con matriz de distancia euclídea y estrategia de fusión de la media

<b>Etapas</b>	<b>Comand</b>
<b>R lee el fichero de datos y lo asigna a la matriz</b>	<code>read.table("encinar.txt",header=T) -&gt; encinar</code>
<b>Clasificación jerárquica con estrategia de fusión de la media el resultado se asigna a</b>	<code>hc &lt;- hclust(dist(encinar), method="average")</code>
<b>Finalmente, se muestra el</b>	<code>plot(hc)</code>
<b>Vea como cambia ahora con esta</b>	<code>plot(hc,hang=-1)</code>

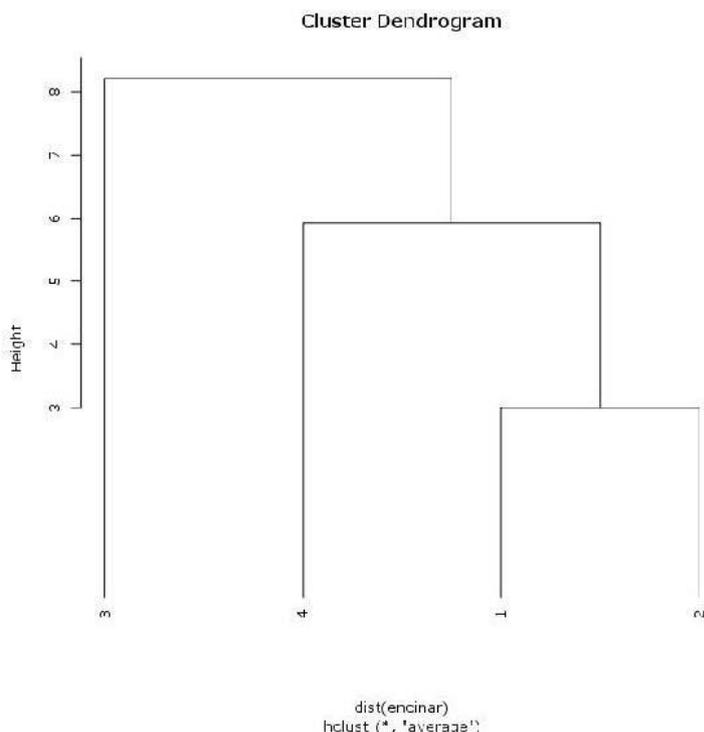


Figura 3: Clasificación de las muestras incluidas en encinar.txt con la estrategia de fusión de la media

La orden **plot** es muy potente en **R**, por ejemplo, el tamaño de los textos se puede controlar del modo siguiente:

- **cex**: tamaño del texto (es un multiplicador, para textos menores, usar números menor de 1)
- **cex.axis**: tamaño de las etiquetas tick del eje.
- **cex.lab**: tamaño de las etiquetas del eje
- **cex.main**: tamaño del texto título del gráfico
- **cex.sub**: tamaño del texto del subtítulo.

Si el texto ha quedado muy pequeño la orden para dibujar el cluster puede ser modificada así:

**plot(hc,hang=-1,cex=1.5)**

Tras este ejemplo, se va a utilizar un fichero previamente creado con unas 61 especies y 29 unidades muestrales de vegetación correspondientes a tomillares abiertos en gipsisoles compactos del Sureste de España (**yesos.dat**). Se aplicarán diversas transformaciones y funciones a la matriz de datos, para de este modo dar una idea general de las posibilidades de R aplicado al análisis numérico de datos sobre vegetación. La mayoría de las funciones que van a utilizar tienen numerosas opciones, de las que se

va a usar sólo las más generales. Se puede profundizar en el tema descargando el manual de referencia de R (ver fuentes bibliográficas, documentos) en cuyas páginas 895 a 925 se detalla la biblioteca básica «stats» que incluye muchas de estas funciones de clasificación.

Tras entrar en «R» fijamos como directorio de trabajo el que contiene el fichero de tomillares de yesos, a continuación se leen los datos de **yesos.dat**, asignándolos a la matriz «**yesos**»:

```
read.table("yesos.dat",header=T)->yesos
```

Si quieren ver el contenido de la matriz «yesos» basta con teclear desde «R»:

```
yesos
```

```
o
```

```
edit(yesos)
```

Para saber sus dimensiones: **dim(yesos)**. Los nombres abreviados de las especies los obtenemos con **names(yesos)**. Las muestras simplemente están numeradas, pero de haber tenido etiquetas se podrían ver con **row.names(yesos)**.

Ahora vamos a realizar varias clasificaciones jerárquicas usando el fichero yesos:

```
hc <- hclust(dist(yesos,"manhattan"),"average") plot(hc,hang=-1)  
plot(hclust(vegdist(yesos,"jaccard"),method="average"),hang=-1)
```

Podemos hacer más pruebas usando uno de los ficheros de datos incluidos en la librería «vegan»:

```
library(vegan)  
data(dune)  
dis<-vegdist(dune)  
clust<-hclust(dis,"single")  
plot(clus)
```

<sup>2</sup> Utilizando las flechas del cursor para arriba o para abajo se repiten las órdenes utilizadas previamente, se puede hacer aparecer el primer comando y cambiar «ave» por cualquiera de las otras abreviaturas

Algunos autores prefieren como estrategia de fusión la del vecino más próximo (**single**), porque puede ser representada muy bien en las ordenaciones y permite encontrar discontinuidades en los datos. Sin embargo, es proclive a encadenar datos. La estrategia de fusión del vecino más alejado (**complete**) origina cluster compactos. Muchos investigadores prefieren la estrategia de fusión de la media (**average**), compromiso entre los dos extremos anteriores y más neutrales en la agrupación. El método **average** es a veces conocido como **UPGMA**, muy popular en los inicios de la genética. Todos estos métodos son aglomerativos.

### Visualización e interpretación de las clases

Una vez obtenido el cluster, hay que decidir cuáles son los grupos que se reconocen y eso depende de los puntos de corte que se elijan. Entre las librerías base de «R» se incluyen las funciones **rect.hclust** para ver los cortes y la función **cutree** para hacer una clasificación con un cierto número de clases (ver figura 4):

```
library(vegan)
data(dune)
dis<-vegdist(dune)
cluc<-hclust(dis,"complete")
plot(cluc) rect.hclust(cluc,3)
grp<-cutree(cluc,3)
```

Una forma natural de inspeccionar la bondad de una clasificación de comunidades es comprobar hasta qué punto permite predecir variables ambientales externas que no fueron usadas en la clasificación.

Los resultados de la clasificación (cluster) pueden ser mostrados en diagramas de ordenación; **vegan** dispone de varias funciones apropiadas para esto: **ordihull**, **ordispider**, **ordiellipse**. Por ejemplo, para aplicar los tres grupos que hemos propuesto en las líneas anteriores y grabado en «grp» (ver figura 5):

```
library(vegan)
data(dune)
ord<-cca(dune)
plot(ord,display="sites")
ordihull(ord,grp, lty=2, col="red")
```

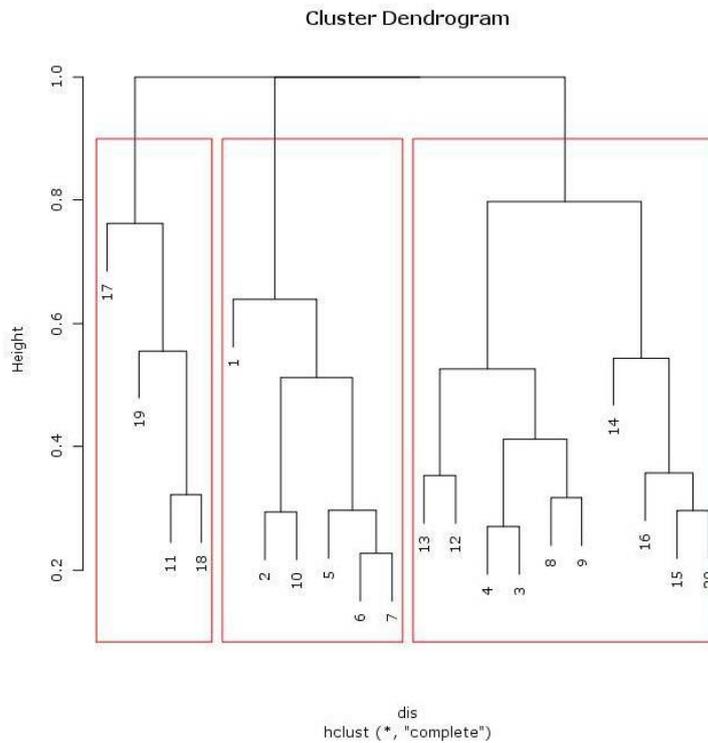


Figura 4: Ejemplo de la señalización de grupos usando rect.hclust

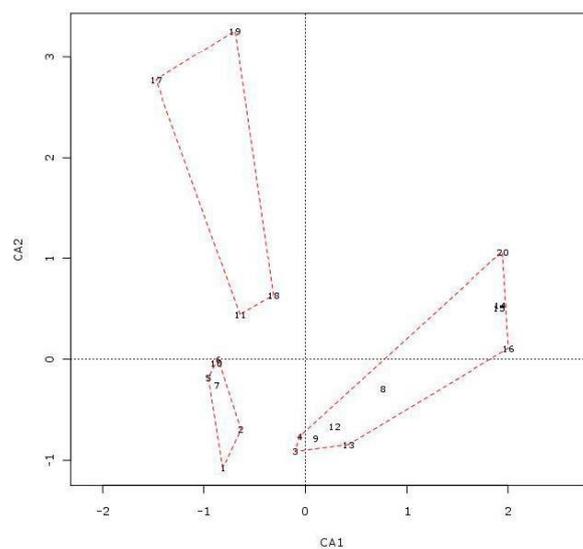


Figura 5: Ordenación con grupos previos en una clasificación

## Tablas de comunidades clasificadas

El objetivo de una clasificación es muchas veces crear un cuadro de comunidades vegetales. Para esto los inventarios y las especies deben ordenarse de modo que la tabla resultante tenga un aspecto estructurado; sin embargo, el cluster obtenido de una clasificación no muestra esta estructuración.

La librería base de «R» dispone de alguna función para hacer esto (**dendrogram**), pero **vegan** incluye una mucho más potente (**vegemite**) que produce cuadros de vegetación compactos; puede incluso trabajar con los resultados de una ordenación:

```
library(vegan)
read.table("yesos.dat", header=T)->yesos
## Se muestran sólo las especies más comunes freq<-apply(yesos >
0,2,sum) vegemite(yesos,3scale="Braun.Blanquet",sp.ind=freq>10)
## Ordenar usando un análisis de correspondencias
vegemite(yesos,use=decorana(yesos),"Braun.Blanquet",zero="-")
```

En ocasiones la transformación es para que un resultado de R pueda ser leído por otro programa. Por ejemplo, son varios los programas de análisis genético a los que el fichero de entrada debe ser una matriz originada a partir de la aplicación a los datos de una medida de similitud (típicamente el índice de **Jaccard**); sin embargo, cuando R calcula este índice se crea una semimatriz en diagonal que es rechazada por las aplicaciones para genética (por ejemplo, el programa **PAUP**); en este caso debe indicársele a **R** que cree una matriz rectangular.

## Uso de R para análisis genéticos

La matriz de similitud debe ser pasada a ciertos programas de análisis genético siendo rectangular (por ejemplo, el programa PAUP), pero la aplicación de índices de similitud crea semimatrices. Veamos con el fichero «yesos.dat» como conseguir el archivo con la estructura adecuada:

```
library(vegan) read.table("yesos.dat",header=T,sep=",")-> yesos
dim(yesos) #el resultado es [1] 29 59, interesa las 29 filas (unidades muestrales)
as.matrix(vegdist(yesos,"jaccard"))-> mimatrizdejaccard
write(mimatrizdejaccard,"jaccard.txt",ncolumns=29)
```

## Conclusiones

La clasificación jerárquica puede ayudar a sacar luz de nuestros datos y su aplicación en la fitosociología es muy clara; sin embargo, la interacción del investigador con el análisis es muy directa, afectando a tres pasos de este:

9. Medida de similitud, determinando la matriz de distancias
10. Estrategia de fusión, determinando cómo se agrupan los objetos
11. Punto de corte, determinando cuántos grupos se van a reconocer

### **Ordenación**

Las técnicas de ordenación más utilizadas son las de tipo métrico basadas en el método de los *Eigenectores*, dentro de estas el análisis de componentes principales (**PCA**) y el análisis de correspondencias (**CA**) son los más utilizados, siguiéndoles de lejos el análisis de coordenadas principales. El PCA está basado en la *distancia euclídea*, mientras que el CA utiliza la como distancia el  $\chi$  *cuadrado*, el análisis de coordenadas principales puede usar cualquier tipo de medida de distancia, pero cuando utiliza la euclídea su resultado es idéntico al del PCA.

## Análisis de componentes principales (PCA)

Esta técnica rota los datos en el espacio vectorial, de tal modo que la mayor parte de las variaciones se acumula en los primeros ejes. Utiliza la distancia euclídea como elemento métrico. Realiza una representación lineal de los datos, generalmente poco apropiada para el análisis de comunidades, pero resulta muy potente en la reducción de las medidas ambientales.

El análisis de componentes principales (PCA) puede realizarse con una función de la librería básica de «R»: **prcomp** o **princomp**. Para su adecuado funcionamiento el número de variables (especies) debe ser menor que el de unidades muestrales (inventarios); de no cumplirse esto hay que transponer la matriz:

```
read.table("yesos.dat", header=T)->yesos
t(yesos)->yesos2
biplot(princomp(yesos2))
cor(yesos2)
```

En «vegan» PCA se realiza con la función **rda**:

```
library(vegan)
data(varespec)
vare.pca<-rda(varespec)
plot(vare.pca)
```

Esta última orden nos da la siguiente salida:

```
Call:
rda(X = varespec)

              Inertia Rank
Total                1826
Unconstrained        1826 23
Inertia is variance

Eigenvalues for unconstrained axes:
  PC1  PC2  PC3  PC4  PC5  PC6  PC7  PC8
982.98 464.30 132.25 73.93 48.42 37.01 25.73 19.71
(Showned only 8 of all 23 unconstrained eigenvalues)
```

3 Se puede seleccionar un grupo de unidades muestrales con **select=c(57, 116,129)**

La salida nos dice que la inercia total es 1826 y esa inercia es la varianza. En otras palabras, cada eje explica una cierta proporción de varianza (el primero  $983/1826 = 53.8\%$ ). Si vemos el gráfico [`plot(vare.pca)`] el resultado es poco satisfactorio, dos especies de líquenes son las únicas visibles (*Cladina*, *Pleurozium schreberi* y todas las demás están amontonadas cerca del origen de coordenadas. Esto es debido a la equivalencia entre inercia y varianza, pues sólo las especies con elevada abundancia tienen significado en el resultado. Estandarizar todas las especies para unificar la varianza, o usar coeficientes de correlación en vez de covarianzas dará un resultado más equilibrado:

```
vare.pca<-rda(varespec,scale = TRUE)
vare.pca
```

Y este es el resultado:

**Call:**

```
rda(X = varespec,
scale = TRUE)
```

```
Inertia Rank
```

```
Total          44
Unconstrained   44 23
```

```
Inertia is correlations
```

```
Eigenvalues for unconstrained axes:
```

```
PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 PC7 PC8
8.898 4.756 4.264 3.732 2.964 2.884 2.727 2.180
```

```
(Showed only 8 of all 23 unconstrained eigenvalues)
```

Ahora la inercia es la correlación, el total de inercia es igual al número de variables (especies). El porcentaje explicado por el primer eje decrece respecto al del PCA anterior. Podemos ver el gráfico con `plot(vare.pca, scaling = 3)`

### **Análisis de correspondencias (CA)**

Semejante al PCA, reemplaza la métrica euclídea por la; además presupone un modelo de respuesta unimodal de las especies frente a los gradientes ambientales, no lineal con en el anterior. Resulta un método mucho mejor que aquel para la ordenación de comunidades.

```
library(vegan)
data(varespec)
vare.ca<-cca(varespec)
plot(vare.ca)
```

Este es el resultado:

```
Call:
cca(X = varespec)

          Inertia Rank
Total      2.083
Unconstrained 2.083 23
Inertia is mean squared contingency coefficient
Eigenvalues for unconstrained axes:
   CA1  CA2  CA3  CA4  CA5  CA6  CA7  CA8
0.52493 0.35680 0.23444 0.19546 0.17762 0.12156 0.11549 0.08894
(Showned only 8 of all 23 unconstrained eigenvalues)
```

Ahora la inercia es el coeficiente de cuadrados medios de la contingencia, basada en la distancia  $\chi$  cuadrado.

### Análisis de correspondencias segmentado (DCA)

El CA es un método mucho más robusto en la ordenación de comunidades que el PCA. Sin embargo, en gradientes ecológicos prolongados muestra algunos defectos que fueron corregidos en el análisis de correspondencias segmentado o DCA (detrended correspondence analysis):

- Gradientes simples pero prolongados, aparecen como curvas o arcos en la ordenación. La solución es segmentar los ejes.
- Las unidades muestrales se agrupan en los extremos del gradiente, para evitar esto habría que reescalar los ejes e igualar la varianza.
- Las especies raras influyen mucho en el resultado, es necesario quitarles peso.

Mientras en el PCA la curva tiende a ser convexa, con la parte central hacia arriba, en CA la curva suele ser cóncava. Todos estos trucos se incorporan en la función de «**vegan**» **decorana**, cuyo funcionamiento es simple: **vare.dca <-decorana(varespec)**; podemos ver el resultado gráfico (**plot(vare.dca)**) o si después queremos ver **vare.dca**, obtenemos lo siguiente:

**Call:**

**decorana(veg = varespec)**

**Detrended correspondence analysis with 26 segments. Rescaling of axes with 4 iterations.**

**DCA1 DCA2 DCA3  
DCA4**

**Eigenvalues 0.5235 0.3253 0.2001 0.19176**

**Decorana values 0.5249 0.1572 0.0967 0.06075**

**Axis lengths 2.8161 2.2054 1.5465 1.64864**

El DCA cumple tres objetivos:

1. Segmenta, para eliminar la curvatura producida por el CA.
2. Reescala, para corregir la acumulación de unidades muestrales en los extremos de los ejes de ordenación.
3. Baja el peso, para reducir la influencia de las especies raras.

Sin embargo, el DCA también crea artefactos, como la tendencia a disponer los objetos en un triángulo o diamante, así como retorcer el espacio en la representación final. Hay toda una escuela a favor de esta técnica para ordenaciones no canónicas, pero los trucos utilizados tienen escasa o nula base matemática.

### Gráficos de ordenación congestionados

A veces basta con especificar en la salida gráfica que sólo se muestren las especies (species) o las unidades muestrales (sites):

```
library(vegan)
data(dune)
dune.pca<-
rda(dune)
plot(dune.pca,display="sites")
```

Si esto es insuficiente se puede utilizar la función **ordiplot**(gráfico de puntos para diagramas congestionados) en vez de «spec» «sites» para poner las unidades muestrales o las especies en el diagrama.

```
library(vegan)
data(dune)
ordina<-cca(dune)
tmp<-ordiplot(ordina)
identify(tmp,"spec")
```

Señale con el ratón sobre las cruces del diagrama o cerca de ellas; verá cómo van apareciendo los nombres de las especies.

## Análisis multivariantes constreñidos (canónicos p.p.)

En las ordenaciones no forzadas primero encontramos la mayor variación de nuestros datos y luego relacionamos esta variación con las observaciones ambientales en el campo. En el caso de las ordenaciones constreñidas sólo queremos mostrar la variación que puede ser explicada por las variables ambientales utilizadas.

«Vegan» tiene dos métodos de ordenación constreñida que en realidad son las versiones adaptadas de los dos métodos básicos de ordenación: RDA y CCA. Vamos a teclear los siguientes comandos<sup>4</sup>:

```
library(vegan)
data(varespec)
data(varechem)
vare.cca<-cca(varespec ~ AI + P + K, varechem)
plot(vare.cca)
```

El último comando provoca la siguiente salida:

**Call:**

```
cca(formula = varespec ~ AI + P + K, data
= varechem) Inertia Rank
Total          2.0832
Constrained    0.6441  3
Unconstrained  1.4391  20
Inertia is mean squared contingency coefficient
Eigenvalues for constrained
axes: CCA1 CCA2 CCA3
0.3616 0.1700 0.1126
Eigenvalues for unconstrained axes:
CA1 CA2 CA3 CA4 CA5 CA6 CA7 CA8
0.35004 0.22008 0.18507 0.15512 0.13511 0.10027 0.07730 0.05369
(Showned only 8 of all 20 unconstrained eigenvalues)
```

<sup>4</sup> El símbolo se obtiene en linux pulsando la tecla «F5» o bien con la combinación «AltGr + 4».

La salida es similar a la de un PCA, pero ahora la inercia se descompone en componentes forzados y no forzados, hay tres componentes en los primeros, derivados de las variables utilizadas. La salida gráfica básica se obtiene con **plot(vare.cca)**, pero una salida más espectacular la podemos tener si usamos la librería **scatterplot3d**:

```
library(scatterplot3d)
ordiplot3d(vare.cca,type="h")
```

### **Combinación de ordenación y clasificación**

En esta sección se va a ver como combinar ambos métodos puede en ocasiones generar unos resultados que clarifican la interpretación de los datos. Se trata de hacer una ordenación sobre los datos originales y aplicar a los resultados (scores) de la misma una clasificación bastante estandarizada.

```
library(vegan)
scores(cca(yesos),display="sites",choices=c(1,2))->prueba
plot(hclust(dist(prueba),"war"),hang=-1)
```

Puede hacer la prueba en vez de con «sites» con «species»

### **Creando ficheros para impresión e intercalar en documentos**

Podemos desde R hacer que la salida gráfica, que por defecto es al monitor del ordenador, se realice a un fichero, destacando por su utilidad los de formato «**pdf**» y el vectorial «**svg**».

Antes de hacer la llamada a la función (por ejemplo «**diagram**») es preciso cargar la librería **cairoDevice** y cambiar la interfaz de salida, desde monitor a **pdf** o **svg**, dando el nombre del fichero, y después de lanzar la función hay que cerrar la salida para que de nuevo esta se redirija a la pantalla. Vamos a ver un ejemplo para ambas salidas, suponiendo que queremos el diagrama climático de la estación de «**tamatave**»:

- Salida a pdf

```
library(cairoDevice) source("diagram.R")
Cairo(file="tamatavediagrama.pdf",width=7,height=7,pointsize=10)
diagram("tamatave")
dev.off()
```

Basta cambiar la extensión del nombre del fichero a «ps», «png», «svg» para obtener los ficheros en los formatos correspondientes. Al final de estos procesos tendremos en el

directorio de trabajo los ficheros con el nombre que hemos puesto y la extensión correspondiente, los cuales podrá intercalar sin problemas en un documento.

### Referencias

- Venables, W.N. y Smith, D.M. 2003. *An introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 1.6.2.* Documento PDF.
- Oksanen, J. 12/01/2007. *Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial.* Documento PDF.
- Venables, W.N. y Smith, D.M. 2003. *The R Reference index.* Documento PDF.

### Páginas de Internet

<http://cc.oulu.fi/~jarioksa/softhelp/vegan.html>

<http://qilgames.bio.um.es/r.txt>

[http://labdsv.nr.usu.edu/splus\\_R](http://labdsv.nr.usu.edu/splus_R) <http://www.ci.tuwien.ac.at/R/>

## PRACTICA 3.

### Título: Cartografía y Geobotánica (6 hr)

#### Introducción

A pesar de la gran importancia que tiene para el Biólogo de campo el adecuado manejo de los mapas topográficos y geológicos, su análisis e interpretación no suele haber merecido la suficiente atención. La cantidad de información recogida en un mapa topográfico o geológico es enorme, pero rara vez se aprovecha más allá del 10% de la misma. En el trabajo práctico un detallado análisis del mapa de la zona nos va a permitir reconocer las áreas más interesantes a explorar antes de salir al campo.

#### Mapas topográficos

El estudio de la historia de la Cartografía o Topografía es verdaderamente sorprendente, pues hasta tiempos recientes la concepción de nuestro globo era muy imperfecta; afortunadamente en la actualidad el Planeta Azul ha sido fotografiado desde todos los ángulos y alturas e incluso hasta las selvas más intrincadas quedan al descubierto con el uso de fotos multiespectrales.

La Tierra es un geoide, es decir, una esfera achatada, atravesada imaginariamente por un eje que determina en sus puntos de inserción con la corteza los polos Norte y Sur. Partiendo de estos puntos ya convenidos, es fácil

«cuadrangular» la Tierra para facilitar toda clase de medidas y referencias. Esta *cuadrícula* geográfica se hace de la siguiente manera: del Polo Norte parten hacia el Polo Sur líneas imaginarias que dividen longitudinalmente a la Tierra en secciones que se asemejan a gajos de naranja; se trata de los *Meridianos*. Los Meridianos a su vez se suponen cortados transversalmente por otras líneas paralelas: los *Paralelos*.

La forma más sencilla de representar este geoide consiste en realizarlo a escala. Son las conocidas «bolas del mundo». Sin embargo, para trabajar más en detalle es necesario hacer mapas sobre papel, aunque entonces se presenta el problema derivado de la proyección del geoide sobre un plano, la cual conlleva deformaciones que hay que intentar minimizar. Los *sistemas de proyección cartográfica* son los métodos encargados de llevar a cabo estas proyecciones. Los resultados de tales proyecciones determinan deformaciones en los contornos de las figuras proyectadas o falseamientos en las áreas de las figuras al reducir la escala. Si se mantiene la forma de la figura proyectada se

habla de «proyección conforme», mientras que si lo que se conserva el área de la figura representada se habla de una «proyección equivalente».

Los mapas de pequeña escala, como los atlas, suelen usar sistemas de proyección equivalente, mientras que los mapas a gran escala emplean sistemas de proyección conforme. Dentro de los últimos el Mapa Nacional del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50 000 usa una *proyección cilíndrica transversal*, según la cual la superficie terrestre se proyecta sobre un cilindro colocado transversalmente al eje norte-sur de la Tierra; de este modo la única línea que se representa a escala real es la del Ecuador; el resto del territorio tendrá errores de escala (deformaciones de proyección). Este tipo de proyección conforme y no equivalente fue desarrollado por Gerard Mercator en el siglo XVI, de ahí el nombre con la que se conoce de *Universal Transverse Mercator*, de forma abreviada **UTM**, la cual, que, pese a numerosas deficiencias, es la que se usa habitualmente en trabajos de Botánica y Geobotánica.

En la proyección UTM se emplean 60 cilindros, en cada uno de los cuales sólo se proyecta la parte más próxima del globo terráqueo; es decir, un HUSO de 6° de ancho de paralelo. Estos husos están, además, cortados a la altura de los paralelos 80°N y 80°S, a fin de evitar las zonas más deformadas, y cada uno de ellos añade una pequeña solapa lateral que relaciona su propia cuadrícula con la de los husos inmediatos a ambos lados.

Todos los husos están divididos en 20 bandas transversales numeradas alfabéticamente de la C a la X (la España peninsular queda así incluida en los husos 29, 30 y 31, bandas T y S; las Canarias se incluyen en el huso 28 de la banda R) y en cuadrados de 100 km de lado, señalados alfabéticamente de Oeste a Este y de Sur a Norte en el hemisferio Norte (ver figura 1).

### Las Escalas

Una vez transferido, con deformaciones mínimas y controladas, a superficies planas lo que originalmente está en superficies curvas, podemos también ampliar o reducir a voluntad lo representado. La relación existente entre las dimensiones reales del terreno representado y las del mapa que lo representa recibe el nombre de *Escala*. Se utilizan dos tipos de escala: la numérica y la gráfica.

La *escala numérica* viene representada en los mapas en forma de fracción, de tal modo que el numerador, que siempre tiene valor 1, corresponde a las medidas del plano, y el denominador a las medidas en la realidad. Así, una escala 1:100 000 indica que a

cada centímetro en el plano le corresponden 100 000 centímetros en la realidad, o lo que es lo mismo, 1 km en la realidad.

La *escala gráfica* permite hacer las conversiones directamente, ahorrando hacer cálculos matemáticos. Se trata de una línea recta segmentada en varias partes iguales y con una indicación precisa de la magnitud que representa cada segmento.

### **Las curvas de nivel**

Para representar la dimensión altura en un plano bidimensional se suelen utilizar las *Curvas de Nivel*. Estas curvas se obtienen de «cortes» ideales del terreno con líneas que siguen sus irregularidades a alturas determinadas. La distancia altitudinal entre dos curvas de nivel contiguas (*equidistancia*) es diferente en función de la escala del mapa y viene indicada expresamente. Además, generalmente cada cinco curvas consecutivas se marcan otra de trazo más grueso llamada curva directora, en la cual se señala la altura con referencia a la del nivel medio del mar en Alicante. Por ejemplo, en los mapas a escala 1:50 000 se representan curvas de nivel cada 20 m, pero cada 5 (las correspondientes a alturas múltiplo de 100) aparecen como curvas directoras.

### **Accidentes del terreno**

En ciertos mapas se usan tintas hipsométricas, es decir, se dan diferentes tonos de color a las distintas alturas (ej. las zonas bajas son verdes, luego amarillas, violáceas y las más altas blancas). Entre los elementos más significativos del relieve destacaremos:

- *Abrupto*: pendiente próxima a la vertical.
- *Agujas*: monolitos de piedra.
- *Barranco*: valle muy pronunciado.
- *Cima (cumbre)*: la parte más alta de los montes.
- *Cima o cota*: punto culminante del relieve
- *Colina*: elevación aislada que destaca de su entorno y no supera los 300 m sobre su base.
- *Collados*: lugar donde se unen dos montes y del que surge un valle.
- *Cubeta (hoya)*: depresión cerrada.
- *Desfiladero*: garganta de mucha longitud.
- *Escarpe*: pendiente netamente más pronunciada que las vecinas.
- *Falda (ladera)*: laterales de un monte.
- *Garganta*: valle encajado entre paredes.
- *Línea divisoria de aguas*: la que separa dos cuencas hidrográficas.
- *Lomas*: montes bajos alargados.

- *Meseta*: superficie llana o casi, cortada por valles y a cierta altura.
- *Mogote*: montes bajos circulares.
- *Montaña*: cumbre pequeña en relación con la base.
- *Paredes*: laderas de pendientes próximas a la verticalidad; vegetación rupícola.
- *Pendiente*: medida del desnivel entre dos puntos.
- *Puerto*: punto en el que la línea de cumbres se rebaja localmente (collado de fácil acceso). Zonas ventosas con vegetación generalmente de óptimo en zonas más altas.
- *Rellano*: parte de la vertiente de pendientes más suaves entre dos partes de pendiente más fuerte.
  - *Ruptura de pendiente*: línea a partir de la cual la pendiente de una vertiente cambia de valor conservando el mismo sentido.
  - *Talweg*: línea que une los puntos más bajos de un valle. Frecuente vegetación higrófila.
  - *Valle*: conjunto de talwegs y las vertientes. Se puede observar la geoserie principal.
  - *Vertiente*: pendiente que domina el talweg de un valle.

### Distancias topográficas

Conocida la escala es fácil calcular sobre un mapa la distancia que separa a dos puntos cualesquiera (*distancia reducida*). Pero cuando de verdad recorremos ese itinerario andamos bastante más debido a la existencia de subidas y bajadas (*distancia natural*). Gracias a las curvas de nivel podemos hacer una aproximación a esa distancia natural (*distancia geométrica*).

Dados dos puntos en el mapa, la distancia reducida entre ambos puntos A y B la obtenemos fácilmente con la escala gráfica. También podemos saber, leyendo las curvas de nivel, la diferencia de altura que existe entre ambos puntos, por lo tanto podemos dibujar un triángulo rectángulo en el que un cateto «a» será la distancia reducida, el otro cateto «b» la diferencia de altura y la hipotenusa «h» la distancia geométrica que nos interesa hallar; ahora sólo hay que aplicar el teorema de Pitágoras y ¡ya está!

### Pendientes

La pendiente es la relación que existe entre la distancia reducida recorrida y la altura ascendida al recorrerla. Puede ser expresada en tanto por ciento o en grados. La **pendiente en tanto por ciento** se halla según la fórmula:  $\text{Pendiente en \%} = \frac{\text{altura ascendida} \times 100}{\text{distancia reducida}}$ . La medición de pendientes en tanto por ciento funciona bien hasta que la distancia reducida y la altura ascendida alcanzan valores similares. El caso extremo es una pared de 90°, siendo entonces del 100%. Por ello es más

usual utilizar la **pendiente en grados** en los trabajos de campo, especialmente con muestras de vegetación rupícola.

### **Análisis topográfico**

El mapa topográfico que vamos a utilizar en prácticas corresponde a las hojas a escala 1:50 000 del Servicio Geográfico del Ejército. La cobertura de España consta de 1.106 hojas, cada una de las cuales abarca una superficie que oscila entre los 497,1 km, las más septentrionales, y 603,5 km las más meridionales. Cada una de las hojas se distingue por un número y una localidad, esta última suele ser la de mayor población dentro de la hoja.

### **Designación de un punto en coordenadas UTM**

Para designar un punto en coordenadas UTM en primer lugar se da el *Huso*, que suele ser el 30 para la España continental, después la banda (frecuentemente la S para la España continental) y posteriormente se introducen las coordenadas numéricas.

Las coordenadas UTM usualmente utilizadas en la denominación de un punto cualquiera situado en una hoja a escala 1:50 000 con una aproximación de 100 m son 6; se buscan del modo siguiente:

1. Véase en la hoja la designación de la zona (frecuentemente 30S).
2. Véase cuáles son las cuadrículas de 100 Km de lado, denominadas por dos letras mayúsculas (por ejemplo, WH, XH, XG, YG, etc.) que aparecen en la hoja y en concreto anótense las dos letras de aquella en la que se incluye el punto cuyas coordenadas queremos calcular.
3. Búsqese la barra vertical de la rejilla UTM más próxima a la izquierda del punto y anótense los números de tamaño más grande que la rotulan.
4. Estímese en décimas partes del intervalo de la cuadrícula la distancia de la barra al punto en cuestión y anótense el valor.
5. Búsqese la barra horizontal más próxima por debajo del punto y anótense los números de mayor tamaño que la rotulan.
6. Estímese en décimas partes del intervalo de la cuadrícula la distancia de la barra al punto. Anótense el valor. Siguiendo estas pautas, un punto con una precisión de 100 m podría, por ejemplo, recibir esta denominación: **30SXH715309** (ver figura 1).

### Cálculo del área sobre el mapa

Una forma sencilla, aunque sólo aproximada de medir una superficie sobre el mapa (área de trabajo, cultivos, mapas forestales, etc.) consiste en superponer a la superficie del mapa un papel milimétrico transparente o una cuadrícula hecha para este fin; la superficie aproximada se deduciría a partir del número de cuadrículas completas más el número de cuadrículas incompletas dividido por dos y todo ello multiplicado por la superficie que representa cada cuadrícula.

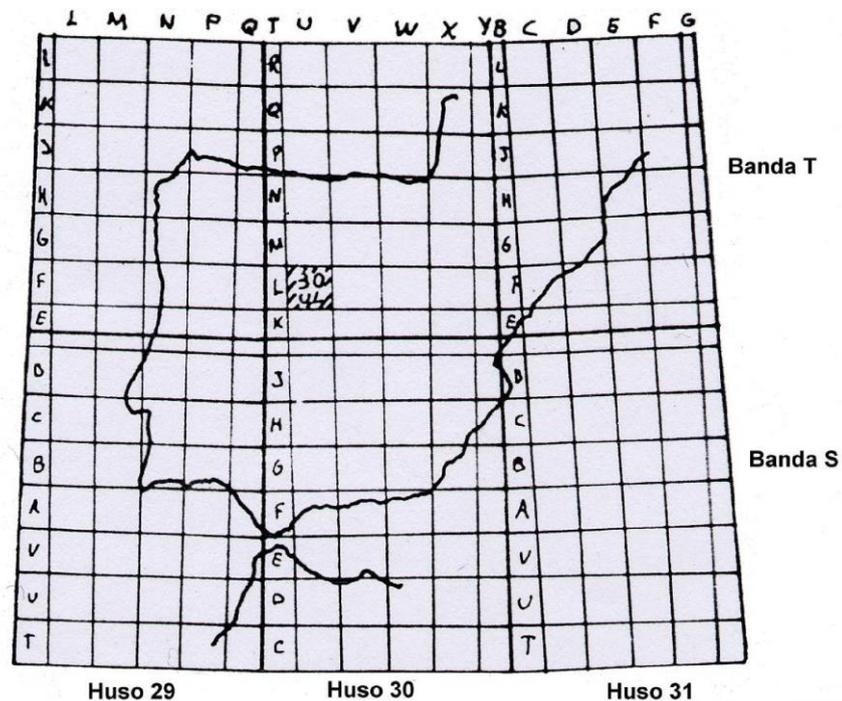
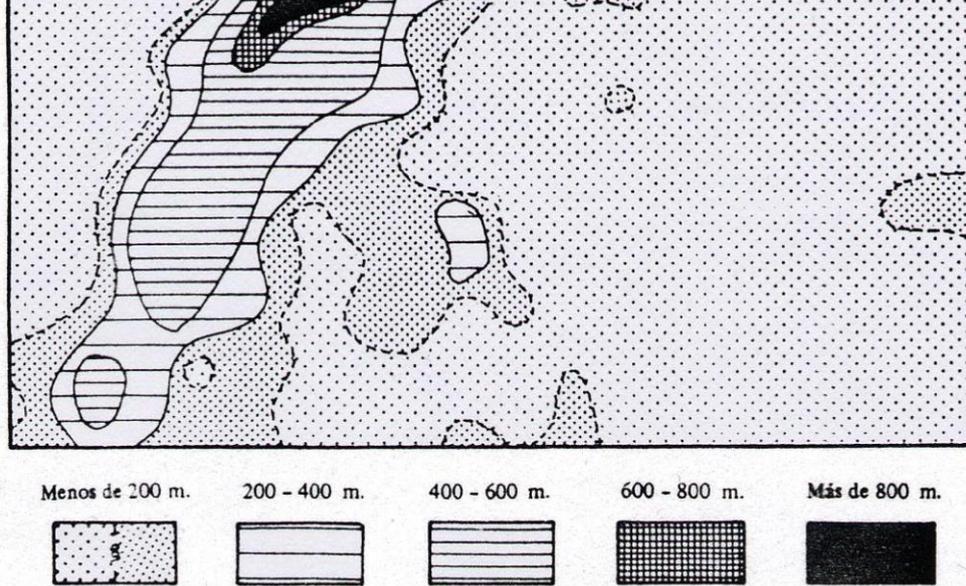


Figura 1: La red UTM para la Península Ibérica

Con los sistemas de información geográfica estas tareas se automatizan, como tendremos oportunidad de comprobar en la demostración del laboratorio de geobotánica.

### Medida de algunos elementos topográficos

Sobre un mapa topográfico se pueden realizar diversas mediciones, destacando por su interés en geobotánica la medida de las altitudes absolutas, de los desniveles relativos y de las pendientes. Para determinar estos aspectos es muy útil el empleo de mapas topográficos que tengan incorporada una cuadrícula, como los del ejército, o en su defecto superponerles una en papel vegetal.



or altimétrico  
lasmar en un  
étricos y en  
os intervalos.  
e altitud (ver

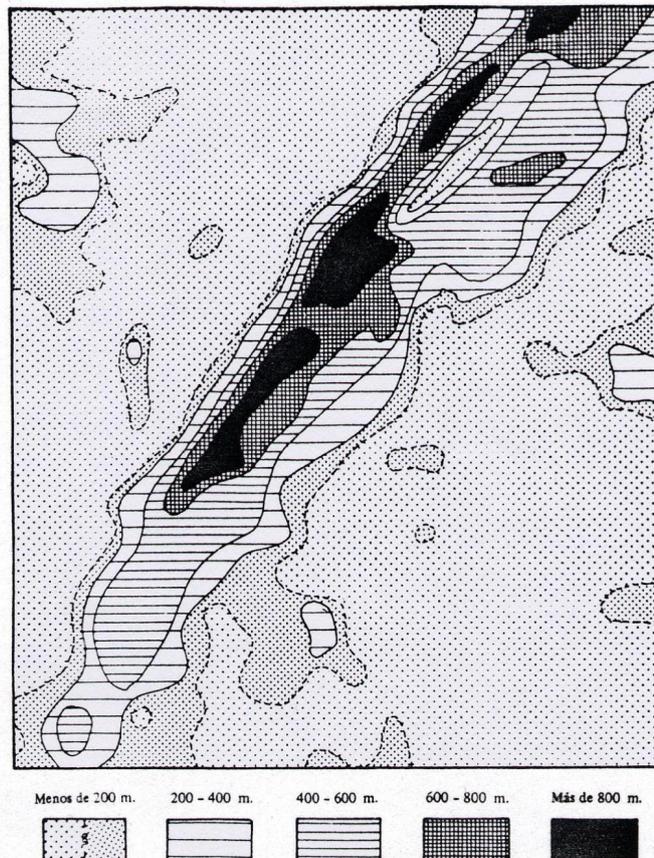


Figura 2: Ejemplo de mapa de clases de altitud

### Desniveles relativos

Además de la altitud absoluta, nos interesa conocer el desnivel existente en cada cuadrícula; este desnivel nos va a dar una idea de lo abrupto de la topografía en cada cuadrícula y puede ser de utilidad para dividir el área en zonas de mayor o menor «rugosidad», es decir, de topografía más o menos accidentada. Esto también puede apoyar la división del área en «regiones topográficas» que indudablemente tendrán su reflejo en las características de la cubierta vegetal.

Básicamente lo que haremos será poner en el centro de cada cuadrícula el valor numérico resultante de restar al punto más alto el más bajo de la misma. Uniendo cuadrículas de similar desnivel relativo se puede incluso confeccionar un *mapa de desniveles relativos*.

### **Cortes topográficos y perfiles de ramblas**

El análisis del relieve se complementa con la confección de cortes topográficos o de perfiles de ramblas si el trabajo lo aconseja. Una manera sencilla de prepararlos consiste en:

1. Elegir la zona del corte, una línea entre dos puntos del mapa. La selección de la zona de corte es importante, a fin de que sea representativa de la diversidad del relieve del área de estudio.
2. Trazar sobre un papel milimétrico un eje de coordenadas, en el que en ordenadas figuren las alturas y en abscisas las distancias.
3. Los puntos de intersección del corte con las curvas de nivel se proyectan sobre el eje de coordenadas y posteriormente se unen mediante una línea. Los cortes deben ser expresivos y proporcionales. En ellos la escala longitudinal debe ser la misma que la del mapa, pero la altimétrica debe aumentarse, aunque no exageradamente, pues la figura resultante podría deformar la configuración real del relieve.
4. Para destacar mejor el relieve conviene transformar las escalas, poniendo por ejemplo una escala 2x para el eje de abscisas y en la vertical usando 2 cm para un desnivel de 100.

Se puede hacer un corte aislado o bien **cortes seriados**, es decir, un conjunto de cortes topográficos paralelos a una distancia determinada unos de otros (por ejemplo, 1 km). Estos cortes seriados proporcionan una visión panorámica del relieve (ver figura 3).

También, abundando en el tema geobotánico, se pueden representar sobre el corte topográfico símbolos que ilustren la distribución de especies representativas, de comunidades vegetales, de series o geoseries; entonces se puede hablar de corte fitotopográfico.

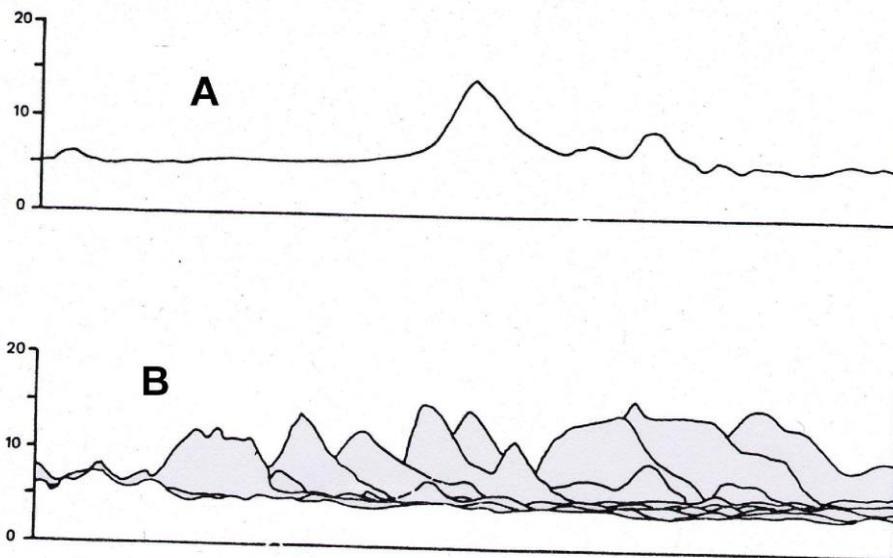


Figura 3: Cortes topográficos. A. Simples; B. Seriados.

### Mapas de pendientes

La pendiente es la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal. Esta acepción no es la única, ya que suele utilizarse el término en un sentido mucho más amplio para describir una unidad geomorfológica compleja.

El estudio de la pendiente se basa en el cálculo del gradiente de pendiente para las distintas áreas de estudio. Según la finalidad de la investigación las pendientes se agruparán en clases diversas, de forma que el terreno que pertenece a una determinada clase se comporte homogéneamente ante la actividad analizada. Con la ayuda de un mapa topográfico se puede determinar la pendiente por cualquier procedimiento basado en las distancias entre curvas de nivel.

En el cálculo manual de las pendientes hay muchos problemas, por lo que hoy día se tiende a utilizar aplicaciones informáticas (Idrisi, Grass, Arc-Info, etc.) que delimitan las clases de pendientes a partir de los modelos digitales del terreno (MDT).

No obstante, hay decisiones que se deben tomar previamente, siendo una de las más delicadas la relativa a las «clases de pendientes» a utilizar. La escala de trabajo también es importante, siendo muy imprecisas las pendientes calculadas sobre mapas a pequeña escala (1:100 000 o menores).

Entre los métodos manuales para calcular las pendientes el de «los intervalos móviles» es uno de los más usados. Se basa en la medida de la separación entre curvas de nivel

mediante una regla graduada que se traslada paralelamente a ellas. En la práctica, lo que se hace es fijar unas escalas que se corresponden con unas clases de pendiente determinadas, e ir señalando sobre el mapa los puntos en que la pendiente cambia de clase. Este cambio se produce cuando la separación entre dos curvas de nivel contiguas sobrepasa en anchura el segmento fijado en la escala para esta clase de pendiente.

La forma de operar es mover la regla graduada entre cada dos curvas de nivel contiguas hasta cubrir todo el territorio bien trasladar la regla pasando de una curva de nivel a otra. La delimitación de áreas de igual pendiente se hace uniendo los puntos que marcan los cambios de clases (ver figura 4).

### Clasificaciones de pendientes

Existe una cantidad ingente de clasificaciones de pendientes, muchas de ellas con un enfoque diferente, dependiente del tipo de investigación o propósitos de uso que se analiza para el territorio o del factor concreto que se está estudiando (suelo, vegetación, etc.).

En el caso de la cubierta vegetal y en relación no sólo con los tipos de vegetación posibles sino también con las posibilidades de erosión y tipos de uso del suelo, la escala más utilizada es la que se presenta en el cuadro 1 para un mapa a escala 1:50 000.

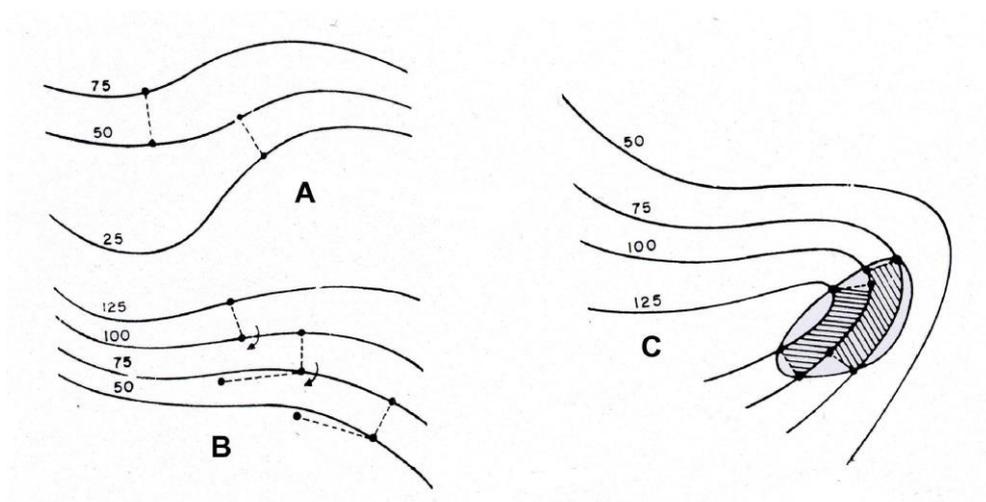


Figura 4: Cálculo de las pendientes por el método de los intervalos móviles: A. Distancia entre dos curvas de nivel contiguas; B. Fijación de las zonas de cambio de una clase a otra de pendiente; C. Unión de las áreas incluidas en una misma clase de pendiente

Cuadro 1: Clases de pendientes (escala 1:50 000): D20 para curvas de nivel de 20 m; D100 para curvas de nivel de 10 m.

Clases	Pendiente	D20	D10
1	< 5%	> 8 mm	40
2	5-	4-8 mm	20-40 mm
3	10-20%	2-4 mm	10-20 mm
4	20-35%	1,14-2 mm	5,7-10 mm
5	>	< 1,14 mm	< 5,7 mm

### Regiones topográficas

La superposición de los mapas de desniveles relativos y de pendientes ayuda a crear una «mapa de regiones topográficas» de gran interés en geobotánica por las posibilidades que se desprenden desde el punto de vista de la diversidad de hábitats para diseñar los estudios de la vegetación de la zona.

### Topónimos de interés geobotánico

Sobre todo en la cartografía a escala 1:50 000 y mayor (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI) es de interés el fijarse en la toponimia, pues son frecuentes los nombres de localidades, ranchos, parajes, cerros, arroyos, etc. que hacen referencia a la presencia de algún tipo de planta o de vegetación (El encinar, El ciprés, Los mezquites, Las huertas, Algodones, El chaparral, El pinar, Los álamos, etc.).

### Descripción de una zona de estudio

Como colofón a todo lo visto, vamos a resaltar los principales puntos a tener en cuenta en la descripción geográfica de un área de estudio desde un punto de vista geobotánico pero referido a trabajos extensos, como puede ser un trabajo fin de carrera, un informe, una tesina o una tesis. Téngase en cuenta que en las publicaciones en revistas científicas se ha optado siempre por la brevedad, de modo que normalmente este apartado se reduce en ellas a lo más a un par de párrafos.

- Situación y límites
- Contexto geográfico
- Coordenadas de los vértices del menor rectángulo en que se incluye la zona
- Superficie de la zona
- Altitudes (superior e inferior)
- Principales ríos, arroyos y ramblas
- Toponimias
- Aspecto morfológico general
- Mapa de pendientes
- Principales accidentes del terreno (Cimas, escarpes, etc.)
- Cortes topográficos
- Modelo digital del terreno (si está disponible)

### **El mapa geológico**

Lo más importante desde el punto de vista geobotánico en el análisis de un mapa geológico es agrupar los tipos de materiales en clases que previsiblemente tengan influencia en la cubierta vegetal. Se trata pues de obtener un *Mapa litológico* en el que los materiales de edades y características más o menos diferentes se agrupen en función de sus características.

Los aspectos de la litología que más influyen en la vegetación parecen ser la naturaleza química y física de los materiales. Desde el punto de vista químico la composición y, especialmente, la diferenciación entre los silicatados y los carbonatados es un carácter de primer orden. Desde el punto de vista físico la porosidad y el grado de consolidación o coherencia es fundamental.

En las figuras 5, 6 y 7 se destacan los principales tipos de rocas y la simbología que se utiliza para resaltarla en los mapas geológicos. Entre otras, son rocas a tener en cuenta por su influencia en la vegetación, las siguientes:

SÍMBOLOS DE ROCAS SEDIMENTARIAS									
CONGLOMERADOS Cg	CONGLOMERADOS		Bloquesb	Limosos	Brecha	Brecha monogénica			
	CONGLO-AGREGADOS/Cgg		Botes/b1	Arenosos	Pudinga	Brecha poligénica			
	CUARCITAS/Cr		Grava/G	Arcillosos	Conglomerado proclástico	Conglome. monogénico			
	ARENISCAS/Ar		Gravilla/G1	Organógeno	Conglo-tectónico	Conglome. poligénico			
ARENITAS	ARENAS / Ae		Grueso -	Volcánico	Conglo-intraf.	Microconglome.			
	ARENO-AGREGADOS / Ae-g		Medio -	Arcillosos	Melasa / Mi	Ferruginosa			
	PIZARRAS / Pz		Fino -	Limosos	Arkosa / Ak	Yesifera			
	ARENILLAS / AC		Muy fino -	Calcareos Calcareanitos	Grauwacka/Gk	Fosforada			
LUTITAS	ARCILLAS / AC			Micáceos	Faldeoédica	Glauconita			
	LIMOS / Lm			Organógenos		Dolomítica			
	MARGAS / Mr			Biogénica					
	CALIZAS / CI			Volcánica					
CARBONATAS	DOLOMIAS / DI			Arenosas					
	MARGAS / Mr			Calcareas					
	CALIZAS / CI			Arcillosa					
	DOLOMIAS / DI			Calcareas					
SILÍCEAS / SI	Radiolarios X X			Arenosa					
	Espangolitos			Arcillosa					
	Calcareas			Calcareas					
	Sulfúreas			Calcareas					
FOSFATADAS / Po	Esteroideritas			Calcareas					
	Glauconitas			Calcareas					
	Anhidrita			Calcareas					
	Baritina			Calcareas					
FERRUGINOSAS / Fe	Anhidrita			Calcareas					
	Baritina			Calcareas					
	Yesos			Calcareas					
	Salinas			Calcareas					
EVAPORITAS / Ci	Yesos			Calcareas					
	Salinas			Calcareas					
	Yesos			Calcareas					
	Salinas			Calcareas					

(+) = Símbolos para añadir al fundamental del grupo

Figura 5.

SIMBOLOS DE ROCAS METAMORFICAS									
ESQUISTOS	Micáceos	+	~	~	~	~	~	~	~
	Sericíticos	+	~	~	~	~	~	~	~
	Cloríticos	+	~	~	~	~	~	~	~
	Talcosos	+	~	~	~	~	~	~	~
	Calcáreos	+	~	~	~	~	~	~	~
	CUARCITAS	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•••••
	MARMOLES								
	ANFIBOLITAS	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>
	PIROXENITAS	<<<	<<<	<<<	<<<	<<<	<<<	<<<	<<<
	PORFIROIDES	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
SERPENTINITAS	~	~	~	~	~	~	~	~	
GRANULITAS	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +	
NEISES (Gneiss)	ECLOGITA	-E-E-E-	-E-E-	-E-E-	-E-E-	-E-E-	-E-E-	-E-E-	-E-E-
	Paragneiss	~	~	~	~	~	~	~	~
ESQUISTOS MOTEAOS	Ortoneises	~	~	~	~	~	~	~	~
	"Starr"	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲	▲▲▲
CORNEANAS (Hornfels)	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	~	~	~	~	~	~	~	~	~
MILONITAS	~	~	~	~	~	~	~	~	~
ULTRAMILONITAS	~	~	~	~	~	~	~	~	~
ROCAS CATACLÁSICAS (Caracastig)	~	~	~	~	~	~	~	~	~
<p><b>ECTINITAS</b></p> <p>MINERALES INDICE:</p> <p>Cl - Clorita Bt - Biotita Gt - Granate Et - Estaurolita Dt - Distena Sill - Sillimanita At - Analcita Ct - Cordierita Ms - Moscovita</p> <p><b>MIGMATITAS</b></p> <p>Homogéneas Heterogéneas</p> <p>ANATEXITAS + + + + + + + + + +</p> <p>EMBRECHITAS + + + + + + + + + +</p>									
<p>prefijos:</p> <p>Orto = </p> <p>Meta = </p> <p>Para = </p>									

(+) - Símbolos para añadir al fundamental del grupo

Figura 6.



- Rocas metamórficas y sedimentarias silicatadas poco competentes (filitas, pizarras, miscasquistos, argilitas, etc...).
- Rocas metamórficas y sedimentarias silicatadas competentes (cuarcitas, areniscas de matriz silicatada, conglomerados de cemento silicatado, etc.).
- Rocas magmáticas básicas y ultrabásicas (basaltos, jumillitas, metabasitas, ofitas).
- Rocas magmáticas neutras y ácidas (granitos, granitoides, tonalitas, riolitas, riodacitas, andesitas, etc.).
- Arenas.
- Cuaternarios.
- Materiales aluviales, graveras de rambla, terrazas, etc...
- Eluviones (depósitos *in situ*)
- Coluviones (depósitos de ladera)

### Los suelos

Sobre un mismo tipo de roca, en función de la posición topográfica, el tiempo de evolución del suelo y la cubierta vegetal se pueden dar para una misma zona diversos tipos de suelos. Afortunadamente México se dispone de una abundante cartografía de suelos, la mayoría a escala 1:100-000, realizada Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI), cuya consulta puede revelar información de interés en la interpretación de la cubierta vegetal del área de estudio.

El único problema que podría surgir es el de los cambios en la denominación de algunos tipos de suelos, de modo que sobre todo para los mapas publicados hace más tiempo pudiera ser necesario ver las equivalencias entre las denominaciones que acompañan a la leyenda y las clasificaciones más puestas al día.

Por otra parte, la escala 1:100.000 puede quedarse corta en ocasiones, pero una adecuada lectura de la leyenda y el uso simultáneo de los mapas geológico y topográfico puede ayudar a entender la distribución de los distintos tipos de suelo en el territorio y su correlación con la distribución de rocas y las distintas posiciones topográficas.

### La práctica

En esta práctica se realizará un análisis de los principales aspectos topográficos de zonas escogidas al azar o las propias en las que los alumnos están desarrollando su trabajo práctico. Asimismo, se hará una clasificación de materiales litológicas para un área escogida de una hoja del mapa geológico a escala 1:50 000.

En concreto para las zonas seleccionadas se deberán determinar:

- Situación, límites y encuadre geográfico (rectángulo mínimo que incluye la zona de estudio).
- Coordenadas de puntos resaltables (zona más alta, más baja, etc.).
- Cálculo manual de la superficie de estudio (depende del tiempo disponible).
- Realización de un corte topográfico (I-II).
- Búsqueda de toponimias en el conjunto de la hoja 1:50 000 utilizada.
- Mapa litológico a partir del mapa geológico (hacer clases, problemas de las mezclas de unidades y de los cuaternario más o menos indiferenciados)
- En su caso, mapa de suelos.

## **Ejemplo de la descripción de una zona**

### **Localización geográfica**

El cauce (rambla) de Las Palmas-Rio Tijuana se encuentra ubicado en el Sureste del Municipio de Tecate, que está formado por un conjunto de pequeñas sierras graníticas orientadas en dirección SO-NE y que delimitan el Valle de Las Palmas. El arroyo discurre por la cara oeste de la Sierra de Juárez (1500 m de altitud). La superficie aproximada de la zona estudiada es de 10 km y el rectángulo de menor área que la engloba tiene como vértices los puntos de coordenadas siguientes:

- 30SXH680018 (vértice superior izquierdo)
- 30SXH702000 (vértice inferior derecho)

### **Geología, Litología y Suelos**

Gran parte de los sedimentos que ocupan la zona estudiada lo constituyen los materiales neógenos. Su naturaleza es fundamentalmente granítica. Su potencia puede variar mucho, observándose en general un aumento de la misma al desplazarse en dirección N.E. Los suelos que se dan en la zona son principalmente...

Hay que destacar el elevado contenido en silicatos que aparecen sobre las rocas y sustratos cercanos al cauce como manchas.

### **Topografía**

La orografía del terreno está dominada fundamentalmente por dos factores:

- Una acusada pendiente constituida por la falda Sur de la Cresta del Gallo.
- Una erosión diferencial muy importante debido principalmente a la acción de la gauda y del viento, que dejan estratos de materiales que resaltan en forma de pequeñas crestas intercaladas con materiales menos consolidados como las areniscas. En el fondo del valle se encuentra excavada la rambla, en la

que son frecuentes los depósitos de limos, arcillas y coluvios. En general la zona se encuentra muy afectada por fenómenos de meteorización y predominan materiales poco consolidados, por lo que es frecuente observar derrumbamientos, cárcavas,

### **Red de drenaje**

Está constituida por típicas formaciones dendríticas, el Arroyo Las Calabazas constituye una de estas ramas hídricas que se origina por la descarga de las aguas procedentes de las zonas más elevadas de la Sierra de Juárez por su vertiente Oeste, desembocando ca. unos 100 kilómetros más abajo en el delta del Río Tijuana, California.

El arroyo se caracteriza por un caudal intermitente, existiendo zonas en las que el agua desaparece por infiltración para volver a surgir metros más abajo. Cabe destacar la existencia de pozas cuya formación se vio favorecida por la existencia de materiales duros en el cauce y que funcionan a modo de presas y saltos de agua. Las zonas donde se acumulan los sedimentos de arena y grava permeables que propician la filtración del agua.

### **Referencias**

- Anguita, F. y Moreno, F. 1991. *Procesos geológicos internos*. Rueda. Alcorcón.
- Anguita, F. y Moreno, F. 1993. *Procesos geológicos externos y Geología Ambiental*. Rueda. Alcorcón.
- Delgadillo, J. 1998. *Florística y ecología de Baja California*. 2da. ed. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California. 405 pp.
- Gilpérez, L. 1986. *Lectura de planos. Manual de topografía y orientación para excursionistas*. Penthalon Ediciones. Fuenlabrada. López Isarría, J.A. 1995. *Mapas topográficos. Manual de trabajo en el aula*. Alhambra Longman. Getafe.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.
- John Minch, J., E. Minch, J. Minch, & J. Ledesma-Vázquez. 2003. *Caminos de Baja California: Geología y Biología para su viaje* (Edición en español).

## PRACTICA 4.

### Título: Análisis de mapas de vegetación (6 hr).

#### Introducción

#### Principales tipos de mapas de vegetación

De entre los diversos tipos de estudio de la vegetación vamos a ver algunas pinceladas de los principales mapas generados a través de estas variadas aproximaciones, entre los que podemos destacar:

- Fisionómicos: sólo tienen en cuenta la estructura (sinfisionomía) de la vegetación.
- Fisionómico-florísticos: analizan la sinfisionomía pero tienen también en cuenta a las especies dominantes en las diversas unidades cartografiadas.
- Fitosociológicos: las unidades cartografiadas tienen en cuenta el conjunto de la flora implicada, siguiendo los criterios de la escuela sigmatista o fitosociológica.
- Hábitats de interés europeo: siguen la metodología fitosociológica, pero sólo se cartografían los hábitats o comunidades vegetales de interés europeo; es decir, las recogidas directamente en la Directiva Hábitat o en la interpretación de la misma realizada para el país correspondiente.
- Combustibles vegetales: evalúan la mayor o menor capacidad de incendiarse y de propagar el fuego de tipos de vegetación fundamentalmente fisionómicos. Son esenciales para elaborar los «mapas de riesgos de incendio».

#### Vegetación actual vs Vegetación potencial

- El *Mapa de vegetación actual* recoge los tipos de vegetación presentes en el momento de realizar el mapa. La clasificación utilizada dependerá de los objetivos, el tiempo de realización y los conocimientos del grupo de investigación que lo lleva a cabo.
- En un *Mapa de vegetación potencial* se lleva a cabo una evaluación del óptimo de vegetación que pudiera llegar a instalarse en las diversas zonas estudiadas. Son mapas muy útiles desde el punto de vista de evaluar las

posibilidades del territorio y de las previsibles respuestas de las distintas zonas a cambios que puedan llevarse a cabo en el medio (por ejemplo, cambios de usos, estudios de impacto, etc.).

- La combinación de ambos tipos de mapa es muy apropiada para evaluar los procesos de sucesión; de hecho en la práctica utilizaremos las hojas a escala 1:100.000 correspondientes a *Vegetación y Uso del Suelo (INEGI)*. Algunos tienen ambos tipos de vegetación (un color de fondo para la vegetación potencial y tramas y números para la actual).

### Mapas fisionómicos

En una primera perspectiva se tiene en cuenta la fisionomía o apariencia de la vegetación, con un orden de importancia según el estrato (ver cuadro 1):

1. Árboles
2. Matorral
3. Sufrutescentes
4. Herbáceas
5. Plantas no vasculares (algas, briofitos, líquenes)

Tras estudio de fotografías, se debe realizar en el campo la toma de muestras con una superficie mínima apropiada a cada tipo fisionómico (ver cuadro 2), anotando la situación ecológico-topográfica, el listado de especies y una estima visual de la cobertura de cada una. Si el número de muestras es elevado, será preciso ayudarse en la interpretación con el análisis numérico de los datos (R).

- **Ventajas:**

- ✓ Unidades fáciles de percibir (pastizales, bosques, matorrales, etc.).
- ✓ Sencillas de cartografiar.

- **Desventajas:**

- ✓ Escasa precisión y papel bioindicador más superficial.
- ✓ No ponen de relieve las especies de interés que contienen.
- ✓ No hay legislación de protección que se les pueda aplicar.

## Mapas fisionómico-florísticos: especies dominantes

Sólo difieren de los anteriores en que, además de la fisionomía, se tienen en cuenta en su elaboración las especies dominantes. Así, por ejemplo, ya no se habla sólo de *bosque*, sino que además se detalla si es un bosque de carrascas, pinos carracos, robles, melojos, etc.

Supone un mayor grado de precisión y no es demasiado costoso de llevar a cabo, pues son pocas las especies a reconocer y en general es fácil identificar esas plantas dominantes.

Cuadro 1: Clases fisionómicas más usuales

Modelo	Descripción
Bosques	Formaciones con un estrato de árboles que cubre al menos el 60% de la superficie; las copas frecuentemente se tocan entre sí
Bosques abiertos	Espacios abiertos con árboles cuyas copas cubren entre el 25 y el 59% del suelo. También se incluyen aquellas formaciones con menos del 25% de cobertura arbórea siempre que la cobertura total de plantas sea mayor del 10% y la de árboles supere a la de las demás clases (matorral, tomillar, herbazal, no vasculares) una por una.
Matorrales	Formaciones con menos del 25% de cobertura de árboles, porcentaje que sin embargo es superado por el de matorrales altos (nanofanerófitos y lianas), es decir, de más de 0,5-0,6 m de altura. También se incluyen aquellas formaciones que teniendo menos del 25% de cobertura de árboles y de matorral, cubren en conjunto más del 10% del suelo y en las que la cobertura por parte del matorral supera a la de las demás clases (árboles, tomillar, herbazal, no vasculares) una por una.
Tomillares	Formaciones en las que la cobertura de árboles y matorral no alcanza el 25% del total, mientras que la de sufrutescentes (matas, matorrales enanos, caméfitos o plantas leñosas de menos de 0,5-0,6 m de altura en el periodo de reposo) supera dicho valor. También se incluyen formaciones con menos del 25% de cobertura de matorral enano siempre que la cobertura total de plantas sea mayor del 10% y la de tomillar supera a la de las demás clases (árboles, matorral, herbazal, no vasculares).
Herbazales	Formaciones en las que la cobertura de árboles, matorral y tomillar es, una a una, menor del 25%, mientras que las plantas herbáceas (graminoides, dicotiledóneas y pteridófitos) supera ese umbral. También se incluyen aquellas formaciones con menos del 25% de cobertura de árboles, matorral y matorral, siempre que la cobertura total de plantas sea mayor del 10% y la de herbáceas supere a la de las demás clases (árboles, matorral, tomillar y no vasculares).
Vegetación no vascular	Formaciones en las que la cobertura de árboles, matorral, tomillar y herbáceas es, una a una, menor del 25%, mientras que las plantas no vasculares (algas, briófitos y líquenes) superan ese umbral. También se incluyen aquellas formaciones con menos del 25% de cobertura de plantas no vasculares, siempre que la cobertura total de plantas sea superior al 10% y la de plantas no vasculares supere a la de las demás clases (árboles, matorral, tomillar y herbazal) una por una.
Vegetación clara	Zonas en las que predominan las características del sustrato abiótico. La vegetación es desde muy abierta (cobertura menor del 10%) hasta inexistente, caso de presentarse suele estar restringida a zonas donde se concentran los recursos.

Cuadro 2: Superficies de muestreo apropiadas para cada tipo fisionómico de vegetación

Fisionomía	Area m <sup>2</sup>
Bosque	100-1000
Bosque abierto	100-1000
Matorral	50-200
Sufrutescente	50-200
Herbáceas	25-100
No vascular	10-50

- Ventajas:

- ✓ Intermedia entre la aproximación fisionómica y la florística.
- ✓ Unidades fisionómicas con división en función de las especies dominantes (bosques de encina, matorral de romero y albaída, etc.).
- ✓ Cartografía poco compleja.

- Desventajas:

- ✓ Precisión intermedia.
- ✓ Sólo se destacan las especies dominantes en las distintas unidades, pero no las raras, que tienen un elevado interés.
- ✓ No hay legislación de protección que se les pueda aplicar.

### Mapas de usos del suelo

Intentan poner de relieve la utilización que el hombre hace del territorio (cultivos y sus tipos, industrial, urbano, pastoreo, caza, etc.). Especialmente son útiles los mapas diacrónicos, que ponen de relieve las tendencias generales en los cambios de uso del suelo, esenciales para prever la evolución futura de los mismos y determinar, en su caso, las correcciones a aplicar para detener o cambiar tendencias, como las tan frecuentes de despoblación en zonas rurales más o menos marginales.

El abandono de cultivos tradicionales, que pudiera parecer positivo para una regeneración de la cubierta vegetal primitiva, es en muchas ocasiones negativo, pues los terrenos cuya fisionomía fue modificada por los cultivos y repoblaciones pueden sufrir procesos de erosión de terrazas y «matorralización» muy negativos por sus efectos de pérdida de suelo y aumento de riesgos de incendio. De especial interés, pese a su antigüedad, son los *mapas de cultivos y aprovechamientos u otros similares*.

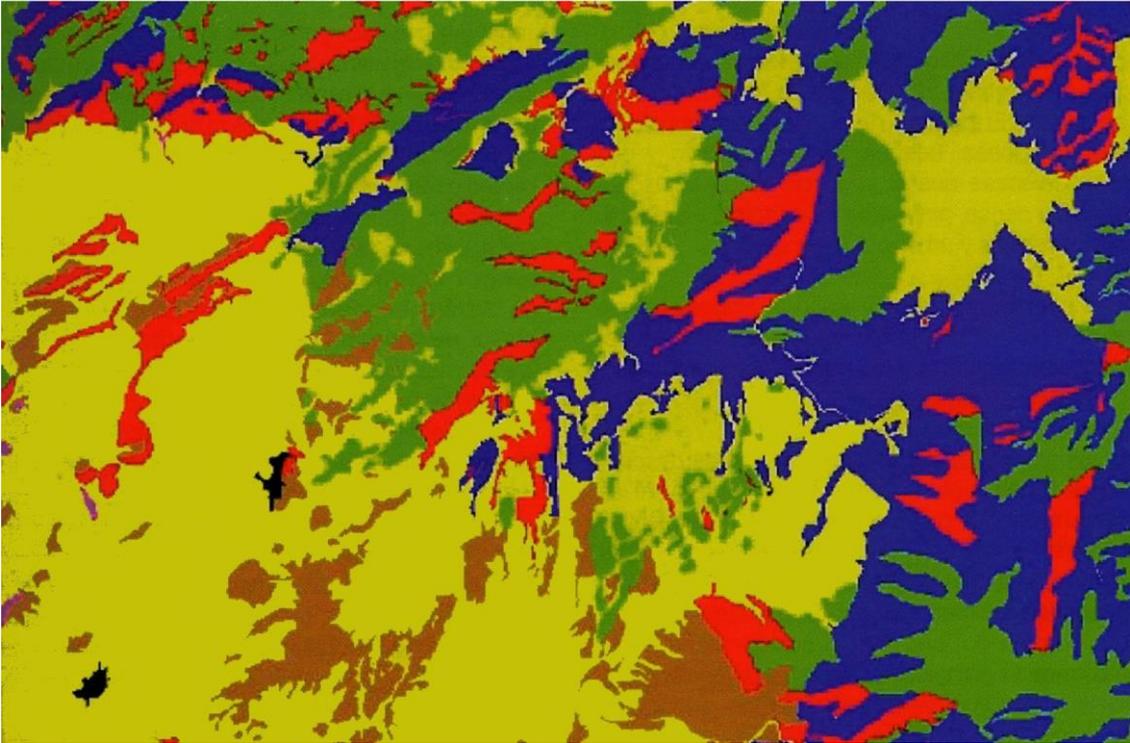


Figura 1: Ejemplo de un Mapa de unidades fisionómico-florísticas y usos del suelo de la hoja 1:25.000 de Coy

### Mapas fitosociológicos

Constituyen una de las aproximaciones más complejas a la vegetación (Alcaraz *et al.* 1999). Estos estudios precisan de inventarios detallados con identificación de todas las especies en cada una de las parcelas muestreadas.

- **Ventajas:**

- ✓ Disciplina ampliamente aplicada en Europa y algunas regiones del resto del mundo, por lo que hay mucha bibliografía disponible.

- **Desventajas:**

- ✓ En territorios poco estudiados su aplicación precisa de mucho trabajo de campo.
- ✓ Se necesita un buen conocimiento florístico para llevarlos a cabo.

## Mapas de combustibles vegetales

En la determinación de los riesgos de incendios la cubierta vegetal juega un papel importante, pero difícil de evaluar, a través de la interpretación del tipo de combustible que representa.

Otros aspectos implicados son dependientes de la topografía, del clima local y, por supuesto, de la accesibilidad y medios humanos y mecánicos disponibles para prever y, en el peor de los casos, intentar detener el avance del fuego.

Podemos afirmar que, salvo rarísimas excepciones, la materia vegetal es siempre combustible, si bien su inflamabilidad varía en función del contenido en humedad. De hecho, el término inflamabilidad es difícil de definir con precisión, ya que es una combinación de al menos cuatro elementos:

- Ignitabilidad.
- Sostenibilidad.
- Combustibilidad.
- Consumibilidad.

La *inflamabilidad* se puede calcular para especies individuales, pero los datos disponibles para España son reducidos. Menos información hay aún de *sostenibilidad* y *consumibilidad*; mientras que combustibilidad es posible aproximarla a través de la estructura de la vegetación y algunas características adicionales.

La *combustibilidad* hace referencia a la propagación del fuego dentro de una estructura de vegetación. Este factor puede analizarse mediante *modelos estructurales* o *de combustible*, identificables visualmente, en los que se puede predecir, a grandes rasgos, el comportamiento del fuego.

Así pues, la estructura de la vegetación es esencial para determinar a qué modelo de combustible puede adscribirse, puesto que de ella dependerá por dónde se transmitirá el fuego caso de iniciarse (superficie, subsuelo, copas o mixto — copas y superficie—); estas razones ponen de relieve la dificultad para realizar una correlación directa de un mapa de vegetación, aunque sea puramente fisionómico, a un mapa de combustibles vegetales (ver cuadro 3 de combustibles). Algunos mapas se han realizado para algunas zonas de México.

Grupo	Modelo	Descripción
<b>Pastos</b>	1	Pasto fino, seco y bajo, con altura por debajo de la rodilla, que recubre completamente el suelo. El matorral o el arbolado cubren menos de un tercio de la superficie. Los incendios se propagan a gran velocidad por el pasto seco. Ejemplos: praderas naturales con plantas anuales, dehesas, cultivos de cereal. Cantidad de combustible (materia seca): 5-10 t/Ha
	2	Pasto fino, seco y bajo, que recubre completamente el suelo. Hay matorral o arbolado claro que cubren más de un tercio de la superficie, sin llegar a los dos tercios. El combustible está formado por el pasto seco y la hojarasca y ramillas caídas. Cantidad de combustible (materia seca): 5-10 t/Ha
	3	Pasto grueso, denso, seco y alto (más de un metro). Es el modelo típico de las sabanas y de las zonas pantanosas con clima templado-cálido. Los campos de cereales son representativos de este modelo. Puede haber algunas plantas leñosas dispersas. Cantidad de combustible (materia seca): 4-6 t/Ha
<b>Matorral</b>	4	Matorral o plantación joven muy densa; de más de 2 m de altura; con ramas muertas en su interior. Continuidad horizontal y vertical del combustible. Propagación del fuego por las copas de las plantas, rápida, con gran intensidad y llamas grandes. Cantidad de combustible (materia seca): 5-8 t/Ha
	5	Matorral denso, pero bajo, altura no superior a 0,6 m. Con cargas ligeras de hojarasca del mismo matorral, que contribuye a propagar el fuego con vientos flojos. Fuegos con intensidad moderada. Cantidad de combustible (materia seca): 5-8 t/Ha
	6	Matorral más viejo que en el modelo 5, con alturas entre 0,6 y 1,2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. En conjunto es más inflamable que el modelo 5. El fuego se propaga a través del matorral con vientos moderados a fuertes. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 t/Ha
	7	Matorral de especies muy inflamables; de 0,6 a 2 m de altura, situado como sotobosque en masas de coníferas. Propaga el fuego bajo el arbolado. El incendio se desarrolla con contenidos más altos de humedad del combustible muerto que en los otros modelos, debido a la naturaleza más inflamable de los combustibles vivos. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 t/Ha
<b>Hojarasca bajo arbolado</b>	8	Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas. La hojarasca forma una capa compacta la estar constituida por acículas cortas (5 cm o menos) o por las hojas planas no muy grandes. Los fuegos son de poca intensidad, con llamas cortas y velocidades de avance bajas. Solamente en condiciones meteorológicas desfavorables (alta temperatura, baja humedad relativa y vientos fuertes) este modelo puede revelarse como peligroso. Los bosques densos de pino o de hayas son ejemplos representativos. Cantidad de combustible (materia seca): 10-12 t/Ha
	9	Hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas, que se diferencia del modelo 8 en que forma una capa esponjada poco compacta, con mucho aire interpuesto. Está formada por acículas largas, como en masas de <i>Pinus pinaster</i> , o por hojas grandes y rizadas, como las de los melojos ( <i>Quercus pyrenaica</i> ) o las de los castaños ( <i>Castanea sativa</i> ). Los fuegos son más rápidos y con llamas más largas que en el modelo 8. Cantidad de combustible (materia seca): 30-35 t/Ha
	10	Bosque con gran cantidad de leña y árboles caídos, como consecuencia de vendavales, plantaciones intensas, etc. Cantidad de combustible (materia seca): 30-35 t/Ha

Grupo	Modelo	Descripción
Restos de corta y operaciones silvícolas	11	Bosque claro o fuertemente aclarado. Zonas con restos de podas o aclarado más o menos dispersos, con plantas herbáceas rebrotando. Se trata de restos ligeros (diámetro < 7,5 cm) recientes de tratamientos silvícolas o de aprovechamientos, formando una capa poco compacta de poca altura (alrededor de 30 cm). La hojarasca y el matorral presentes pueden contribuir a la propagación del fuego. Los incendios en estas condiciones tienen intensidades altas y pueden generar pavesas. Cantidad de combustible (materia seca): 25-30 t/Ha
	12	Predominio de los restos sobre el arbolado. Restos más pesados que en el modelo 11, los cuales forman una capa continua de mayor altura, hasta 60 cm. Más de la mitad de las hojas están aún adheridas a las ramas sin haberse secado completamente. No hay combustibles vivos que influyan en el fuego. Los incendios pueden tener intensidades altas y generar pavesas. Cantidad de combustible (materia seca): 50-80 t/Ha
	13	Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, que cubren todo el suelo. Cantidad de combustible (materia seca): 100-150 t/Ha

Cuadro 3: Modelos de combustibles vegetales.

## Desarrollo de la práctica

### Generalidades

En la práctica se va a trabajar con hojas del *Mapa de vegetación de Catalunya 1:50.000* y del *Mapa de Series de vegetación de España*. El primero incluye la vegetación potencial y la actual, ambas estudiadas bajo una perspectiva fitosociológica. El segundo es un mapa de vegetación potencial a escala 1:400.000, también con una base fitosociológica. Las diferencias de escala y contenidos nos van a permitir extraer datos de interés en ambos casos.

Del mapa vamos a poder extraer información sobre aspectos de **Sucesión**, distribución espacial de las comunidades a través del **Corte Fitotopográfico** e información bioclimática a través de la identificación de los diversos *Pisos de Vegetación*.

### Aspectos dinámicos: análisis de dos series de vegetación

Con el *Mapa de vegetación y uso de suelo de Baja California*, se va a escoger **dos tipos de vegetación potencial** y se intentará extraer el listado de las asociaciones cartografiadas dentro de cada una de ellas. Una lectura de la leyenda del mapa y si es necesario de la memoria de este nos va a permitir encuadrar cada asociación

vegetal recogida en los principales tipos: bosques, matorrales altos, tomillares, herbazales, vegetación acuática, vegetación de zonas rocosas, vegetación de lugares alterados (cultivos, arvense, márgenes de caminos, lugares muy afectados por la actividad humana, ruderal), etc.

- Debe hacer un listado intentando ordenar las distintas asociaciones observadas desde las que representan la vegetación potencial hasta las que expresan la cubierta vegetal de las zonas más degradadas (ver cuadro 4).
- ¿Hay asociaciones comunes a las dos series estudiadas?; si la respuesta anterior es positiva ¿cómo interpreta este hecho?
- ¿ Los mosaicos de vegetación rupícola, pertenecen a la serie?
- Si le aparecen turberas entre las asociaciones detectadas, ¿pertenecen a la serie, a la geoserie o a una geoserie especial aparte?

Cuadro 4: Ejemplo de cuadro comparativo entre dos series próximas; en negrita se destacan las asociaciones diferenciales de una y otra

Serie A	Serie B
<b>1</b>	<b>3</b>
7	7
<b>9</b>	<b>15</b>
23	23
<b>24</b>	25
25	<b>32</b>
<b>33</b>	

### Aspectos espaciales: corte fitotopográfico

Se trata de pasar desde el mapa, vegetación en dos dimensiones, a una visión tridimensional de un transecto en la zona.

A partir de una hoja del *Mapa de vegetación y uso del suelo* se va a elegir una zona de corte y se realizará un corte topográfico sobre el cual representaremos con símbolos o esquemas sencillos el tipo de vegetación presente. Para ello vamos a elegir una zona de relieve variado que incluya varios tipos de *vegetación potencial*, se realizará primero el corte topográfico (ver práctica 2), lo reproduciremos dos veces y sobre uno de ellos vamos a representar la vegetación potencial (incluir perfil Colonet), mientras que sobre el otro esquematizaremos la actual. Un ejemplo de este tipo de cortes viene recogido en los propios mapas de Cataluña, pero las zonas de corte a escoger serán, por supuesto, otras y de menor longitud.

En principio, se hará un corte de unos **10 cm** de longitud en el mapa, pero lo representaremos en el papel duplicado en la escala horizontal, es decir, la longitud final del corte fitotopográfico será de 20 cm. Para la escala vertical (altitudinal) se usará 1 cm por cada 100 m de desnivel.

### Aspectos bioclimáticos: mapa de pisos de vegetación

Para finalizar se utilizará el *Mapa de series de vegetación de España*, escogiendo un área variada en altitud y tipos de series y van a transformarlo en un mapa de pisos de vegetación de acuerdo con el termoclima que se destaca en la leyenda de los mapas. Se utilizará una hoja A4 de papel vegetal para trasladar las manchas sin estropear los mapas.

- ¿ Hay varias series bajo el mismo piso de vegetación?
- En caso de ser positiva la respuesta anterior, ¿qué significado puede tener este hecho?
- ¿ Se observan correlaciones entre la altitud y los pisos? ¿Y con la litología? ¿Y con la fitogeografía?
- ¿ Cuáles son las diferencias más significativas: las relativas a la temperatura o las determinadas por el ombroclima?
- A una escala de trabajo más detallada ¿cree que los mapas resultantes serían muy diferentes del de Series utilizado? ¿Por qué?

## Referencias

- Alcaraz, F.; Clemente, M; López Bernal, J.; Barreña, J.A. y González Garnés, A.J. 2001. II. Caracterización de la vegetación y los usos del suelo. In Ramírez, I.; Vicente, M. y López Bermúdez (directores), Seguimiento y evaluación de los efectos sobre el medio natural de la sequía y los procesos erosivos en la Región de Murcia: 75-162.
- Corine. 1991. Habitats of the European Community. Commission of the European Community.

## PRACTICA 5.

### Título: Fitosociología (8 hr)

#### Premisas

- La **Fitosociología** nació en el sur de Europa, principalmente en las ideas de **Josias Braun Blanquet**, quien dio mayor importancia a **composición florística** total de las comunidades.
- El concepto de **comunidad vegetal** tiene una posición intermedia entre sus acepciones extremas (organismo, individualismo).
- Énfasis en las **especies diagnóstico** (más sensibles al medio y mejores indicadoras que las restantes).
- Las especies de diagnóstico se usan para **organizar las comunidades en una clasificación formal jerárquica**.

#### Metodología fitosociológica

- Hay que distinguir comunidades vegetales concretas (fitocenosis) de clases o tipos abstractos de comunidades (fitocenones o sintáxones)
- Sintáxones caracterizados por especies de diagnóstico de tres tipos:
  - a) de carácter (exclusivas o casi)
  - b) diferenciales (distinguen dos sintáxones próximos)
  - c) constantes: compañeras frecuentes
- La investigación incluye tres fases:
  - 1. Analítica (toma de datos)
  - 2. Sintética (comparación y clasificación preliminar)
  - 3. Sintaxonómica (engarce en el sistema de clasificación jerárquica)

#### A. Fase Analítica

- Inventarios florísticos con coeficientes
- Selección de superficie (área mínima y florísticamente representativa).
- Coeficientes cuantitativos y cualitativos (abundancia-dominancia- sociabilidad y frecuencia).

#### Protocolo de inventario

- Los datos estructurales y florísticos citados en los apartados anteriores se escriben en forma estandarizada en una libreta de campo o en formularios preparados al efecto.
- Si es posible se anotan otros datos:

- Tamaño y forma de la parcela y de la mancha de vegetación total
- Fecha de realización
- Localidad, altitud y coordenadas
- Orientación y pendiente
- Sustrato
- Vegetación de contacto
- Nivel freático, diferenciación de los sistemas radicales
- Carácter e intensidad de la influencia humana o animal
- Otros datos de interés
- 
- Premisas
  - Selección de parcelas que representen la variación de la vegetación en la zona de estudio.
  - Muestreo estratificado subjetivo (las parcelas deberían escogerse de modo que representen proporcionalmente a las diferentes comunidades detectadas).
  -
- Requerimientos para las parcelas
  - Deben ser lo suficientemente grandes para que puedan incluir todas las especies de la comunidad (área mínima)
  - Deben ser uniformes fisionómica y florísticamente; ello se considera como indicio de una homogeneidad ecológica
  - Deben tener una cobertura de plantas uniforme, sin cambios notables en el dominio de un extremo a otro de la parcela, sin zonas densas y claras incluidas simultáneamente, uniformidad que debe extenderse a los estratos integrantes.

### Reconocimiento del terreno

- Estudio previo del área cuando es poco conocida por los investigadores.
- Observación de los patrones de distribución de la vegetación.
- Habitats y posiciones topográficas.
- Establecimiento de las relaciones aparentes entre tipos de vegetación, litología, topografía, suelos o tipo de alteración.
- Primera aproximación a la vegetación de la zona, apoyada en el análisis bibliográfico (esquema provisional de vegetación, incluyendo tipos de comunidades posibles, aunque algunos aún no detectados).

### Área mínima

- el tamaño de la parcela = acuerdo al concepto de área mínima
- área florísticamente representativa
- evitar muestreos al azar
- tamaño depende del número de especies, tamaño de individuos y forma de agrupamiento = 1 a 1 000 m<sup>2</sup>

- variables según la comunidad
- elección en dos niveles sucesivos:
  - elementos representativos del paisaje
  - condiciones más estrictas de homogeneidad repetitiva de combinaciones de florísticas y caracteres ecológicos y dinámicos.

El tamaño y forma de las parcelas de muestreo, dependiendo de la fisonomía de la vegetación, propuestos por la UNESCO (1973) y adaptadas por Grossman *et al* (1998).

Fisonomía de la vegetación	Área de muestreo	Dimensiones
Bosque	100-1000 m <sup>2</sup>	10x10 – 20x50
Bosque abierto (Woodland)	100-1000 m <sup>2</sup>	10x10 – 20x50
Bosque muy abierto	25-1000 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x50
Matorral denso	25-400 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x20
Matorral abierto	25-400 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x20
Matorral bajo denso	25-400 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x20
Matorral bajo abierto	25-400 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x20
Vegetación herbácea	25-400 m <sup>2</sup>	5x5 – 20x20
Vegetación muy dispersa o con predominio de plantas no vasculares	1-25 m <sup>2</sup>	1x1 – 5x5

### Datos del inventario

- Descripción detallada de la localidad y el hábitat
- Listado completo de especies, separadas por estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo (al menos, ver tema 8) ¡una especie puede estar en más de un estrato simultáneamente!
- Las especies desconocidas o dudosas se herborizan para determinarlas posteriormente
- De cada especie se estima su cobertura y abundancia en el área de muestreo y en cada estrato.
- En las pasadas décadas se estimaba también la sociabilidad y dispersión, que se escribía a continuación de la abundancia.
- Se puede estimar también la vitalidad y la fertilidad
- Se evalúa el estado fenológico de cada especie en el momento de la toma del inventario (ej. v: vegetativo, fl: floración, fr: fructificación, etc).

### Recomendaciones

- Datos ecológicos, topográficos, suelo, microclima, influencia antropogénica
- Transcripción fiel de la vegetación, ya que de su calidad dependerá las interpretaciones sin taxonómicas.
- Evitar multiplicar inventarios en sitios análogos muy próximos
- No se debe hacer nunca más de un inventario por individuo de asociación a menos que no tenga dimensiones realmente considerables (caso excepcional)
- Ante todo, un inventario es una lista de taxones incluido las especies acompañantes.

### Tipo de Inventarios

- INVENTARIOS COMPLEJOS: no responden a los criterios óptimos de homogeneidad florística y ecológicamente, deben ser rechazados.
- INVENTARIOS FRAGMENTARIOS: efectuados en superficies muy pequeñas o en el interior de vegetaciones más estructuradas empobrecidas o iniciales.

## Coeficientes

1. abundancia
  - Estimación del número de individuos de cada especie en el inventario.
  - Escala mixta de Braun-Blanquet
2. dominancia (cobertura)
  - evaluación de la superficie (o volumen) que ocupan los individuos de cada especie existentes en el inventario.
3. sociabilidad
  - aprecia la forma de disponerse unos individuos con respecto a otros de una misma especie en el interior de una población dada.

En la práctica este coeficiente está relacionado con el tipo biológico de la especie, por lo tanto, tiene un valor menor que la cobertura.

### Escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1932 )

- 5 Individuos de número variable, pero que cubren más de  $\frac{3}{4}$  de la superficie
- 4 Individuos de número variable, pero que cubren, más de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  de la superficie.
- 3 Individuos de número variable, pero que cubren más de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  de la superficie.
- 2 Individuos muy abundantes que cubren por lo menos  $\frac{1}{20}$  de la superficie.
- 1 Individuos bastante abundantes, pero de débil cobertura.
- + Individuos poco abundantes y de débil cobertura.
- r Individuos raros o aislados.

### Escala de cobertura de Danserau (1948).

- 5 Colonias puras y con individuos que se toca; cobertura local 81-100%.
- 4 Colonias bien concentradas pero con individuos que no se toca; cobertura local 61-80%.
- 3 Colonias pequeñas pero bien concentradas; cobertura local 41-60%.
- 2 Grupos dispersos o en "macollos"; cobertura local 21-40%.
- 1 Individuos aislados; cobertura local 1-20%.
- + Cobertura irregular pero en colonias ampliamente distribuidas.
- . Sin sociabilidad y presencia muy limitada.

## Presencia

- Es la expresión de la frecuencia matemática de una especie en una tabla y se expresa en %.
- Los porcentajes de presencia de una especie son habitualmente repartidos en varias categorías denominadas **clases de presencia**:
  - V = > 81  
IV= 61-80
  - III= 41-60
  - II = 21-40
  - I = 11-20
  - + = 6-10
  - r = <6
- se aplica esta escala a partir de al menos una tabla con 6 inventarios.
- Por debajo de 6 se indicará simplemente la cifra absoluta de la especie.
- Algunos autores indican el porcentaje exacto de presencia para emplear las clases.

## B) Fase Sintética

### Tablas

- Elaboración de tablas fitosociológicas sintéticas (sinóptica), donde se agrupan inventarios relacionados para comparar los que se adscriben a asociaciones próximas.
- En ella se presenta la presencia de cada especie en cada grupo de inventarios.
- Cada columna no es inventario, sino un **resumen** de una tabla.
- Caracteres sintéticos de las comunidades (presencia /fidelidad.)
- Tablas fitosociológicas **detalladas** a partir de inventarios.
- Comparación analógica de inventarios reunidos en diversos tipos de inventarios.
- Tablas fitosociológicas **sintéticas** a partir de tablas detalladas.

### Recomendaciones

- Comparación de inventarios relacionados para dar una clasificación preliminar
- Posibilidad de hacerlo manual cuando se dispone de un número de inventarios reducidos, pero actualmente hay aplicaciones informáticas que permiten realizar esto con rapidez y mayor objetividad.
- Decorana, Megatab, Twispan, o paquetes informáticos más amplios (R, Canoco, Syntax, Mulva, etc.).
- Al final se exponen los resultados con comentarios textuales y tablas de inventarios.

**Sintaxones:** la metodología fitosociológica permite definirlos, delimitarlos y jerarquizarlos sintaxones.

**Jerarquía Sintaxonómica** (Código de Nomenclatura Fitosociológica 1988)

**CLASE = *etea***

**ORDEN = *etalea***

**ALIANZA = *ion***

**ASOCIACION= *etum***

### El concepto Clase

- Término generalmente usado para definir el taxón de más alto rango (Lamarck, 1809).
- El concepto “clase” fue introducido para clasificar la vegetación en las unidades fitosociológicas, *sintaxón* (Braun-Blanquet, 1928). Donde las comunidades de plantas están dadas en unidades fitogeográficas y fitosociológicas.
- Este concepto está basado en una tradición y empírica concepción, y ambigua o arbitraria interpretación.
- Generalmente la fisonomía y estructura espacial de la vegetación es importante para delimitar la *Clase*.
- *Clase* está unido al concepto de *formación*, usado desde el siglo XIX.
- Algunas *clases* tienen asociaciones con más de un tipo de estructura, por lo que posteriormente se divide para obtener un sintaxa más uniforme: e.g. una clase restringida a matorrales tiene asociaciones de terófitos en el mismo lugar.

### Formaciones vegetales

- Plantas con formas vitales más o menos diferentes que se agrupan integrando comunidades vegetales.
- La **sinusia** es una comunidad de plantas de estructura uniforme, caracterizada por incluir un solo tipo de forma vital.
- La **sinusia** responde a condiciones ecológicas muy homogéneas (musgos en el suelo de un chaparral, líquenes en la rama de un árbol, etc.).
- La Formación es una comunidad vegetal de orden superior, compuesta por una o, generalmente, varias sinusias y con fisonomía homogénea.

- En ocasiones se reserva el término de formación para referirse a comunidades vegetales propias de un amplio territorio, delimitado en primer lugar por la fisionomía, resultante de la organización espacial conferida por las formas vitales de plantas predominantes y correspondientes al estado maduro de la vegetación.
- Tiene en cuenta también criterios climáticos, edáficos y de adaptaciones más importantes del conjunto de plantas integrante.

### Definición de Asociación

- Humboldt (1805): “**Composición florística de la colectividad vegetal** “
- CONGRESO DE NOMENCLATURA (1910): “**una colectividad vegetal de composición florística determinada, unidad de condiciones estacional y unidad fisionómica: es la unidad fundamental de la sinecología** “
- H. VILLAR: DEFINICIÓN PURA: “una cohabitación botánica individualizada por su composición florística. Así asociación resulta “la sinecia desde el punto de vista sistemático”. Mientras **Formación** lo es desde el **Biotípico**.
- Es la Unidad fundamental y único objeto concreto de la Fitosociología: **un concepto ABSTRACTO que se deduce de un conjunto de individuos que poseen en común más o menos los mismos caracteres.**
- En el 3er. Congreso Internacional de Botánica, Flahault & Schroter (1910) propusieron la definición de la unidad básica de la clasificación como “**un tipo de comunidad de plantas de composición florística definida, condiciones de hábitat y fisionomía uniforme. La asociación está caracterizada por una recurrente combinación de especies las cuales pueden ser encontradas en sitios de similares condiciones ecológicas**”.

### Escuela Zurich-Montpellier

- Unidad fundamental de la sistemática fitosociológica, es un tipo de comunidad vegetal de carácter abstracto, a cuyo conocimiento se llega mediante el estudio comparativo de la composición florística de las poblaciones vegetales concretas (individuos ó representantes de asociaciones).
- Inventarios florísticos en **poblaciones vegetales homogéneas** muestran que en realidad no se dan del mismo modo todas las combinaciones de especies teóricamente posibles.
- **Denominación = (*etum*)** al radical del nombre genérico de una de las especies importantes de la asociación, con frecuencia una dominante o característica, y a continuación se pone el nombre de esta en genitivo.

Los **sintaxones**, independientemente de su rango jerárquico, poseen un conjunto de caracteres diferenciales de tipo:

- 1) **Florístico:** Sus especies son portadoras de información genética precisa (ecológica y corológica). Especies características, diferenciales y acompañantes (valores diferentes de información).
- 2) **Estadístico:** Poseer una combinación estadísticamente repetitiva de especies características diferenciales y acompañantes.
- 3) **Ecológico:** Situarse en un contexto ecológico preciso. Debe contribuir y poseer un biotipo preciso.
- 4) **Dinámico:** Significado evolutivo dentro de una serie climática o en comunidades especializadas maduras: a) etapa final o desviante (nitrófilas), b) intermedia, c) inicial
- 5) **Corológico:** cada asociación posee un área geográfica una asociación no puede ser considerada como bien conocida y delimitada si no se sabe exactamente sus límites geográficos. El grado de conocimiento fitosociológico de un país incluye necesariamente el conocimiento de la repetición corológica de las asociaciones (útil para mapas de asociación).
- 6) **Históricos:** restos de antigua vegetación, información de la historia climática, degradación, actividades humanas más recientes.

## Glosario sintético

**ÁREA:** f. En **corología** conjunto de lugares en los que se hallan individuos del mismo taxon o comunidades pertenecientes al mismo sintaxón. Se distingue entre áreas continuas o discontinuas (disyuntas) para expresar su modo de distribución.

**ASOCIACIÓN:** f. Unidad fundamental y básica de la fitosociología. Se trata de un tipo de comunidad vegetal o **sinecia** que posee unas peculiares cualidades florísticas (especies características y diferenciales), ecológicas, corológicas, dinámicas e históricas. A su conocimiento se llega mediante el estudio comparativo de los individuos de asociación o inventarios (única realidad concreta de la tipología) en los que se anota la composición florística y demás caracteres ecológicos y geográficos de una comunidad vegetal homogénea en particular. La toma del inventario de asociación es la operación fundamental de la investigación fitosociológica. Las asociaciones de composición florística y ecológica semejantes se pueden reunir en tipos o unidades superiores (**alianzas, órdenes, clases**).

**BASÓFILA:** adj. Se dice de plantas y comunidades vegetales que viven de modo exclusivo en suelos de reacción básica. Con el mismo sentido se utiliza el calificativo de **Basífila**.

**BIOINDICADOR:** adj. Se dice tanto de táxones como de **sintáxones** que pueden ser utilizados para poner de relieve propiedades del medio o unidad de lugar. Por extensión puede hablarse de bioindicadores geográficos, climáticos, edáficos, etc. Los bioindicadores fitocenóticos son los táxones (fitosociología clásica) o los sintáxones (sinfitosociología) característicos o diferenciales. Se utiliza también como sustantivo.

**CATENA:** f. Conjunto de comunidades vegetales contiguas, ordenadas en función de algún factor ecológico cambiante (temperatura, humedad, topografía, etc.). Es, por tanto, la concreción paisajista del fenómeno de la zonación. V. sinecosistema vegetal, geosigmetum y fitosociología. Su adjetivo es **catenal**.

**CLIMA:** m. Conjunto de condiciones atmosféricas propias de un área o territorio. Su adjetivo es climático.

**CLIMAX:** f. Etapa final de equilibrio en la sucesión geobotánica, comunidad vegetal o fitocenosis que representa territorialmente la etapa de máximo biológico estable. Se puede emplear también como expresión del ecosistema vegetal maduro, y como la etapa final o asociación estable y madura de una serie. Su adjetivo es climácico.

**CLISERIE ALTITUDINAL:** V. Zonación altitudinal.

**\*COMUNIDAD VEGETAL:** Conjuntos más o menos homogéneos de plantas, pertenecientes a distintos táxones que ocupan un área y medio determinados. Tanto puede emplearse para designar individuos de asociación bien definidos y caracterizados, como para denominar tipos de vegetación poco diferenciados y de valor

fitosociológico impreciso. Se emplea a veces como sinónimo de **fitocenosis**, asociación sinecia, etc.

**COROLOGIA:** f. Ciencia que estudia las causas de la distribución y localización de las especies y ecosistemas sobre la tierra. La corología se puede especializar en autocorología, que estudia la distribución de los taxones y **sincorología** que se dedica a los **sintaxones** (comunidades). Es también la ciencia de las áreas (areografía) en base a las áreas de los taxones y sintaxones, así como a información procedente de otras ciencias (geografía, climatología, geología, edafología, etc.) se ha establecido una tipología o sistemática corológica cuyas unidades en orden decreciente son: reino, región, provincia, sector, distrito y tesela. Estas unidades biogeográficas representan un modo de sectorización de la tierra y es una de las finalidades de la fitosociología integrada o ciencia del paisaje vegetal.

**DISTRITO:** m. Unidad tipológica de la corología o fitogeografía, intermedia entre sector y tesela. Suelen ser comarcas o áreas de mayor o menor extensión que se pueden caracterizar e independizar geográficamente por la presencia de especies y asociaciones que faltan en distritos próximos.

**DOMINIO CLIMACICO:** Área o territorio en el que una asociación ejerce real o virtualmente la función de clímax. Habida cuenta su habitual diversidad teselar y estacional, se reconocen unidades de menor rango o unidades de dominio, más homogéneas geográfica y ecológicamente (**subasociaciones**), que en la práctica hacemos corresponder con las **faciaciones** de vegetación o con las subseries. Cada dominio climácico representa un **sigmetum** o serie, lo que conlleva para su uso en la ciencia del paisaje al estudio y conocimiento de cada uno de los estadios o etapas seriales (subseriales y priseriales) que pueden existir en el período de la sucesión.

**ECOSISTEMA:** m. Sistema complejo formado por una trama de elementos físicos (biótopo) y biológicos (comunidades de organismos o biocenosis). En función de su magnitud biocenótica y geográfica algunos autores distinguen entre macro, meso y microecosistemas.

**ECOSISTEMA VEGETAL:** En nuestra acepción, sistema biológico que integra los factores del medio y las comunidades vegetales, puede emplearse tanto para designar una comunidad vegetal y su entorno, como para expresar todo el conjunto de comunidades que se suceden en una serie unido al espacio teselar que le es propio. No es una unidad tipológica (**sigmentum**) ni un concepto funcional-biocenótico (ecosistema). Según sea su ubicación, grado de conservación y acción antropógena se tiende a reconocer entre ecosistemas naturales, seminaturales, agrícolas, urbanos e industriales.

**ESTACION:** m. En geobotánica unidad fundamental del medio local, es decir, la suma de factores ecológicos que constituyen el medio de una comunidad. V. Medio.

**ESTADIO:** m. En geobotánica designa a cada una de las estructuras claramente delimitadas en el proceso de la sucesión, por ejemplo. Espinal, garriga, jaral, tomillar, brezal, etc. Como sinónimo se emplea etapa.

**ETAPA:** f. V. Estadio.

**ETAPA SERIAL:** En la nomenclatura geobotánica **sucesionista** se aplica a cualquier comunidad sinecia, asociación o estadio que sustituye (subserial) o que antecede (priserial) al clímax.

**ETAPA DE SUCESION:** V. Etapa serial.

**FACIACION TIPICA:** La que corresponde al área donde fue descrita la asociación clímax portadora del nombre de la serie de vegetación o **sigmetum**.

**FACIACION DE VEGETACION:** Nueva unidad elemental de la **geobotánica sucesionista o fitosociología integrada (ciencia del paisaje vegetal)** de rango inferior a la serie de vegetación. Trata de designar el conjunto de estadios o comunidades vegetales que pertenecen a la misma tesela o teselas íntimamente relacionadas, es decir, representar a tipos de vegetación ligados por la sucesión y el medio. La **faciación** suele corresponder a una **sinsubasociación o subsigmetum**. Para denominarla tras el nombre de la serie, deben añadirse epítetos geográficos, ecológicos, o florísticos más significativos del medio. V. Serie de vegetación.

**FITOSOCIOLOGIA:** f. Parte de la Geobotánica o de la ecología que estudia las comunidades vegetales y sus relaciones con el medio. Es la ciencia de los sintáxones, en la que la asociación es su unidad fundamental. Se han utilizado como sinónimos más o menos parciales los términos: Sociología vegetal, fitocenología, sinecología, etc. hoy la fitosociología clásica, sigmatista o *braunblanquetista*, sigue siendo la base científica de la ciencia del paisaje vegetal si bien solo contempla el primer nivel de análisis (asociaciones) en tanto que la fitosociología paisajista, integrada o fitotopografía incluye, además de la clásica, la sucesional y catenal, es decir la sinfitosociología, que se dedica al estudio de los complejos de comunidades que constituyen las series (sigmetum) y la geosinfitosociología, que trata de analizar y sistematizar los fenómenos catenales y geográficos de las geoserias (geosigmetum).

**GEOBOTANICA:** f. Ciencia de la relación entre la vida vegetal y el medio terrestre, con el mismo significado se han utilizado los términos geografía botánica y ecología vegetal. Comprende como ciencias parciales más destacadas la fitosociología o fitocenología, la corología vegetal o fitografía y la ecología mesológica.

**GEOSIGMETUM:** m. Denominada también **geosinasociación o geoserie**, es una unidad de fitosociología integrada o paisajista y más concretamente de la **geosinfitosociología**. Trata de ser la expresión fitosociológica **catenal y sucesionista** de la ciencia del paisaje vegetal. Se construye con los **sigmetum** o series contiguas, y también con sus estadios o comunidades vegetales seriales delimitados por una unidad **fitotopográfica de paisajes** (valles, llanuras, crestas, turberas, ríos, etc.) dentro de la misma unidad biogeográfica (distrito o sector corológico)

**GRADOS DE VEGETACION:** Con más propiedad nombrados cinturas de vegetación, designan unidades **corológico-florístico-fitocenóticas** de una particular distribución altitudinal y latitudinal que, con frecuencia coinciden con los pisos de vegetación.

**HIDROSERIE:** f. zonación de comunidades vegetales que van desde el medio acuático a la clímax regional. Lo empleamos tanto en el sentido **catenal** como en el **sucesional**, que es más teórico.

**INVENTARIO DE ASOCIACION:** Expresión pormenorizada y cuantificada de una comunidad vegetal homogénea concreta. En el inventario ha de constar, además de los datos geográficos, ecológicos y fisionómicos del área estudiada, la lista completa de todas las especies existentes (al menos las del mismo nivel morfológico de organización), con indicación de su abundancia y sociabilidad en la superficie elegida. El área debe ser igual o ligeramente superior a la mínima, es decir, al menor espacio posible en el que teóricamente se hallan presentes todas las especies características y acompañantes habituales de la comunidad que se investiga, existente en el lugar. Un inventario es un individuo de asociación y la única realidad concreta de la fitosociología.

**LUGAR:** m. Espacio que ocupa o puede ocupar un individuo y, por extensión, una comunidad vegetal. Se puede denominar sitio. V. área.

**MAPAS DE VEGETACION POTENCIAL:** Aquellos que ponen de manifiesto las áreas que poseen virtualmente los mismos o muy parecidos ecosistemas vegetales maduros, es decir, que tienen iguales o muy similares formaciones clímax y comunidades sustituyentes y, como consecuencia, las mismas series o **faciaciones** de vegetación.

**MEDIO:** m. Suma de factores que integran una unidad de lugar. Hay que distinguir entre el medio geográfico, en cuanto a lo físico y que trata de la configuración del lugar, y medio estacional, como la suma de los factores ecológicos naturales que inciden y condicionan dicho lugar. El medio antropógena sería el profundamente modificado por el hombre y sus actividades. V. Estación.

**OMBROCLIMA:** m. La parte del clima que se refiere a las lluvias o precipitaciones. La cantidad de lluvia que cae en una localidad se expresa en litros por metro cuadrado o en milímetros de altura, que es el mismo número. En la región mediterránea se distinguen seis tipos de **ombroclima** según sea la media anual en mm(P): **árido** (inferior a 200), **semiárido** (200-350), **seco** (350-600), **subhúmedo** (600-1000), **húmedo** (1000-1600), **hiperhúmedo** (superior a 1600). Todavía en cada tipo se pueden reconocer tres niveles o subtipos: superior, medio e inferior.

**OMBROFILO:** adj. Dícese de las plantas, comunidades vegetales, etc., que viven y necesitan climas muy lluviosos. Se opone a **ombrofobo**. V. ombroclima.

**PISOS BIOCLIMATICOS:** Cada uno de los tipos o grupos de medios que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal. En la práctica se delimitan por función de los factores climáticos y de las comunidades vegetales cambiantes. Aunque el fenómeno de la zonación tiene un valor universal. Cada región corológica posee sus peculiares pisos bioclimáticos donde existen unas comunidades vegetales de estructura y

composición florística peculiares que se han denominado pisos de vegetación. En la región mediterránea se conocen cinco pisos bioclimáticos: termo, meso, supra, oro y crioromediterráneo, cada uno de los cuales posee unos ecosistemas vegetales propios.

**PISOS DE VEGETACION:** Cada uno de los complejos **sineciales** o series de vegetación que se escalonan en una cliserie altitudinal. Así, en la cliserie de los Alpes se delimitan los pisos colino o pedemontano, montano, subalpino y alpino, caracterizados cada uno por una flora y vegetación peculiares. Con una estructura y composición florística vicaria la cliserie alpina se reproduce en otras montañas de la región Eurosiberiana, pero no fuera de ella.

**PODSOLIZACION:** f. Proceso **edafógeno** por el que, merced a la existencia de una materia orgánica muy ácida (mor) y una elevada precipitación, se produce un arrastre de los coloides sobre todo de los sexquióxidos de alumina y hierro de los horizontes superiores a los inferiores del suelo. Como consecuencia de esta lixiviación se origina un horizonte eluvial más o menos descolorido, cuyo caso extremo es el suelo del tipo podsol, que muestra un horizonte superior lavado constituido casi exclusivamente por arena blanquecina.

**PROVINCIA:** f. Unidad tipológica de la corología intermedia entre la región y el sector. Es un territorio extenso que posee muchas especies propias e incluso paleoendemismos y táxones independizados a nivel de género. Posee dominios climáticos, series y comunidades permanentemente particulares, así como una peculiar distribución de la vegetación de las cliseries altitudinales. En la nomenclatura fitogeográfica antigua de **Flahault** a esta unidad se le designaba como dominio.

**QUIONOFILO:** adj. Se dice de vegetales, comunidades, o lugares que tienen afinidad por la nieve, o incluso que requieren estar cubiertos por ella durante un largo período del año. Se opone a **quionofóbo**.

**REGION:** f. Unidad corológica de rango superior a provincia e inferior a reino floral. Es un territorio muy extenso que posee especies, géneros e incluso familias propias. Al mismo tiempo que tiene dominios, territorios climáticos, pisos bioclimáticos y de vegetación particulares.

**SECTOR:** m. Unidad tipológica de la corología situada entre la provincia y el distrito. Suele ser un territorio bastante extenso que posee algunas especies (táxones) y asociaciones propias, si bien esta rara vez a nivel climático. Asimismo, presenta una peculiar zonación altitudinal que se pone de manifiesto por una particular secuencia de series, etapas seriales y comunidades permanentes.

**SERIE DE VEGETACION:** Unidad geobotánica sucesionista y paisajista que trata de expresar todo el conjunto de comunidades vegetales o **sinecias** que puedan hallarse en unos espacios teselares similares, como resultado del fenómeno de la sucesión, lo que incluye tanto a las comunidades representativas de la etapa madura como a las iniciales y seriales sustituyentes. Así concebida consideramos la serie como sinónima de **sinasociación o sigmetum**, unidad de la fitosociología integrada o paisajista

(**sinfitosociología**). Para su denominación se debe elegir la especie dominante de la comunidad climática o madura, indicando además los factores ecológicos y geográficos más significativos (piso bioclimático, área, suelo, clima, etc.). En cualquier caso, debe precisarse y sinonimizarse con **el sigmetum o asociación** que ejerce la función de clímax. Cabe distinguir entre las series climáticas o climatófilas, es decir, las que inician y ubican en suelos que solo reciben agua de lluvia (dominios climáticos), y las edafófilas o higrófilas que se hallan en suelos que semiterrestres o acuáticos, cuyo caso más general son las series riparias de las riberas y orillas de las aguas corrientes. Como unidades de rango inferior a la serie pueden emplearse las subseries y las faciasiones de vegetación como superiores las **macroseries e hiperseries (sigmion, sigmetalia, sigmetea)**. Como expresión catenal de series que se hallan en contacto y se sustituyen en función de un gradiente ecológico (húmedad, topografía, etc.) dentro del mismo distrito o sector corológico se emplea el término **geosigmetum**.

**SIGMETUM:** m. Denominada también **sinasociación**, es la unidad tipológica de la sinfitosociología. Trata de ser la expresión **sociológica sucesionista**, de una serie o dominio climático, es decir, de un territorio homogéneo geográfica y ecológicamente, en el que una asociación ejerce la función del clímax. En la práctica es sinónimo de la serie de vegetación.

**SILICICOLA:** adj. Se dice de plantas y comunidades vegetales que habitan en suelos silíceos. Se opone a calcícola.

**SILICOFILA:**adj. Se dice de plantas que necesitan vivir en suelos silíceos o desprovistos por lavado de carbonato cálcico. Con el mismo sentido se emplea calcífuga.

**SINASOCIACION:** V. *Sigmetum*

**SINECIA:** f. En la nomenclatura de H. del villar es la unidad más general de la colectividad vegetal. Se trata de un conjunto de seres vegetales que viven reunidos en un mismo medio exterior e individualizado por la estructura de sus componentes. Se puede emplear parcialmente como sustituto de comunidad vegetal, **fitocenosis**, estadio, etc.

**SINECOSISTEMA VEGETAL:** En nuestra acepción sistema biológico que integra el medio y las comunidades vegetales pertenecientes a distintas series o ecosistemas vegetales contiguos, es decir, pertenecientes a una misma catena. Aunque no se trata de una unidad tipológica o funcional, en la práctica es coincidente con **geoserie o geosigmetum**.

**SINFITOSOCIOLOGIA:** f. Ciencia ecológica basada en la fitosociología clásica o **braunblanquetista** que estudia los complejos de comunidades vegetales relacionados entre sí por el mismo proceso de sucesión. Pretende analizar, definir y sistematizar el paisaje vegetal a través de las asociaciones maduras, sustituyentes, pioneras y antrópicas, que puedan existir en una tesela, mosaico teselar, distrito corológico, etc. Su unidad es el **sigmetum o sinasociación**. Así concebidas y actualizadas estas

ciencias florístico-ecológico-dinámico-fitocenónicas, se podrían subordinar entre sí del siguiente modo. La ciencia del paisaje vegetal o fitosociología integrada, o fitotopografía comprendería como ciencias parciales: fitosociología clásica o **braunblanquetista**, cuya unidad es la **asociación sinfitosociología o fitosociología sucesionista**, cuya unidad es el **sigmetum o sinasociación**; y la **geosinfitosociología o fitosociología catenal** cuya unidad es el **geosigmetum**.

**SINTÁXONES:** En la ciencia de las comunidades vegetales o taxonomía fitosociológica cualesquiera de los rangos o tipos que se reconocen. La unidad básica es la asociación que se designa por una combinación latina de dos especies de entre las más representativas que existen en su seno, añadiendo la terminación **-etum** al radical del nombre genérico que figura en segundo lugar, en tanto que el primer género se termina por una vocal de unión; los epítetos específicos se declinan en genitivo (Código de Nomenclatura Fitosociológica. Unidades de rango superior a la asociación son alianza (**-ion**) oden (**-etalia**), clase (**-etea**); de rango inferior la subasociación (**-etosum**).

**SUCESION:**f. Proceso natural por el que se sustituyen unas comunidades vegetales o estadios a otras dentro de la misma unidad de lugar o **tesela**. Puede hablarse de sucesión progresiva la que conduce hacia el clímax u óptimo estable del ecosistema vegetal, y de sucesión regresiva la contraria (etapas **subseriales**). V. Sinasociación, series de vegetación.

**TAXON:** m. En la sistemática de las plantas o taxonomía vegetal cualesquiera de los rangos o tipos que se reconocen. La unidad básica de esta tipología es la especie, designada por un binomio latino (genérico y específico), por ejemplo. *Pinus jeffreyi*. Unidades de rango superior son: género, familia, orden etc., de rango inferior: subespecie, variedad y forma.

**TERMOCLIMA:** m. La parte del clima que se refiere a las temperaturas; en la región mediterránea se puede hablar de cinco tipos de termoclima, según sea la media anual en centígrados. (T): cálido (superior a 16), templado (de 16 a 12), frío (de 12 a 8), muy frío (de 8 a 4) y extremadamente frío (inferior a 4). Dentro de cada tipo se pueden reconocer tres subtipos o niveles: superior, medio e inferior.

**TESELA:** f. Unidad elemental de la corología o fitogeografía. Se trata de un territorio o superficie geográfica de mayor o menor extensión homogéneo ecológicamente. Lo que quiere decir que sólo posee un único tipo de vegetación potencial y por ende una sola secuencia de comunidades de sustitución.

**VEGETACION:** f. Conjunto de plantas que pueblan un área determinada y que ejercen entre si múltiples influencias. En tanto comunidad vegetal que integra el medio estacional, el antropógena y la sucesión, se distingue entre vegetación potencial, primitiva, permanente, serial, nitrófila, real, etc.

**VEGETACION POTENCIAL:** Comunidad vegetal estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión geobotánica si el hombre dejase de influir y alterar

los ecosistemas vegetales. En la práctica se considera la vegetación potencial como sinónimo de clímax e igual a la vegetación primitiva (aún no alterada por el hombre). La vegetación potencial corresponde, al menos idealmente, a la etapa final, clímax o asociación estable de una serie de vegetación o ecosistema vegetal maduro.

**VEGETACION REAL:** Comunidad vegetal que existe en un lugar dado sometida a la influencia del medio estacional y antropológica. Es sinónimo de vegetación actual.

**ZONACION ALTITUDINAL:** Distribución de la vegetación en pisos o cinturas en función de la temperatura cambiante con la altitud. Es un caso particular de fenómeno **catenal**. Con el mismo sentido se emplean las frases catenas o cliserias altitudinales.