

***METODOS DE ESTUDIO***  
***DE LA***  
***VEGETACION***

Guía de Trabajos Prácticos de  
**ECOLOGIA**

(Actualización 2004)

Ing. Agr., M. Prod. Veg. Tomás Montani  
Ing. Agr., MSci., Ph.D. Carlos Busso

**DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**

**U.N.S.**

## CATEDRA ECOLOGIA - I CUATRIMESTRE

### Condiciones para el cursado.

- Asistencia al 80 % de los Trabajos Prácticos (2 inasistencias posibles sin justificativo)
- Aprobar con 6 (seis) puntos (60%) los 2 exámenes parciales Práctico/Teóricos (80 % TP / 20 % conceptos básicos de teoría), o sus correspondientes exámenes recuperatorios.
- Realización de tareas en las experiencias a campo y/o invernáculo en tiempo y forma indicados por la cátedra.
- Entrega en tiempo y forma indicados de informes de TP solicitados por la cátedra.
- Aprobación de posibles cuestionarios antes de la realización de algunos TP explicados previamente. La desaprobación equivaldrá a un ausente en el TP aunque deberá asistir al mismo.
- Aprobación de Seminario consistente en análisis de Trabajos científicos o de divulgación que utilizan metodología vista en el curso (por comisión). La fecha de presentación consta en el Cronograma de TP adjunto a la Guía de TP.  
**De asistencia obligatoria.** Quienes no asistan deberán presentar el Seminario en forma individual en fecha a designar por la Cátedra.
- Opción de rendir la materia por coloquio (examen final teórico en 2 partes) para alumnos que tengan aprobadas las materias correlativas para Ecología al momento de rendir el primer Coloquio. Se tomarán junto con los parciales o en fecha cercana a los mismos. Cada uno deberá aprobarse con nota mínima de 6 y la nota final resultará de un promedio de ambos coloquios.
- Los alumnos que no estén en condiciones para cursar en forma regular la materia, podrán asistir a clases teóricas y de TP (integrando una comisión) como oyentes. No tendrán requisitos de asistencia ni rendirán parciales. No se les considerará cursada la materia, pero podrán adquirir la capacitación para rendir posteriormente examen libre de la asignatura.

## Introducción

El cambio desde una aproximación cualitativa a otra cuantitativa es una característica en el avance de cualquier rama de la ciencia. A medida que se toma conocimiento de los aspectos más amplios de un fenómeno, el interés tiende naturalmente a comprender los detalles más finos del objeto en estudio, las diferencias observables se reducen y sólo pueden ser apreciadas por medio de mediciones. No es sorprendente que una aproximación cuantitativa haya ocurrido antes en la mayoría de las ciencias físicas que en las biológicas. Quizás la mayor diferencia estriba en que en las ciencias físicas es generalmente posible aislar un factor o variable para su estudio, mientras que esto es bastante difícil en la biología.

El ambiente en sus componentes físicos y bióticos es de naturaleza compleja. Consiste de una multitud de factores y fuerzas, las cuales actúan e interactúan entre sí. Se ha enfatizado que los cambios en la vegetación no pueden ser interpretados en términos de un sólo factor, sino que se debe considerar el complejo ambiental como un todo. Este principio se denomina *holocenosis* u *holocenosis ambiental*.

Existen diversos enfoques generales para encarar el estudio ecológico de la vegetación.

**Descriptivo.** Involucra un análisis de la comunidad en cada *estación de estudio o stand*. La descripción permite identificar un área y su vegetación y hace posible la comparación y clasificación de diferentes unidades de vegetación. Antes de comenzar a trabajar, es necesario conocer la composición florística y la estructura de la comunidad (distribución espacial, estratificación, abundancia).

**Histórico.** El estudio de los anillos de crecimiento de los árboles permite relacionarlos con el clima y los eventos ocurridos en el pasado (sequías, incendios, inundaciones, etc.) El estudio de perfiles de polen (*palinología* y *paleo palinología*) en los fondos de lagos y pantanos, contribuye a explicar la secuencia de ocupación y reemplazo de comunidades vegetales en el pasado.

**Funcional.** En este enfoque se hace destacar la corriente de energía y de materiales a través del ecosistema, que incluya la comunidad vegetal. Los estudios se concentran en la productividad primaria neta y la posterior descomposición de la biomasa y ciclado de los nutrientes. Esto brinda fundamento para comprender las funciones de la comunidad y el papel de los distintos organismos en la economía de la naturaleza.

Las características y las técnicas que permiten estudiar las comunidades vegetales resultan útiles para:

- a) Efectuar comparaciones ecológicas entre comunidades.
- b) Detectar y analizar las consecuencias de tratamientos sobre la vegetación
- c) Mostrar los cambios que ocurren en una comunidad en el transcurso del tiempo
- d) Informar acerca de la estructura de una comunidad y el papel y la importancia de las diversas especies que la integran.

De los métodos a estudiar varios tendrán no sólo aplicación en el estudio y manejo de vegetación natural (*manejo de pastizales naturales*), sino también en pasturas cultivadas o ensayos sobre cereales u otros monocultivos para evaluar tratamientos con herbicidas, insecticidas-fungicidas, fertilizantes, técnicas de laboreo del suelo o rendimiento de variedades.

Consideraremos ahora cuatro métodos desarrollados por el laboratorio de Ecología Vegetal de Wisconsin (Estados Unidos). La idea básica consiste en que el número de árboles por unidad de área puede calcularse a partir de la distancia promedio entre los mismos. Los métodos difieren en el artilugio utilizado para seleccionar al azar las distancias a medir y en los factores empíricos de ajuste a tener en cuenta.

### Método del individuo más cercano

Se ubican puntos al azar y se miden las distancias entre cada punto y el individuo (árbol) más cercano a él. Se obtienen tantas distancias como puntos al azar y se registra igual número de individuos.

Para estimar el área media por planta se utiliza la siguiente fórmula:

$$M = [d / n \cdot 2]^2 \quad \text{donde } d \text{ es la distancia total medida, } n \text{ el número de distancias medidas y } M \text{ el área media por planta.}$$

La densidad (D) surge de  $D = \text{Superficie zona estudio} / M$

$$\text{ó } D = 10.000 \text{ m}^2 / \text{m}^2 / \text{planta}$$

Si se quisiera calcular la densidad relativa de una determinada especie, se utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{iR} = (n_i / N_T) \cdot 100$$

donde  $D_{iR}$  es la densidad relativa de la especie  $i$ ;  
 $n_i$  el número de individuos de la especie  $i$  y  $N_T$  el número total de individuos censados.

De esta forma se ve que la densidad relativa por especie arbórea se torna independiente de la distancia entre los árboles, y en algunos casos puede entonces prescindirse de realizar las mediciones si interesara sólo la densidad relativa.

La densidad absoluta por especie ( $D_i$ ) se obtiene mediante la ecuación:

$$D_i = D_{iR} \cdot D$$

### Método del vecino más cercano

En este caso se elige el árbol más cercano al punto al azar y se mide la distancia entre dicho árbol y su vecino más cercano. Se obtienen tantas distancias como puntos y se registran dos veces más árboles que en el método anterior.

La técnica del procesamiento de los datos es similar a la citada para el método del individuo más cercano, salvo en la utilización de un coeficiente distinto para el cálculo del área media por planta ( $M$ ).

En este método  $M = [d / n \cdot 1,67]^2$

## Método de pares al azar

Se traza una línea imaginaria entre el punto de muestreo y el individuo más próximo a él (1er. integrante del par), para luego trazar una perpendicular a esta línea que pase por el punto. Se mide entonces la distancia entre el individuo más próximo al punto, pero por fuera del ángulo de exclusión de  $180^\circ$ , del cual la primera línea imaginaria es la bisectriz (2do. Integrante del par), y el primer individuo.

La ecuación a utilizar es  $M = [d/n \cdot 0,8]^2$

## Método de los cuadrantes centrados

Con cada punto de muestreo como centro, se traza un par de coordenadas ortogonales; se mide la distancia entre el punto y los cuatro árboles más cercanos ubicados en cada uno de los cuadrantes. Por cada punto se obtienen cuatro distancias que se promedian y se registran cuatro árboles.

En este caso el coeficiente a emplear para el cálculo del área media por planta es 1. Se recomienda un número mínimo de 20 puntos de muestreo, variando éste con las características de la comunidad en estudio.

## Ventajas y desventajas de los métodos de medición de distancias.

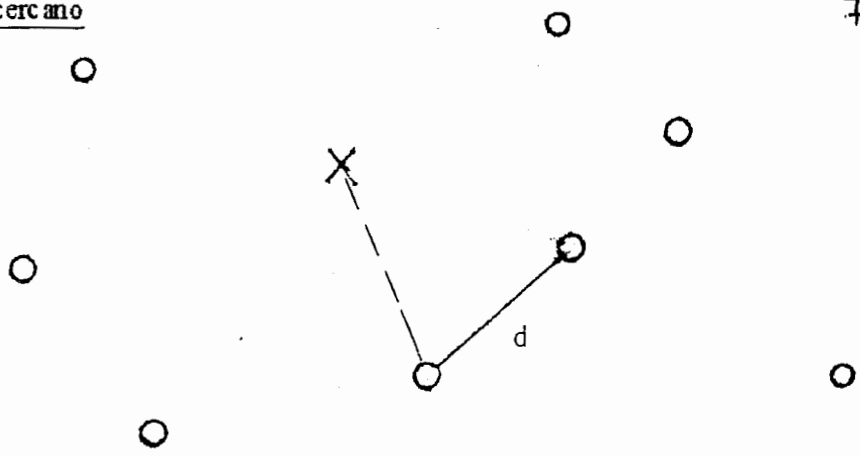
Tienen la ventaja, con respecto a las unidades de muestreo bidimensionales, de ser más rápidos, requerir menos equipo y trabajadores, y ser más flexibles, puesto que no se necesita ajustar el tamaño de unidad de muestreo a las condiciones particulares de la vegetación. Tampoco se presenta el efecto de borde de las parcelas bidimensionales.

Las dos últimas técnicas citadas ofrecen un mayor nivel de precisión y, si bien son más costosas en términos de tiempo por punto muestral, esto se compensa con el requerimiento de menor número de muestras. Son las más utilizadas.

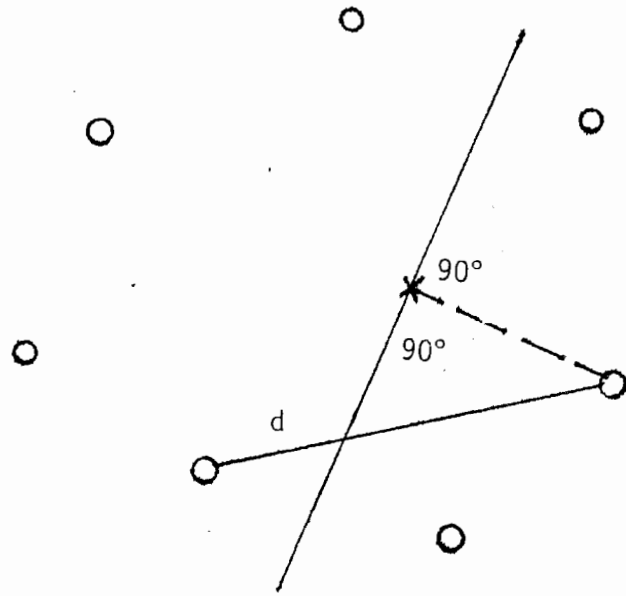
Debido a que han sido desarrolladas a partir del supuesto de que los árboles responden en su distribución a un patrón aleatorio, conviene para minimizar errores, subdividir el área de muestreo en porciones menores de mayor homogeneidad y por estratos, haciendo un muestreo en cada una de ellas.

Otra limitación de estos métodos es que se adecuan a terrenos llanos y vegetación arbórea y no a terrenos montañosos u otro tipo de vegetación.

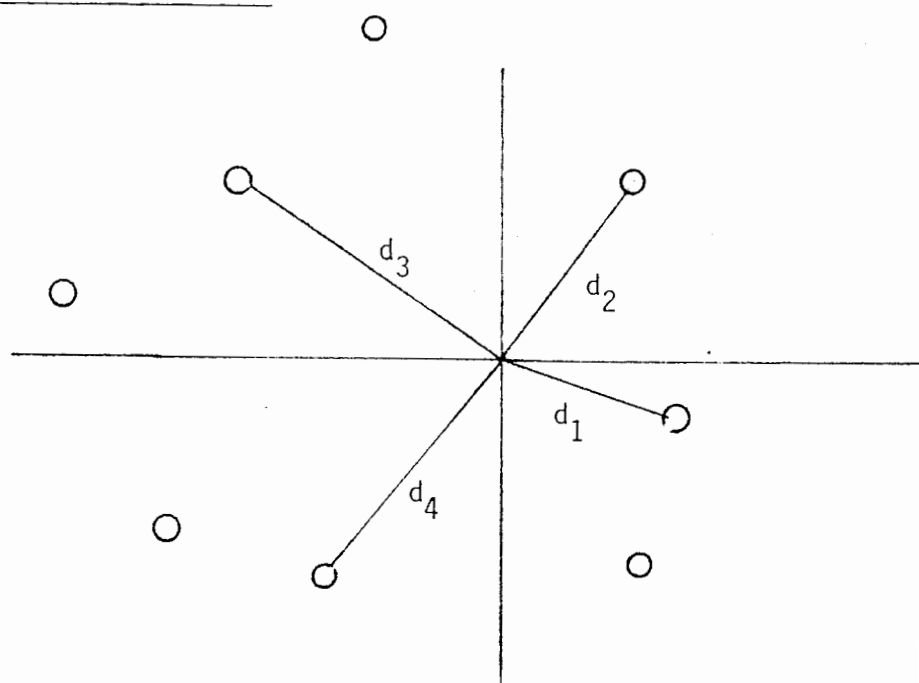
Método del vecino más cercano



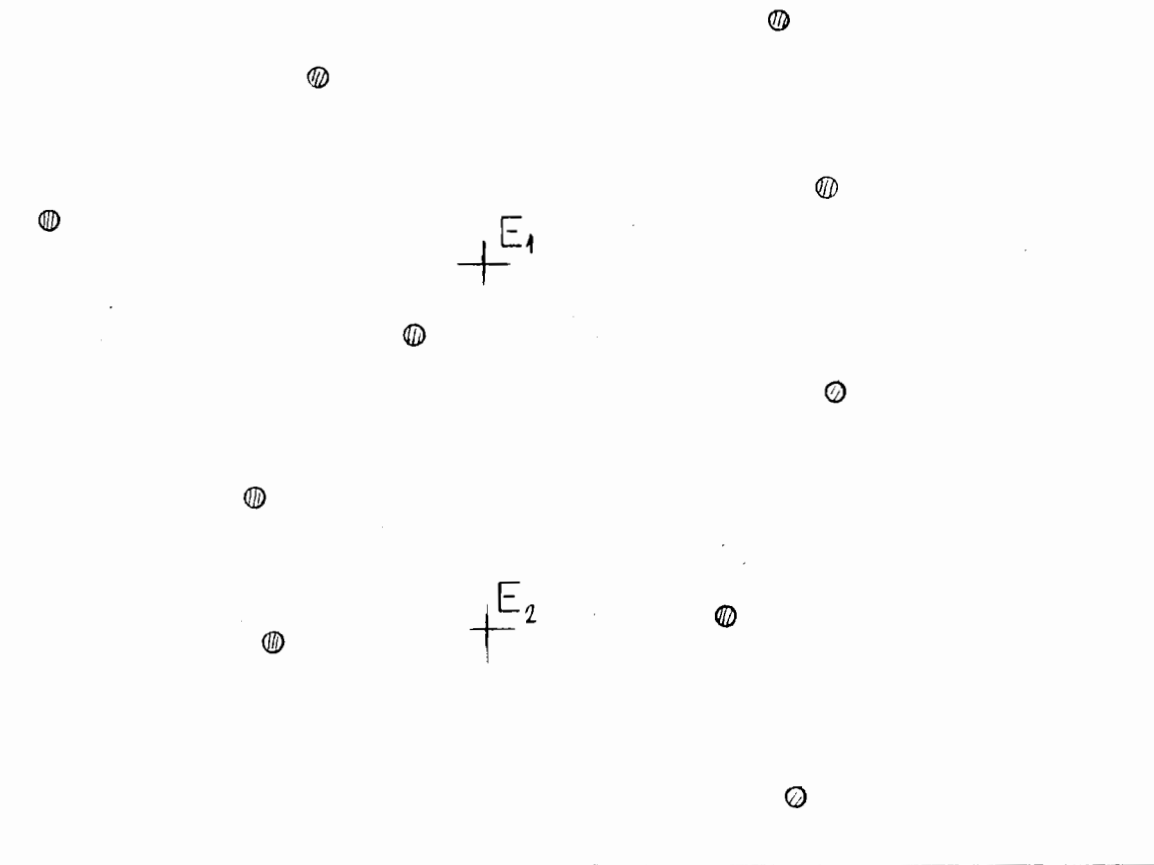
Método de pares al azar



Método de los cuadrantes centrados

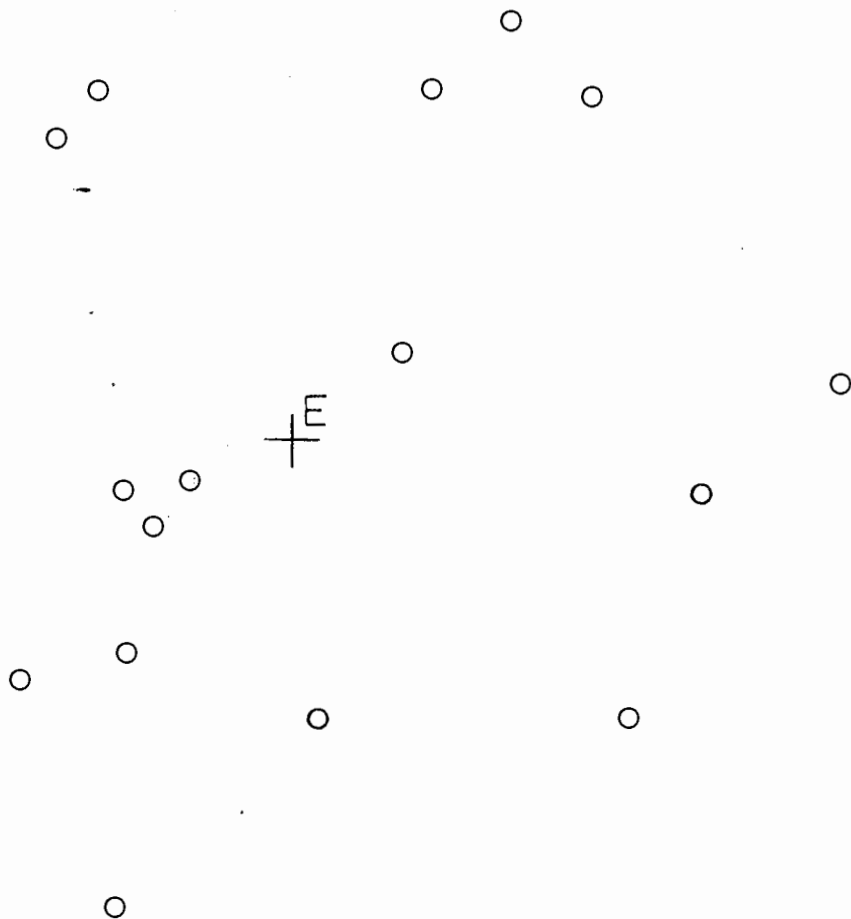


M. pares al azar



---

M. de cuadrantes



## B. Cuantitativas (= cuánto hay de cada especie)

Estas características se obtienen en los censos, en que se miden o cuentan. Son características analíticas cuantitativas la:

Frecuencia. Se define como el porcentaje (y la probabilidad) de ocurrencia o aparición de una especie en una serie de muestras del mismo tamaño obtenidas en una estación de vegetación. Expresa el grado de uniformidad en la distribución de los individuos de esa especie en el área. Se determina la presencia o ausencia en la unidad de muestreo, ignorando la cantidad y el tamaño de las plantas.

Como unidades de observación o censo pueden emplearse parcelas bidimensionales, segmentos de una línea o puntos sin dimensión. La inclusión de plantas en la unidad de muestreo puede realizarse basándose en cuatro criterios:

1. Formas de vida. Sólo se incluye en las parcelas plantas cuyas yemas permanentes están incluidas dentro de sus límites.
2. Enraizamiento. Sólo se cuentan las plantas que tienen el centro de su tallo o mata dentro de la parcela.
3. Cobertura. Se considera incluida cualquier planta cuya fronda cubra al menos parte de la parcela.
4. Área basal. Se incluye toda área basal encontrada en la parcela.

La frecuencia depende del tamaño de las unidades de muestreo (al aumentar el tamaño o área de las mismas, aumentará la probabilidad de que una planta sea incluida o captada en el censo). Con parcelas grandes tiende a exagerarse la frecuencia de una especie; con unidades muy pequeñas se tiende a proporcionar más bien una idea de abundancia. Para una comunidad heterogénea se empleará mayor número de unidades de muestreo que para una comunidad homogénea.

El procedimiento es rápido y objetivo, ya que se limita a comprobar si una especie está presente o ausente en una unidad de muestreo. Resulta conveniente en estudios a lo largo de varios períodos anuales, ya que la presencia de una especie es relativamente constante; en cambio otros atributos (como peso, área cubierta, número de macollas) están influenciados por variaciones en las condiciones estacionales. Pero, debido a ello, no da una idea de la variabilidad a lo largo del año, en cuanto a la contribución de cada especie a la comunidad.

La frecuencia resulta útil para determinar la aparición o desaparición de especies, teniendo aplicación en la evaluación de manejo de pastoreo, resiembras artificiales, etc..

### Abundancia – Densidad.

La *abundancia* constituye una *estimación* de la cantidad de individuos presentes en la unidad de muestreo. Se usa este criterio cuando se quiere obtener suficiente información en muchos lugares en poco tiempo. Para ello se anotan las especies de la lista florística de cada estación con un número que representa alguna de las siguientes clases, según Braun-Blanquet:

| <u>Clase</u> | <u>Calificación</u> |
|--------------|---------------------|
| 1            | muy escasa          |
| 2            | escasa              |
| 3            | poco numerosa       |
| 4            | numerosa            |
| 5            | muy numerosa        |

Evidentemente, esta escala o cualquier otra similar, es subjetiva y poco precisa. Se logra un significado más definido si se le asocia a cada clase o término un valor numérico. Por ejemplo, para un sistema de pradera Hanson (1939) utilizó la siguiente escala:

| <u>plantas/m<sup>2</sup></u> | <u>Calificación</u>              |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 - 4                        | escasa (rara)                    |
| 5 - 14                       | relativamente escasa (ocasional) |
| 15 - 29                      | relativamente abundante          |
| 30 - 99                      | abundante                        |
| más de 100                   | muy abundante                    |

Por supuesto que cada estudio puede requerir la confección de una escala apropiada a las características de la vegetación en estudio.

Es común estimar la abundancia en el caso de vegetación rala o espaciada, como matas.

Por otra parte, la *densidad* implica un *recuento*. De manera que ella expresa la cantidad de individuos – promedio de todas las parcelas muestreadas – que existe en la unidad de muestreo. Debe tenerse presente que las especies con igual valor de densidad no tienen necesariamente la misma importancia ni distribución en una comunidad.

Este criterio se emplea frecuentemente en estudios de reproducción forestal o cuando se quiere comprobar la eficiencia de una siembra en relación con las semillas empleadas.

Este tipo de información puede ser necesario para evaluar los efectos de resiembra, quema, pulverización, pastoreo o los cambios en la vegetación con el tiempo (sucesión).

#### Recuento de individuos

El recuento de individuos – para las determinaciones de frecuencia y abundancia – se realiza generalmente dentro de marcos (cuadrados o rectangulares) o de transectas (fajas). El recuento de presta para :

- a) plantas espaciadas
- b) primeras etapas de la colonización de suelo desnudo, médanos o vegetación recuperada después de incendio o sequía.
- c) establecimiento de pasturas sembradas.

Técnicas a utilizar para determinar la unidad de recuento

- a) Para arbustos – la unidad de recuento es cada planta individual, y las unidades de muestreo son grandes (Por ej. 20 x 20 m en monte de Caldén por E. Cano en La Pampa).
- b) Para pasturas abiertas – la unidad de recuento es la planta individual o tallos florales; la unidad de muestreo puede consistir en marcos de 1 m<sup>2</sup>, subdivididos en secciones más pequeñas.
- c) Para pasturas densas – hay diversas alternativas, pudiendo contabilizar:
  1. macollas
  2. partes con raíces
  3. - en plantas estoloníferas (por ej. trébol blanco), trozos de 7,5 cm que posean raíces funcionales;
  - en especies rizomatosas (muchos pastos, ciperáceas, etc.), es difícil decidir.

En muestreos sobre áreas muy grandes – en las que el recuento sería muy laborioso y llevaría mucho tiempo – el número de macollas de cada especie se estima como porcentaje del número total de macollas. Se requiere personal entrenado y verificar con recuentos reales de vez en cuando la exactitud de la apreciación de cada operario. Se expresaría así: 25% macollas Sp. 1; 20% macollas Sp.2; 50% macollas Sp.3; etc..

Cobertura. La cobertura para una determinada especie es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada.

En algunos casos se determina la proyección vertical del follaje de las plantas sobre el terreno. En comunidades complejas – tales como bosques – los valores de cobertura de las especies de cada estrato se consideran por separado. En otros casos se determina el área basal, que es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo. En los árboles la medición se hace aproximadamente a 1,3 m del suelo, mientras que en las plantas herbáceas o en los arbustos ramificados desde abajo la medición se hace a la altura del suelo.

El follaje varía considerablemente según el estado de crecimiento y la estación del año. En pastizales, además influye la presión de pastoreo. En cambio el área basal es mucho menos variable y permite determinar tendencias a largo plazo. Por tanto en pastos suele preferirse utilizar el área basal, mientras que en arbustos que no ramifiquen profusamente a nivel del suelo suele preferirse la cobertura, ya que ésta no está tan influenciada por variaciones estacionales o anuales como en los pastos y provee una medida más indicativa de la ocupación del terreno e influencia que ejercen los arbustos sobre la vegetación cercana a ellos.

Los resultados pueden ser registrados en alguna de las siguientes formas:

- 1) grados de cubierta (en una escala)
- 2) porcentaje de suelo cubierto (suma de todas las especies)

- 3) porcentaje del área total vegetada cubierto por cada especie (cobertura porcentual relativa)
- 4) en términos absolutos (por ejemplo:  $\text{cm}^2$  cubiertos por cada especie)
- 5) medidas de longitud (cm o m) (en el método de la línea transecta)

El valor de la cobertura puede ser obtenido por:

- 1) Estimación visual. Constituye una estimación subjetiva de la cobertura. Para limitar la subjetividad de las estimaciones pueden establecerse intervalos o clases, a los cuales se asignan las estimaciones visuales. El sistema de clasificación de Braun-Blanquet emplea la siguiente escala de valores para la estimación visual de la cobertura:

| Clase | Cobertura (%) |
|-------|---------------|
| +     | menos de 1    |
| 1     | 1 - 5         |
| 2     | 6 - 25        |
| 3     | 26 - 50       |
| 4     | 51 - 75       |
| 5     | 76 - 100      |

- 2) Estimaciones muestrales lineales y puntuales. Para la estimación objetiva de la cobertura hay dos técnicas fundamentales: unidades muestrales lineales y puntuales. La primer técnica consiste en establecer en el terreno una línea de longitud (L) y medir la longitud interceptada por cada especie ( $L_i$ ). La cobertura de la especie ( $C_i$ ) se calcula aplicando la fórmula:

$$C_i = (L_i / L) \cdot 100$$

Los datos obtenidos de una serie de transectas lineales permiten calcular la cobertura promedio y el desvío estándar de la misma.

La técnica de estimar la cobertura a partir de unidades muestrales puntuales consiste en registrar la presencia o ausencia de una especie en cada uno de un conjunto de puntos ubicados al azar. La cobertura de la especie ( $C_i$ ) se calcula aplicando la fórmula:

$$C_i = (M_i / MT) \cdot 100$$

donde  $M_i$  es el número de veces que la especie estuvo presente y MT es el número total de puntos muestreado.

Los dos métodos anteriores se verán en detalle al estudiar el tema transectas y parcela de puntos, respectivamente.

- 3) Medición directa del área basal. La estimación del área basal puede realizarse a partir de las mediciones del diámetro o del perímetro de las plantas, o midiendo longitudes de intersección en una transecta lineal.

La cobertura de las plantas y su composición se emplean para describir la vegetación y para medir el efecto de distintos tratamientos (fuego, sequías, tala, siembra, pastoreo, etc..) sobre la vegetación. En estudios de pasturas naturales, las estimaciones de cobertura se usan para caracterizar la vegetación y también para evaluar la capacidad de pastoreo de áreas específicas. Indica también la influencia protectora de las plantas, como por ejemplo sombreado, protección del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y control de la erosión. La cobertura también es usada para estimaciones de la producción de forraje y composición específica.

d) Biomasa (Peso). La biomasa es el peso seco del material vivo por unidad de área. El material vivo total se puede separar en parte aérea y parte subterránea, y a su vez cada uno de estos compartimientos se puede subdividir en distintas categorías.

La estimación directa de la biomasa consiste en cosechar el material vegetal dentro de unidades muestrales y separar las partes correspondientes a cada categoría. Luego se secan a peso constante en estufa (65-70°C por 48-72 hs) y se pesan. Se obtiene así el peso seco por categoría, que expresado por unidad de área, da la biomasa.

Las estimaciones indirectas de la biomasa consisten en hallar correlaciones entre la biomasa y alguna variable de fácil y precisa medición. La relación se expresa por medio de una ecuación de predicción o gráficos de correlación. Entre las variables que pueden tener buena relación con la biomasa figura la altura, cobertura, diámetro, número de individuos, área foliar, etc. También existen otros métodos para estimar en forma indirecta la biomasa, como por ejemplo el Método de la capacitancia, que determina la relación entre la capacitancia con material vegetal entre las placas de un condensador, con la capacitancia con aire entre las mismas. El aire tiene una constante dieléctrica baja, mientras que el agua de los tejidos vegetales tiene una constante alta. Considerando el contenido hídrico del material vegetal en cada oportunidad de medición, se puede obtener una buena relación con la biomasa. La ventaja de los métodos indirectos es que son rápidos y no destruyen la vegetación.

e) Productividad. Se denomina productividad neta a la cantidad de biomasa acumulada por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Si nos circunscribimos a la biomasa aérea estamos entonces definiendo la productividad primaria neta aérea (PPNA).

Con los datos de biomasa, obtenidos según alguno de los métodos vistos, se calcula la PPNA. Hay varias técnicas de cálculo, este tema será el objetivo de una de las experiencias a realizar como parte de los trabajos prácticos.

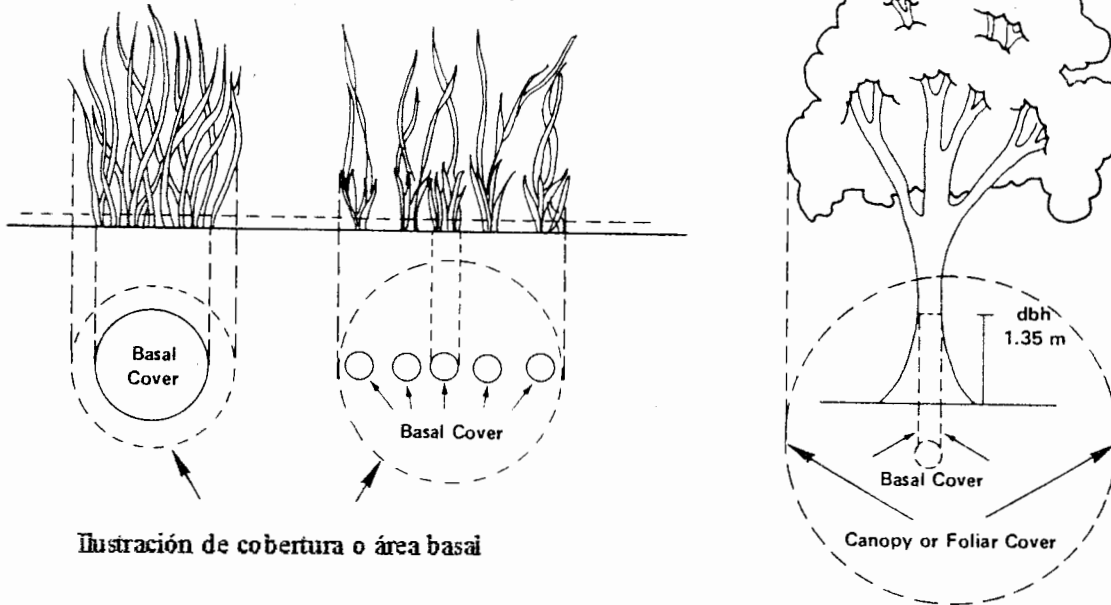


Ilustración de cobertura o área basal

**Frecuencia**

La frecuencia (F) de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo --uno o más individuos-- en una unidad muestral particular. Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece ( $m_i$ ) en relación con el número total de unidades muestrales (M):

$$F_i = (m_i/M) \cdot 100$$

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

La frecuencia puede estimarse a partir de la presencia de las partes aéreas de la planta en la unidad muestral, o a partir del enraizamiento de la planta en la misma; los valores obtenidos para un mismo atributo en la misma muestra son distintos en cada caso. La primera se llama "frecuencia de vástago", y la segunda, que es la que normalmente se utiliza, "frecuencia de enraizamiento". La frecuencia de vástago depende del tamaño de las partes aéreas; hay que tener en cuenta este hecho al comparar frecuencias de especies de distinto porte (Fig. 10).

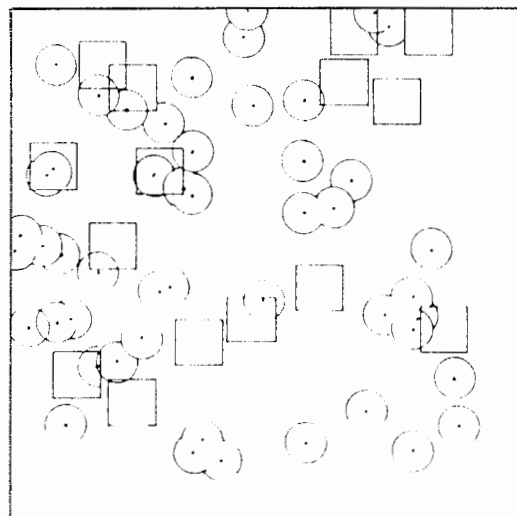


Fig. 10. Efecto del tamaño de los individuos sobre la frecuencia. Se estima la frecuencia para dos poblaciones con patrón aleatorio de 50 individuos cada una: población A de individuos grandes (○); población B de individuos pequeños (·) a partir de 15 unidades muestrales ubicadas al azar.  $F_A = 80\%$ ;  $F_B = 40\%$ . Para 100 unidades muestrales aleatorias del mismo tamaño, las frecuencias resultan  $F_A = 78\%$ ;  $F_B = 39\%$ .

Al incrementar la superficie de la unidad muestral, aumenta la probabilidad de encontrar en ella el atributo considerado, por lo tanto, esta variable depende del tamaño de la unidad muestral, es decir no es absoluta, y tiene significado sólo cuando se especifica el método utilizado para determinarla. La frecuencia también depende del número de individuos, ya que a mayor número se incrementa la probabilidad de que una unidad muestral contenga un individuo.

El patrón espacial afecta la estimación de la frecuencia (Fig. 11). A igual número de individuos y con el mismo tamaño y número de unidades muestrales las especies con distribución regular presentan una frecuencia más alta que las especies con patrón agregado. En estas condiciones cuanto más agregado es el patrón menor resulta la frecuencia.

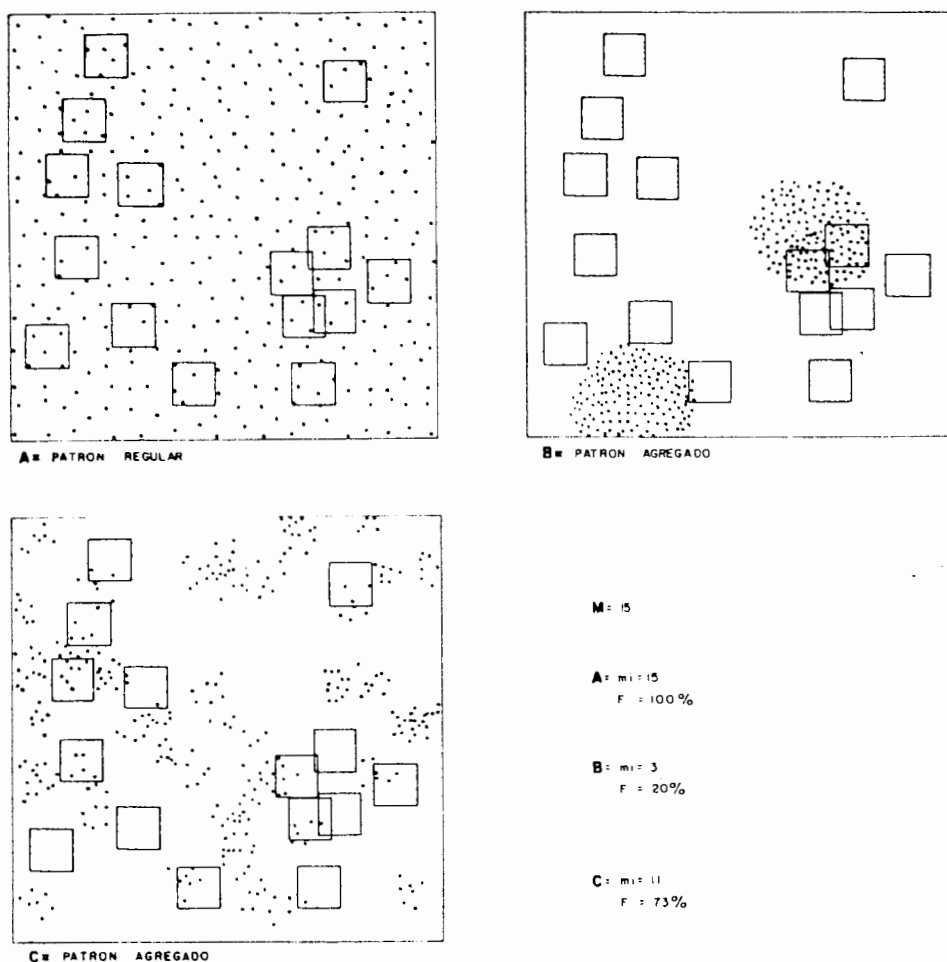


Fig. 11. Efecto del patrón sobre la frecuencia. Se estima la frecuencia para tres poblaciones de 350 individuos cada una: A = patrón regular; B = patrón agregado; C = patrón agregado; M = número de unidades muestrales;  $m_i$  = número de unidades muestrales en que la especie está presente; F = frecuencia.

Como se dijo antes, la frecuencia depende del tamaño de la unidad muestral. En el ejemplo de la figura 11, la frecuencia de la especie A resulta 100% porque el tamaño del cuadrado es tal que su lado es mayor que la distancia menor entre individuos vecinos. Para un mismo tamaño de superficie total, muestreada con un cuadrado de menor área, la frecuencia disminuye. En la figura 12 el ejemplo tiene 60 unidades muestrales de superficie igual a la cuarta parte de las de la figura 11.

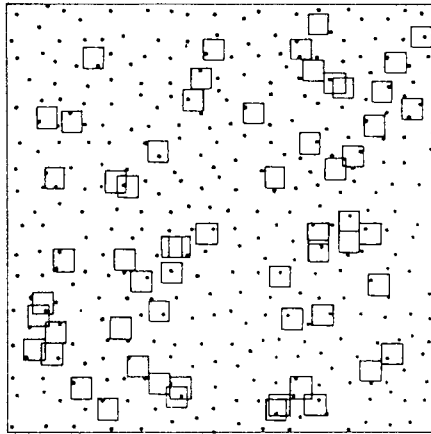


Fig. 12. Efecto del tamaño de la unidad muestral sobre la frecuencia. Se estima la frecuencia de la población A de la figura 11 con 60 unidades muestrales aleatorias de tamaño menor.  $M = 60$ ;  $m_i = 49$ ;  $F = 81,7\%$ . Explicación en el texto.

La distribución de la frecuencia es binomial, cualquiera que sea el patrón espacial de los atributos considerados, siempre que el muestreo sea aleatorio. La varianza del valor observado puede estimarse directamente a partir de la serie binomial  $(p+q)^M$ , donde  $M$  es el número total de unidades muestrales,  $p$  es la probabilidad de que el atributo esté presente y  $q = 1 - p$  es la probabilidad de que el atributo esté ausente. La varianza ( $S^2$ ) es igual a  $Mpq$ . Para el ejemplo de los individuos pequeños de la figura 10:

Si  $M = 100$ ;  $p = 0,39$ ;  $q = 1 - 0,39 = 0,61$ , entonces:

$$S^2 = 100 \times 0,39 \times 0,61 = 23,79$$

$$S = \sqrt{23,79} = 4,88$$

es decir,  $F_B = 39 \pm 4,88$ .

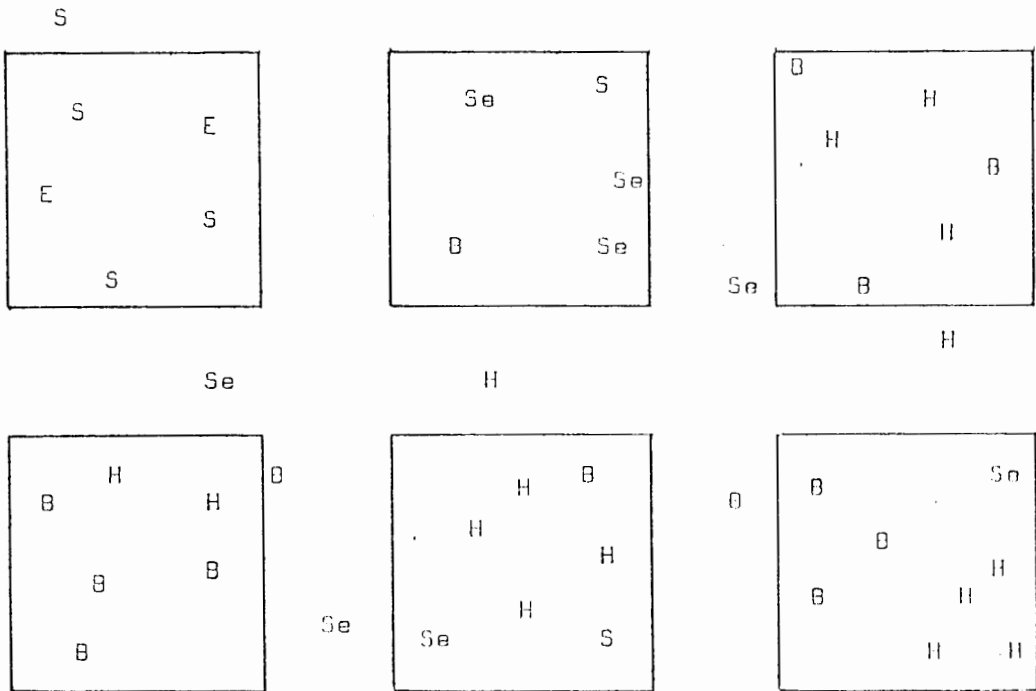
Si  $M = 15$ ;  $p = 0,4$ ;  $q = 0,6$ , entonces:

$$S^2 = 15 \times 0,4 \times 0,6 = 3,6$$

$$S = \sqrt{3,6} = 1,89$$

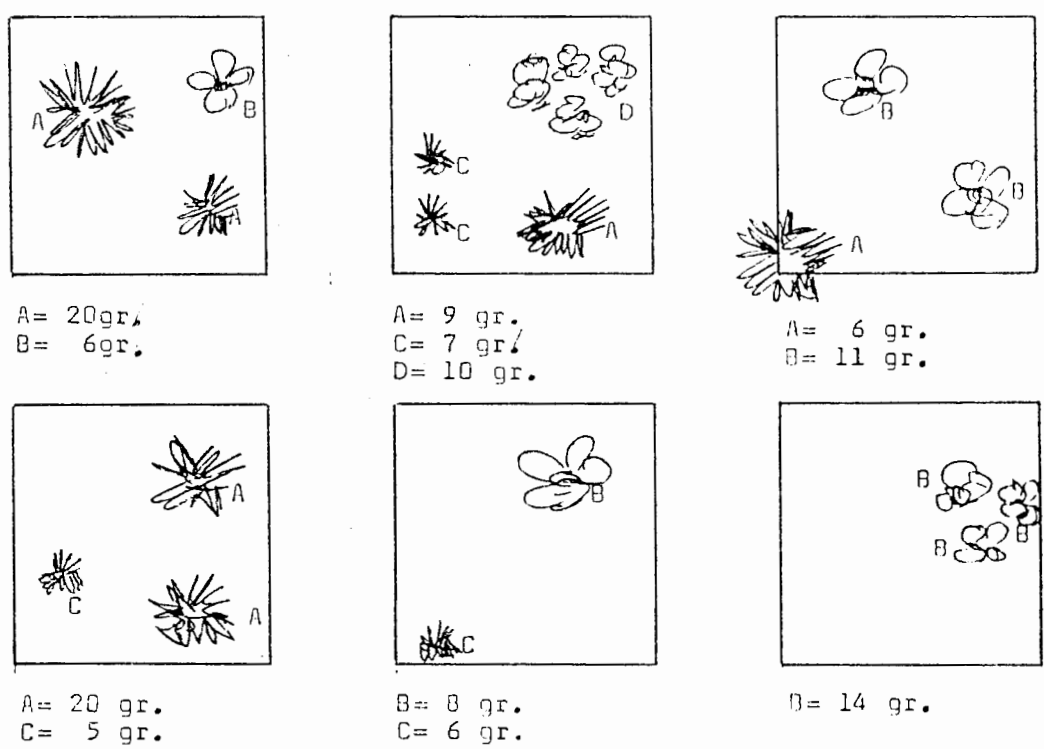
es decir,  $F_B = 6 \pm 1,89$  o, para la frecuencia porcentual,  $F_B = 40 \pm 12,60$ .

Frecuencia y Densidad



- Cada cuadro representa una parcela de 1 m<sup>2</sup>. Cada letra simboliza una planta según la siguiente clave: S= Stipa tenuis; E= Erodium cicutarium; Se= Solanum eleagnifolium; H= Hordeum leporinum; B= Bromus mollis.

Estimación de Peso



Los cuadros representan parcelas de 1 m<sup>2</sup>. Los valores en gr. son el resultado de pesar la porción aérea de las plantas de las distintas especies presentes en la parcela.

## TP ECOLOGIA. Determinación de la Productividad Primaria Neta Aérea

Podemos definir la *productividad primaria neta* (PPN) como la velocidad de almacenamiento de materia orgánica en los tejidos vegetales, en exceso con respecto a la utilización respiratoria por parte de las plantas, durante el período de medición. Se la designa también como *asimilación neta*. Puede ser sólo aérea (PPNA), radical o subterránea (PPNR) o total, involucrando ambas.

Utilizaremos en esta experiencia el método de cosecha. Se prepararán para ello en un sector homogéneo de pastos naturales, un número apropiado de parcelas cuadradas de 1x1m, cortando el material herbáceo que pudiera haber en ellas. Se cosechará cada semana el material producido en 3 de estas parcelas (que será responsabilidad de una comisión de alumnos por fecha a determinar) hasta el fin del cuatrimestre y se obtendrá el peso del mismo.. Cada corte involucrará 3 parcelas que no han sido cosechadas. La ubicación de las parcelas será al azar, indicándose su posición con un jalón de hierro que determinará el centro de la parcela, ubicándose ésta con sus ángulos hacia los 4 puntos cardinales. El material verde cortado se colocará en bolsas independientes para cada parcela (identificadas con fecha y nro. de comisión) y será pesado una semana más tarde.

En cada cosecha se tomará el promedio de peso seco para las 3 parcelas consideradas y el valor de PPN expresado en  $gMS/m^2/día$  se obtendrá en forma similar a la del siguiente ejemplo:

$$\text{Peso [g] al 30 Abr} - \text{Peso [g] al 23 Abr} = X \text{ gMs} / m^2 / 7 \text{ día}$$

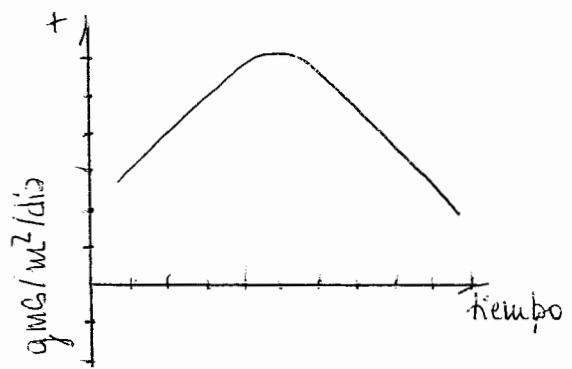
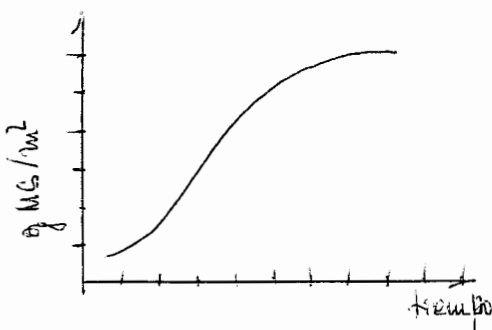
$$\frac{X \text{ gMs} / m^2 / 7 \text{ días}}{7 \text{ días}} = Y \text{ gMS} / m^2 / \text{ día}$$

El valor de PPNA obtenido podrá asignarse a una fecha intermedia entre las dos de cosecha (para obtener una curva de producción a través del tiempo) o mantener el mismo valor durante el intervalo entre cosechas (en un gráfico de histogramas).

Se tabularán los valores de biomasa promedio por fecha de cosecha y productividad diaria, sirviendo de base para dos gráficos, que se realizarán a fin de la experiencia. Estos representarán:

- biomasa versus momento de cosecha
- Productividad neta aérea versus tiempo

Se indican a continuación las unidades a utilizar y formas de curva sólo indicativas, ya que podrán variar de acuerdo a la época de crecimiento de las especies presentes y las condiciones climáticas.



## TECNICAS DE ANALISIS DE LA VEGETACION POR PUNTOS

Estas técnicas se basan en el principio de achicar el área de una parcela circular hasta llegar a un punto. Si bien teóricamente éste no tiene dimensiones, en la práctica sí la tiene y está representado por la intercepción de hilos o la punta afilada de una aguja metálica.

### Método de intercepción por puntos

Consiste en anotar la especie que se encuentra bajo los puntos determinados por la intercepción de los alambres de una grilla formada por un marco de 1 x 1 m, dividido cada 10 cm (Figura A).

Se determinan así 100 puntos de encuentro de los alambres, y se ha utilizado para medir variaciones de cobertura en pasturas bajas y muy densas. Para cartografiado en detalle se suele agregar también un  $\text{dm}^2$  reticulado.

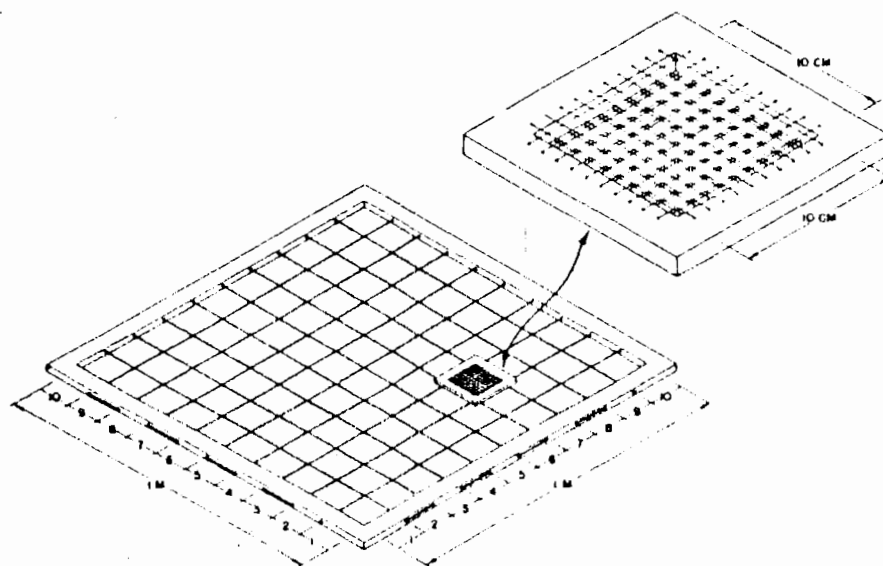


Figura A. Parcela de  $1 \text{ m}^2$  con 100 parcelas de  $1 \text{ dm}^2$  incluidas, para conteo de frecuencia local y cartografiado de cobertura de plantas herbáceas. Un decímetro cuadrado separado, con 100 divisiones marcadas con delgado hilo de nylon, se puede sobreponer para mediciones de frecuencia de cobertura por puntos. (según Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

### Método de puntos o parcela de puntos

En este caso el punto está representado por la punta afilada de agujas metálicas, anotándose las especies que son pinchadas por ellas al ser bajadas sobre la vegetación.

Las agujas constituyen unidades de muestreo, que pueden utilizarse en forma aislada o, más comúnmente, agrupadas de a 10, espaciadas a 5 cm sobre un bastidor metálico o de madera (Figura B). Este dispositivo permite graduación en altura y ángulo de bajada de las agujas.

El tamaño del bastidor y la separación de las agujas puede variar adaptándose a las características de la vegetación en estudio.

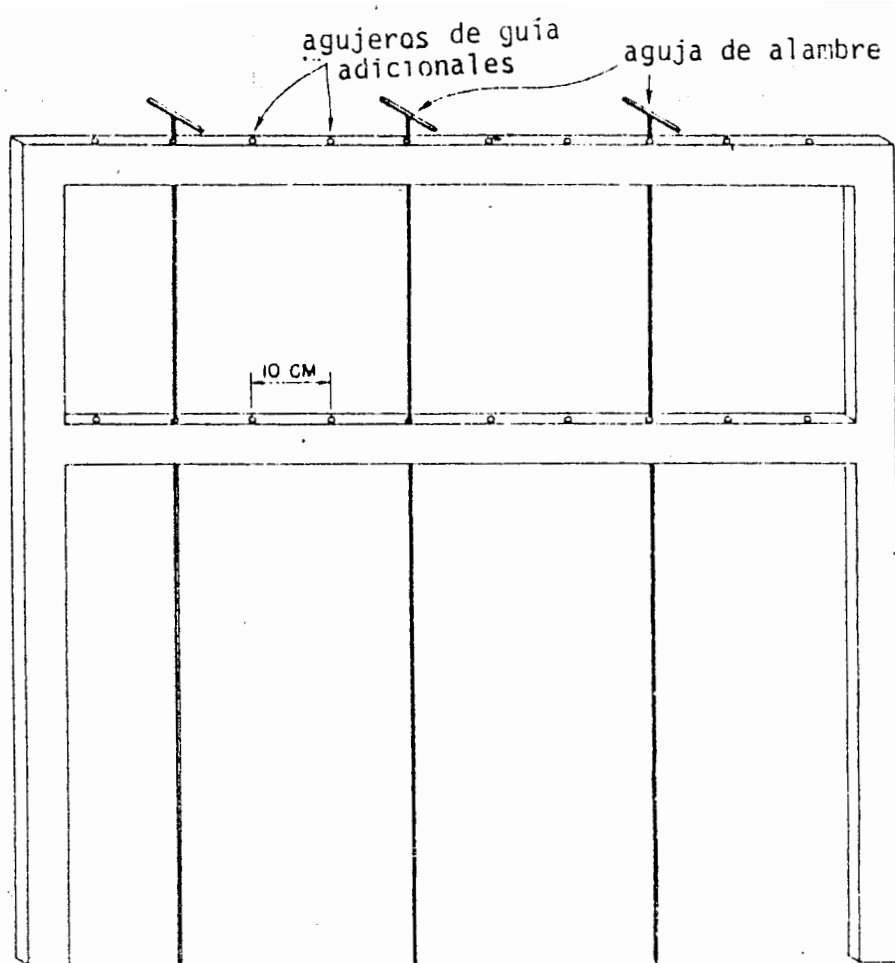


Figura B. Bastidor para parcelas de punto. Las dimensiones del bastidor y el número de agujeros guía, así como la separación de las agujas de alambre, se ajustan al tamaño y espaciamento de las plantas herbáceas. (según Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

### Procedimiento

El soporte se coloca montado sobre sus patas, por encima de la capa de vegetación herbácea a medir, y las agujas se bajan verticalmente una a una. Sus toques (con la punta) sobre las plantas se registran con el nombre de la especie. Diez locaciones del soporte brindan información de 100 puntos de muestreo, es decir que cada aguja constituye una unidad de muestreo o parcela de punto independiente.

Este procedimiento brinda información sobre la cobertura de las especies que son tocadas (interceptadas) por las agujas.

### Distribución de los puntos de muestreo

Se pueden distribuir los puntos aislados o agrupados sobre el bastidor, y en ambos casos al azar o a lo largo de transectas lineales.

Con referencia al número de muestras a tomar, se recomienda, de acuerdo a la variabilidad observada en estudios realizados, tomar unos 400 puntos para obtener información confiable sobre las especies dominantes. Para subdominantes y especies raras, se debe aumentar el muestreo a fin de ganar precisión.

### Agujas verticales o inclinadas ?

Bajando las agujas verticalmente tienen mayor probabilidad de ser tocadas las especies de hoja ancha (tréboles, por ejemplo), mientras que si se realiza con un ángulo de  $45^\circ$  se aumenta la probabilidad de tocar las hojas de gramíneas y se disminuye la de hojas anchas, equilibrándose entonces la probabilidad. También se cita como ventaja de la toma de puntos inclinados que se muestrea un área mayor y que se aumenta la visibilidad de la aguja entre el follaje, facilitando tomar los datos.

Sin embargo, los resultados varían con las características de la comunidad estudiada y a lo largo de la estación de crecimiento, no pudiéndose dar una recomendación general sobre el uso de una u otra modalidad.

Aplicaciones

Area basal; cobertura foliar; composición botánica o florística y, en forma indirecta, biomasa y area foliar.

La cobertura foliar se mide contando solamente la primer intercepción o toque inicial de cada aguja con el follaje.

El area basal se mide contando solamente las intercepciones con partes de un tallo a nivel del suelo.

La altura media de la cubierta vegetal puede determinarse simultáneamente, si se registra el recorrido de cada aguja al hacer su primer intercepción.

Según Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), para medir cobertura las agujas se deben bajar verticalmente, no en forma oblicua. Este requerimiento llega a ser aún más importante si uno intenta medir la "cobertura repetida", que fue definida por Goodall (1952) como el número de veces que una aguja dada intercepta partes de una planta cuando se baja en la misma posición vertical. Si uno coloca el bastidor en forma oblicua, el número de intercepciones se incrementa, resultando en una sobreestimación.

Estimación indirecta de biomasa puede obtenerse a partir de la información que provee la cobertura repetida. Obteniendo factores de corrección en base al peso seco de la vegetación muestreada, se puede lograr buena información en forma rápida usando este método. En general se recomienda como un procedimiento de doble muestreo.

El procedimiento de ajuste es el siguiente:

$$\frac{\text{biomasa vegetación muestreada}}{\text{número de toques}} = \text{biomasa/toque}$$

luego, al hacer el muestreo será: nro. de toques x biomasa/toque = biomasa corregida

Se requiere hacer ajustes y nuevas determinaciones a lo largo de la estación, pues los coeficientes cambian generalmente.

Por un procedimiento similar puede también obtenerse información referente al área foliar de las especies muestreadas, de valor en estudios sobre pasturas.

## Ventajas y desventajas

Utilizando esta metodología se ahorra mucho tiempo en comparación con otros métodos.

Si bien su mayor utilidad es para vegetación baja, se puede adaptar para alta, aún en terreno desnivelado. Algunos autores han llegado a utilizar agujas de más de 1.5 m, provistas de un pie con nivel y limbo graduado, a fin de emplearla en vegetación arbustiva pequeña.

La vegetación se disturba muy poco y no se inducen cambios en la composición botánica de las áreas muestreadas.

Este método hace posible la exacta distinción entre especies, aún en praderas densas. La unidad bien definida elimina el factor personal.

Una limitante es que el método no debe emplearse en vegetación que supere los 30 cm de altura, en días de viento, dado que no se puede determinar cuándo la aguja toca a una determinada especie debido a la movilidad de ésta.

Si los puntos se engrosan debido al uso, se obtendrá una sobreestimación de la cobertura.

Son comparables los muestreos sobre una misma especie a través del tiempo, pero no entre distintas especies. Esto se debe a que, para especies de hojas pequeñas o compuestas se obtienen valores exagerados de cobertura.

## Método de puntos con pasos o transecta de pasos.

Este método consiste simplemente en anotar las especies que se encuentran bajo ciertos puntos, seleccionados mediante pasos, en el área de vegetación.

El observador hace un "punto" - una marca con pintura blanca o una muesca - de unos 3 mm de ancho en la punta de la suela de un zapato. A continuación, decide un trayecto - preferiblemente una línea recta - para recorrer una parte representativa de la comunidad que se estudia.

La transecta consta generalmente de 100 pasos. Habitualmente, se cuentan las plantas cuya porción basal es tocada. El número de toques permite determinar la frecuencia y composición florística, el porcentaje de suelo desnudo, y el porcentaje de suelo cubierto con vegetación o mantillo.

La técnica expuesta resulta adecuada para medir las características principales de la vegetación de un área. Permite muestrear fácil y rápidamente grandes superficies, especialmente si la cubierta vegetal es relativamente uniforme. Puede ser empleada como etapa preliminar a una evaluación detallada.

## MÉTODO DE ANÁLISIS DE VEGETACIÓN POR COBERTURA DE FOLLAJE

Este método fue desarrollado por Daubenmire en 1959 y comprende los siguientes pasos:

- a) Selección del área de estudio. Se selecciona un área que sea representativa, subdividiéndola en unidades o estaciones homogéneas en cuanto al suelo y topografía. Tampoco deberán diferir en cuanto a su historia, es decir, grado de influencia animal, época de la última quema, etc.

Se estira una cinta metálica o cable a través del área seleccionada y se la mantiene tensionada entre dos estacas mediante un resorte o clavijas metálicas. Se registra en cada sitio la ubicación de las estacas, referenciándolas a elementos permanentes y sobresalientes del lugar. A intervalos fijos sobre la cinta se marcarán las locaciones de la parcela de muestreo.

- b) Parcela de muestreo utilizada. Se utiliza una parcela rectangular de 20 x 50 cm (medidas internas), con una superficie de  $1/10 \text{ m}^2$ . Este tamaño permite visualizar la totalidad del área en una sola vez. Si los ojos deben moverse alrededor, como ocurre con una parcela mayor, un elemento de la memoria incrementa el error incluido en cualquier tipo de estimación. Este tamaño resulta satisfactorio por las siguientes razones:

- Un tamaño menor hace que se incremente rápidamente el número de muestras necesario. Con referencia al método del anillo de Parker, 40 parcelas de  $1/10 \text{ m}^2$  muestrean el equivalente de 14000 anillos.
- La parcela más grande que puede abarcarse con los ojos sin moverlos, provee mayor información sobre las especies menores, permitiendo así, comparaciones de coberturas del mayor número de formas, mediante un método uniforme.

- c) Estimación de cobertura. Esta se considera como una aproximación al área en la cual la planta ejerce su influencia sobre los otros componentes del ecosistema. Las inflorescencias no deben tomarse en cuenta. Las plántulas de especies anuales, si es que no se las computa separadamente, se ignoran. De otro modo, la cobertura de una anual en regiones áridas será muy elevada durante unas pocas semanas después de la germinación y precediendo a la alta mortalidad general en plantas jóvenes.

Se realiza una estimación de la cobertura en porcentaje, en relación a cuartos de área de la parcela. Por ejemplo, si la cobertura está entre 0-25; 25-50 o 75-100 %. Sin embargo, cuando se emplea este sistema, aparecen dos deficiencias. Numerosas plantas tienen muy poca cobertura en cualquier parcela, de modo que en las sumas posteriores de los datos de campo, el uso del término medio de cada rango de cobertura, en el cálculo de promedios, sobreestima mucho aquélla. En consecuencia, una clase o rango especial de 0 a 5 % separa la categoría de 0 a 25 %. Mediante este método de cálculo también se notará que cualquier planta que cubra una de las parcelas, jamás podrá tener más de 87,5 % de cobertura (promedio de 75 a 100 %). Por lo tanto, una categoría de 95 a 100 % se separa del área de 75 a 100 %.

Los seis rangos de cobertura con sus respectivos valores y los promedios usados en los cálculos, son los siguientes:

| <u>Clase</u> | <u>Cobertura en %</u> |                 |
|--------------|-----------------------|-----------------|
|              | <u>Rango</u>          | <u>Promedio</u> |
| 1            | 0 - 5                 | 2,5             |
| 2            | 5 - 25                | 15,0            |
| 3            | 25 - 50               | 37,5            |
| 4            | 50 - 75               | 62,5            |
| 5            | 75 - 95               | 87,0            |
| 6            | 95 -100               | 97,5            |

El uso de los promedios para la interpretación de las anotaciones de campo se basa sobre la suposición de que los valores verdaderos tienden a estar dispersados simétricamente alrededor de estos puntos. El método permite suficiente precisión para medir pequeños cambios sucesionales, ya que solamente pocos de los registros entran escasamente en la clase 2.

Es útil pintar el marco como dividido en cuartos, en forma alternada y en una esquina del mismo se indican dos lados de un cuadrado, de 71 mm cada uno. De este modo, podrá utilizarse para referir áreas iguales a 5, 25, 50, 75 y 95% del marco. En cada esquina se sueldan patas afiladas de 3 cm de largo. Estas sostienen el marco en su lugar mientras el investigador observa y registra el contenido de cada parcela. Las patas también permiten llevar la cuenta de la superficie (suelo desnudo, mantillo, plantas vivas, etc.); lo que suma a esta técnica la principal ventaja del método de frecuencia por puntos.

- d) Número de unidades de muestreo. En una amplia gama de tipos de vegetación, los test han mostrado que 40 parcelas de 20 x 50 cm, espaciadas aproximadamente por un diámetro de parcela, dan una aproximación de cobertura que resulta satisfactoria. No obstante esto, no se recomienda que se acepte este valor sin hacer las comprobaciones necesarias.

Para 40 parcelas de 20 x 50 cm se emplea de ½ a 4 horas, dependiendo de la complejidad de la vegetación. Cuando se inicia un estudio sinecológico se puede evaluar las primeras 40 parcelas, entonces, con 1 a 2 horas de cálculo se puede construir un gráfico de curvas, tal como se muestra en la figura C. Se determina si el muestreo es adecuado, tanto para las especies escasas como comunes, y para la estadística particular que se desea obtener.

#### Otras ventajas y limitaciones.

Esta técnica de estimación de cobertura se vuelve embarazosa cuando las plantas comienzan a exceder la altura de la cintura, pero es satisfactoria para una amplia variedad de plantas más bajas, incluyendo arbustos, hierbas y briófitas; excepto aquellas de pradera y semidesierto, donde las plantas son minúsculas y los individuos de diferentes formas están mezclados. Todos se evalúan sobre la misma base, de modo que pueden hacerse comparaciones directas, en tiempo y lugar, involucrando diferentes investigadores y comunidades.

La técnica adquiere ventaja sobre todós los principios establecidos, favoreciendo un muestreo rápido y seguro.

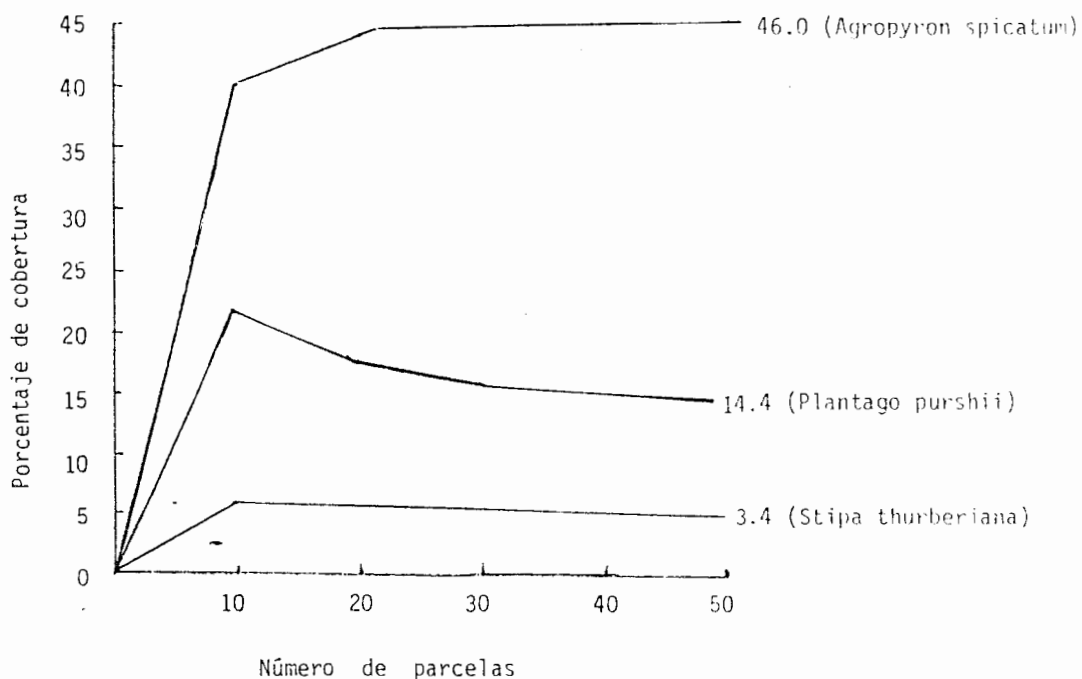


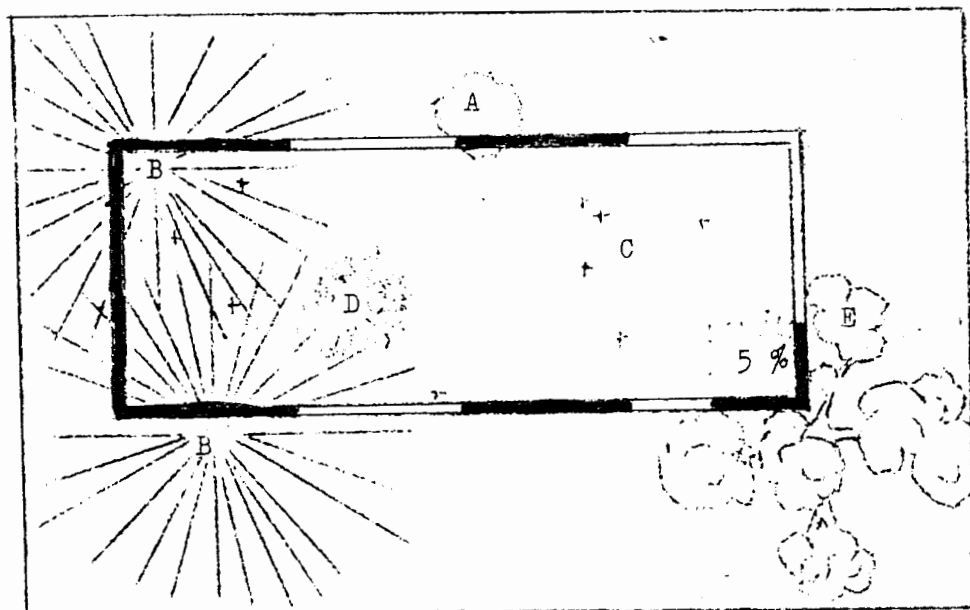
Figura C. Gráfico para determinar el número de muestras a tomar con la parcela de  $1/10 \text{ m}^2$ . (Tomado de Daubenmire, R. 1959).

Figura D.

Uso del marco rectangular de 20 x 50 cm (medidas internas)

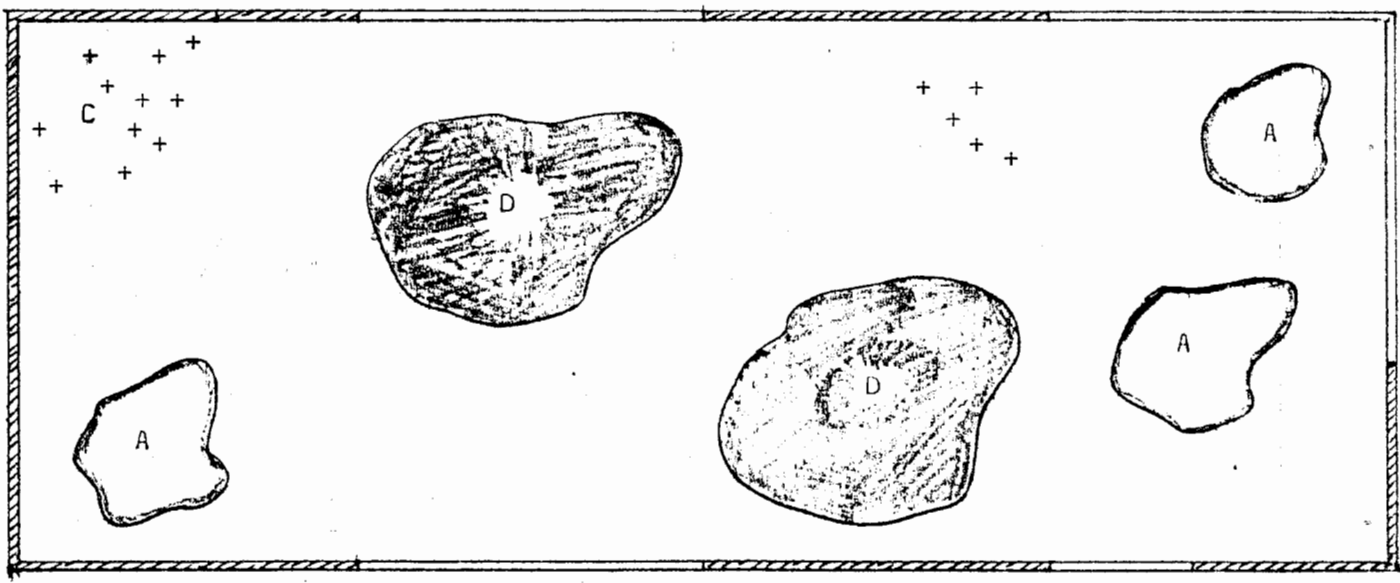
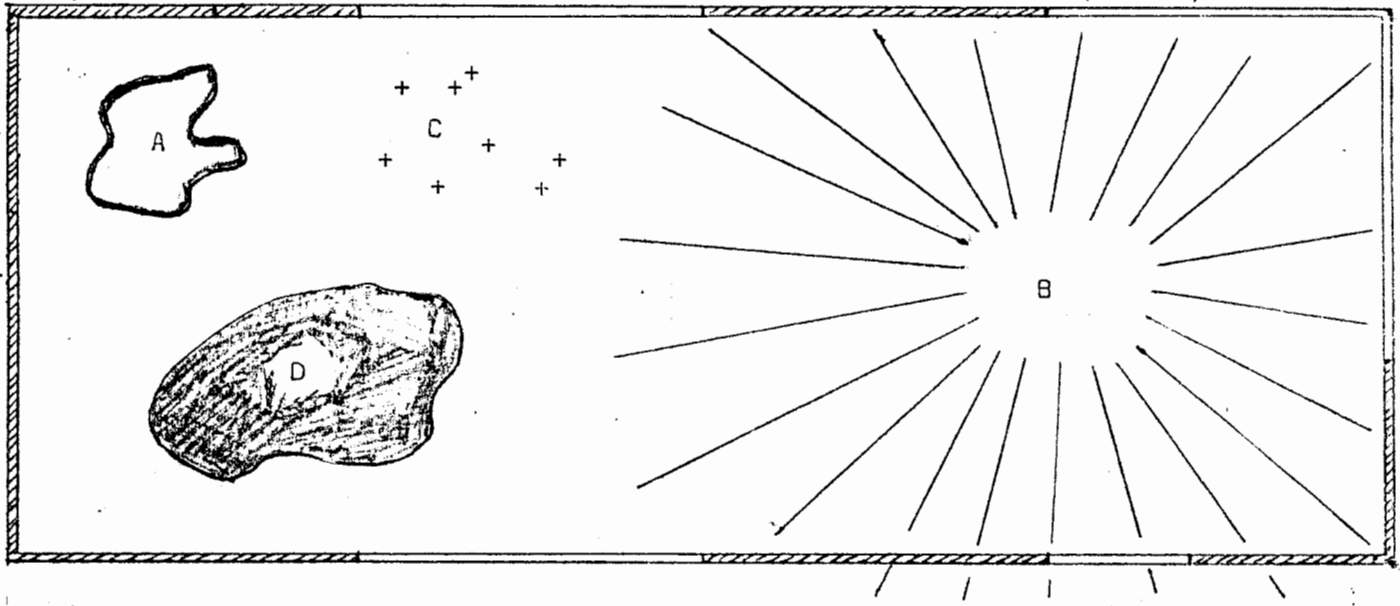
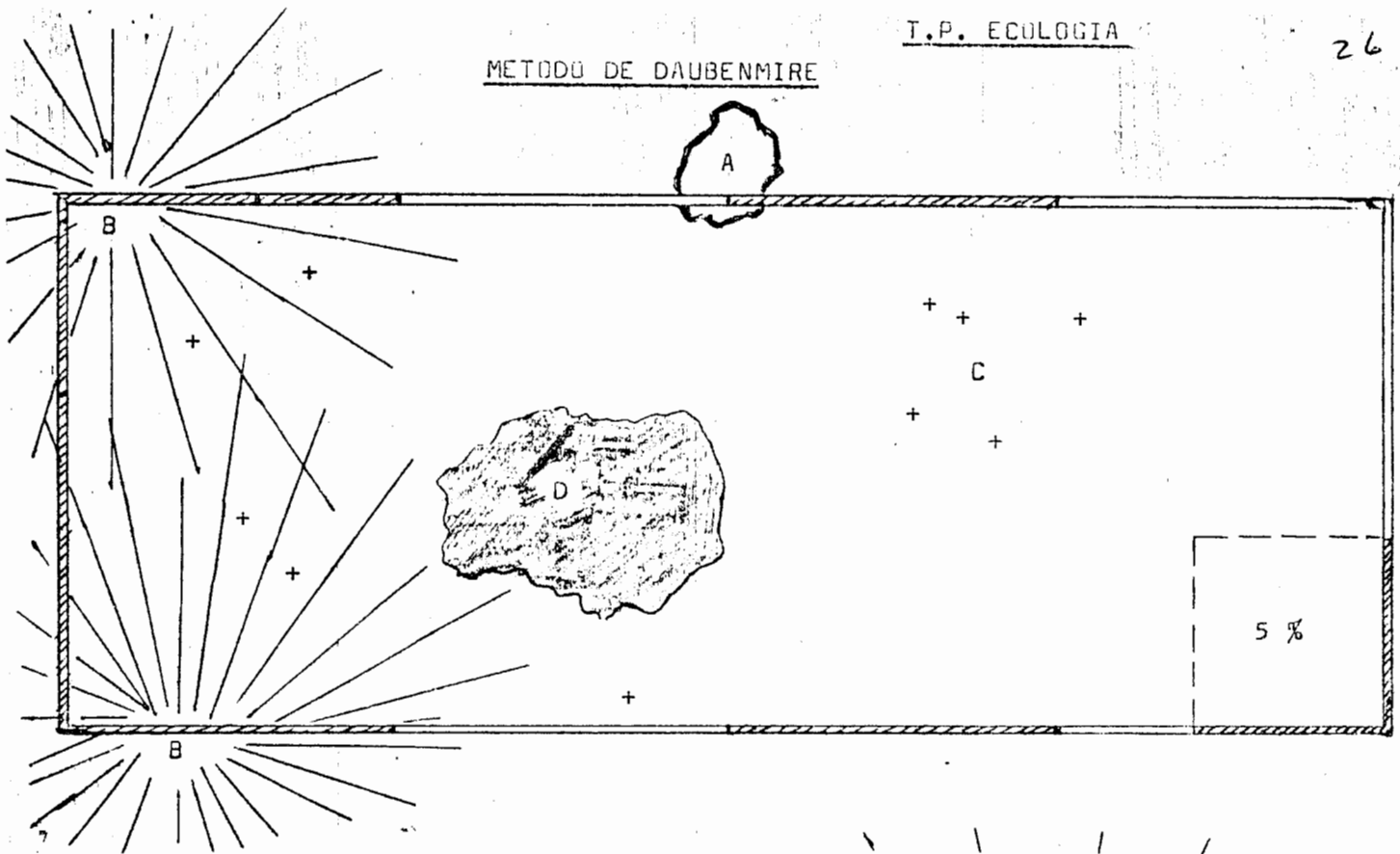
Estimaciones de Cobertura:

- A = 1
- B = 3
- C = 1
- D = 2
- E = 1



Vista en planta

METODO DE DAUBENMIRE



## Trabajo práctico Ecología

### Tema: Competencia intraespecífica

La competencia intraespecífica es la interacción entre individuos de la misma especie por un recurso común que es escaso. En las plantas la competencia es principalmente por agua, nutrientes, luz, etc. En la mayoría de los casos, las plantas compiten indirectamente en el sentido que una planta puede producir cambios en el medio ambiente que pueden afectar el bienestar de las plantas vecinas. Por ejemplo, una especie puede ser capaz de establecer un sistema radical más rápidamente que otra especie durante el establecimiento de plántulas, y ser así más eficiente en la utilización de la humedad y nutrientes disponibles en el suelo (competencia interespecífica). Esto le permitiría a la primera especie tener una ventaja competitiva sobre la segunda especie.

El propósito de esta experiencia es investigar la competencia intraespecífica entre plantas de trigo. Cada comisión sembrará 8, 16 ó 32 semillas de trigo/recipiente espaciadas regularmente a 1.5 cm de profundidad. Los recipientes plásticos serán de un tamaño uniforme (medir el diámetro en centímetros y calcular el área) y se utilizará suelo obtenido de una zona cercana al Dpto. de Agronomía. El suelo se pasará por una zaranda de 0.5 cm de malla previo a su uso. Llenar los recipientes con suelo hasta 4 cm del borde superior, colocar las semillas sobre la superficie y cubrir con 1.5 cm de suelo. Luego regar suavemente. **Asegurarse de mantener el suelo húmedo durante la experiencia efectuando riegos periódicamente.** Colocar etiquetas en los recipientes indicando: Ecología, número de semillas sembradas, fecha de siembra, Nro. de comisión y fechas de riego. Al final de la experiencia efectuar las siguientes mediciones: contar el número de plantas/recipiente y obtener el % de germinación. **En cada recipiente por separado**, obtener el área promedio disponible por individuo, medir la altura y el peso fresco de cada individuo, y obtener de la información previa la altura y el peso fresco promedio de los individuos, el peso fresco total por recipiente y el peso fresco total por unidad de superficie. Cada comisión proveerá los datos obtenidos en cada recipiente al instructor que se encargará de resumir la información recogida de todas las comisiones.

Comisión Nro.:.....

Fecha cosecha destructiva:.....

Densidad de siembra inicial (Nro. semillas/recipiente)

8

16

32

Nro plantas/recipiente .....

%germinación .....

área promedio disponible/individuo .....

altura promedio/individuo .....

peso fresco promedio/individuo .....

peso fresco total/recipiente .....

peso fresco total/cm<sup>2</sup> .....

## TRANSECTAS

La transecta constituye una sección transversal de un área, que se emplea para registrar, mapear o estudiar la vegetación de una o más estaciones de vegetación. Puede tratarse de una **faja** de ancho diverso, o de una **línea**, en la cual se señalan las intercepciones con cada tipo de vegetación.

Las transectas son adecuadas para determinar zonaciones de vegetación o efectos de gradientes ambientales, si se las orienta en el sentido del cambio. Son útiles tanto para estudios extensivos como para estudios detallados.

Como **unidad de muestreo**, las mediciones realizadas dentro de una transecta se combinan, y **cada transecta se considera como una observación aislada** en la muestra total.

### *Transecta de faja.*

El tamaño de las fajas será determinado por las condiciones presentes. Por ejemplo:

- a) Entre dos comunidades pequeñas a través de una zona de transición, se requerirá una transecta de unos pocos metros de largo y hasta 1 metro de ancho.
- b) A través de dunas costeras, se usará una transecta de varios centenares de metros.
- c) En el estudio de zonaciones de vegetación en zonas montañosas, pueden mapearse transectas de alrededor de 10 km de ancho por 100 km o más de largo.

Cuando se desea mapear una transecta en detalle, se aconseja hacerlo por bloques. Cada uno de ellos constituye **una unidad de observación** (información) y no una unidad de muestreo (parcela). En la vegetación de cada unidad se determinan atributos – tales como abundancia, sociabilidad, frecuencia, recuento de tallos, etc. – de acuerdo con el problema en estudio.

Una variación de la transecta de faja dividida en segmentos, consiste en realizar observaciones únicamente en segmentos alternados. Los intervalos pueden determinarse de acuerdo con la distancia o la altitud.

La transecta de faja se adapta bien para estimar **abundancia, frecuencia y distribución**.

### *Transecta lineal.*

Las líneas transectas pueden servir como: a) **Unidades de muestreo** independientes (de una dimensión) o b) **Trayectoria** para distribuir otras unidades de muestreo, tales como parcelas o puntos.

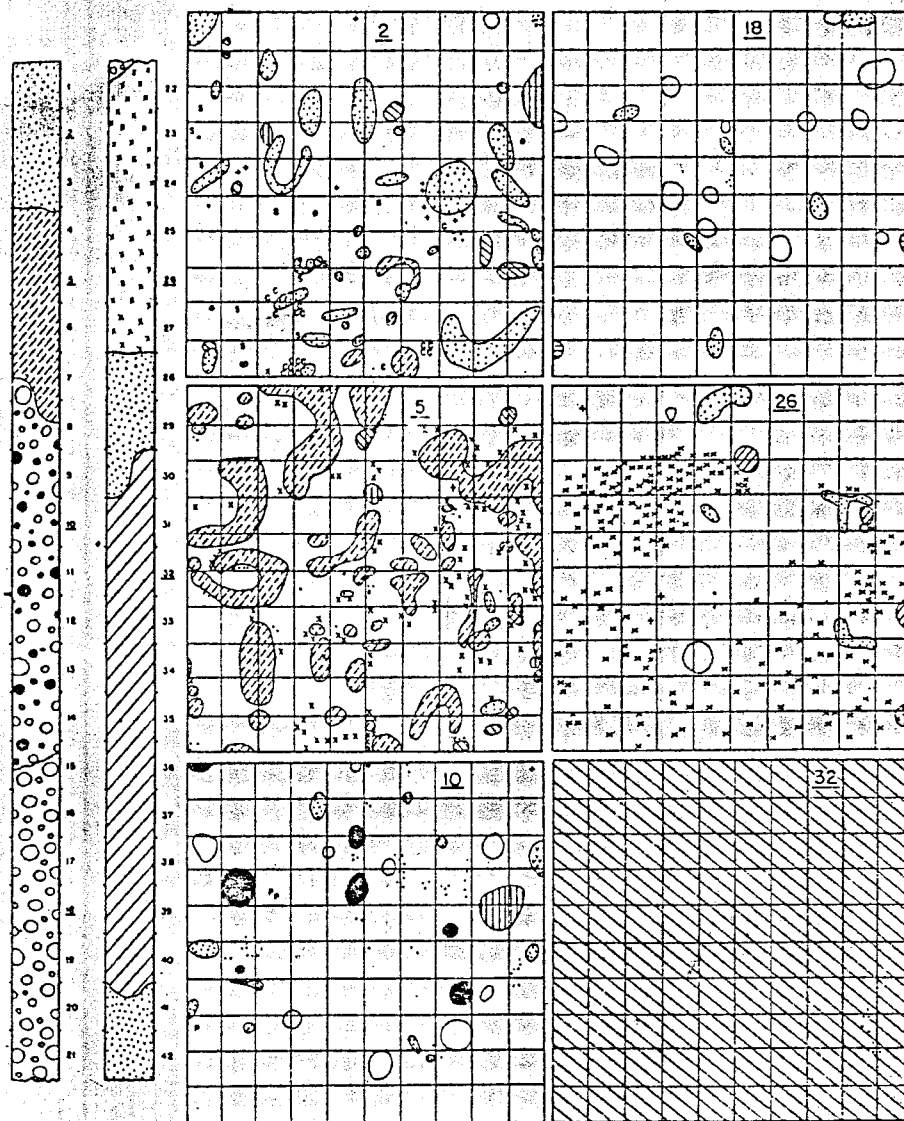
### Métodos que utilizan una transecta como unidad de muestreo

#### *Método de la transacción lineal = Método de la línea intercepta = Método de Canfield*

El método consiste en realizar observaciones sobre una línea o varias, dispuestas al azar o sistemáticamente en el área de estudio. La longitud de la línea varía con el tamaño y la densidad de la vegetación. Así, por ejemplo en:

- a) **pastizal-arbustal**, unos 10 m.
- b) **pastizal ralo**, unos 15 m.
- c) **pastizal denso**, unos 5 m.

Se procede extendiendo y tensando una cinta métrica metálica, una cadena, cable de acero fino o hilo, entre dos estacas. El observador se desplaza siguiendo la línea por uno de sus laterales y



Transecta (izquierda) de un metro de anchura y 42 m. de longitud en la pendiente sudeste de una pradera cerca de Pleasant Dale, Nebraska. Se muestran 6 tipos distintos de vegetación. Los puntos representan matas de *Andropogon furcatus*; líneas espaciadas, *Bouteloua gracilis*; áreas circulares negras, *Sporobolus asper*; los círculos representan matas de *Stipa spartea*; x *Aster multiflorus*; y líneas llenas, *Agropyron smithii*. Las parcelas de 1 m<sup>2</sup> 2,5, etc. (subrayadas en la transecta) se muestran a la derecha, donde C representa a *Carex pennsylvanica*; P, *Poa pratensis*; S, plántulas de *Stipa spartea*; V, *Veronica peregrina*; y +, *Salsola pestifer*. (Weaver y Albertson, 1943).

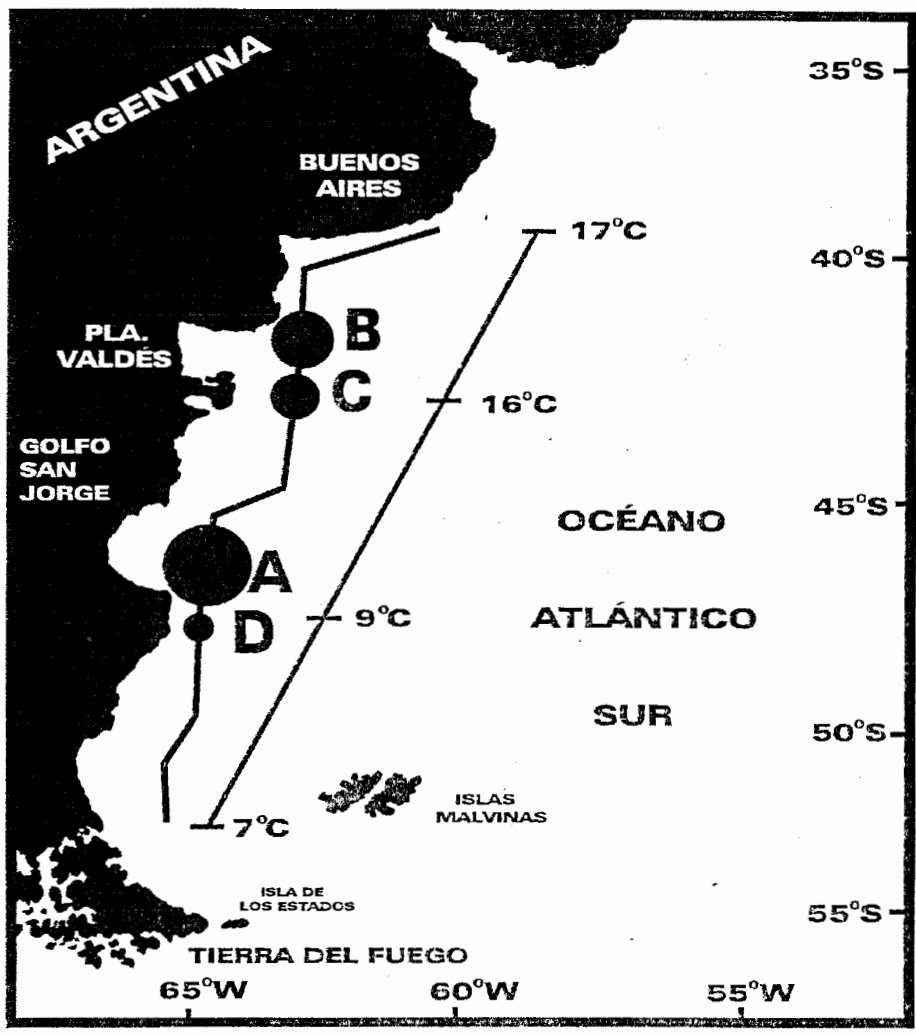


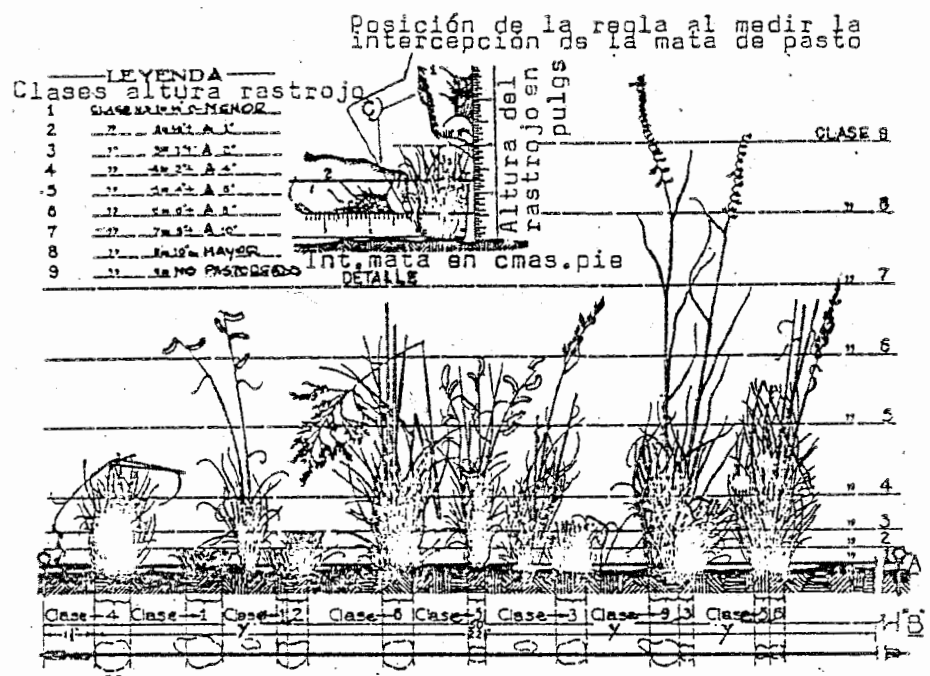
FIG. 1. Area de estudio. La línea con los círculos indica la transecta seguida durante la navegación. Los círculos muestran las diferentes concentraciones de aves registradas en densidad (individuos/km<sup>2</sup>). A: Especies del genero *Pachyptila*, 1.84; B: Pingüino de Magallanes, Albatros de Ceja Negra y Petrel de Cabeza Negra, 1.39; C: Petrel Boreal, 1.36 y D: Albatros de Ceja Negra, Petrel de Cabeza Negra, 0.9. La segunda recta muestra el gradiente térmico tomado al momento del censo.

La costa patagónica argentina ha sido estudiada por numerosos autores, entre otros, por Dabbene (1922), Murphy (1936), Olrog

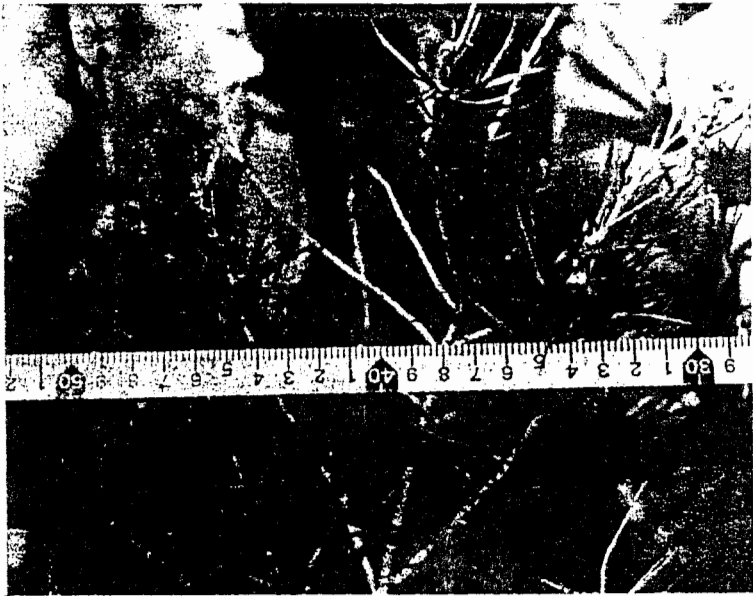
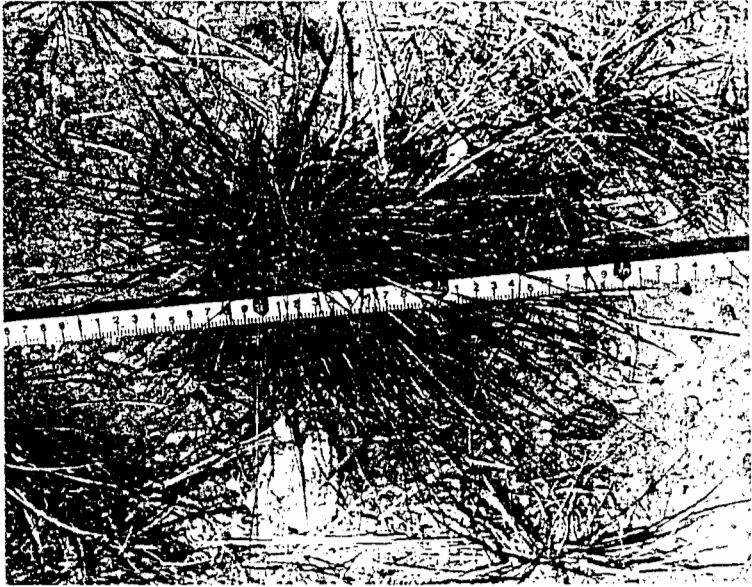
(1958), Cook & Mills (1972), Brown *et al.* (1975), Linkowski & Rembiszewski (1978), Veit & Braun (1984), Orgeira (1995b) y Veit

TRANSECTA LINEAL

Método de la línea intercepta o de Candfield.

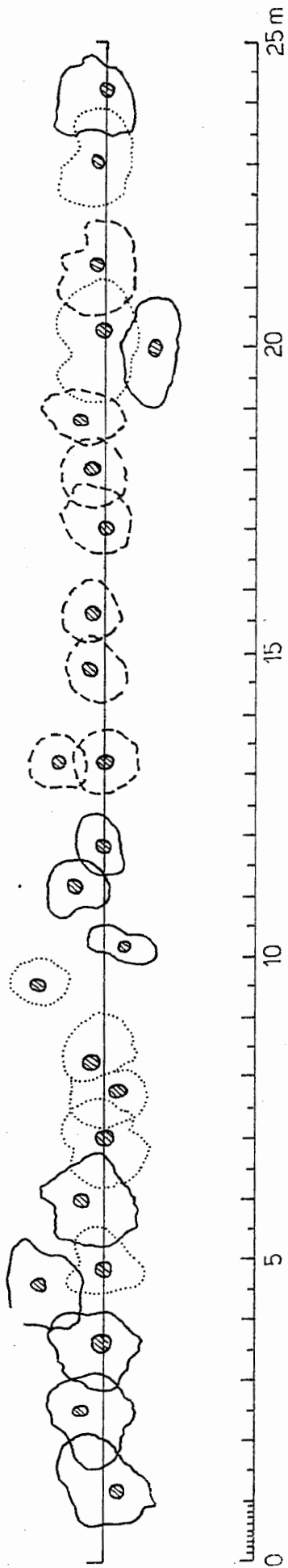


(A) Segmento de una línea transecta mostrando la posición de la línea con respecto a la vegetación. (B) Proyección del suelo ocupado por cada mata y clase de altura de rastrajo. (C) Los detalles insertos ilustran la manera de realizar las mediciones de altura y densidad. Para A y B mirar la parte inferior a la derecha; para C ver la parte superior del diagrama. (Canfield, 1942).



Una línea intercepta mide los centímetros bisectados por la cinta para cada especie.  
Arriba, es bisectada una mata de pasto y debajo, un arbusto.

TRANSECTA



anotando para cada especie vegetal que encuentra la distancia que cubre a lo largo de la transecta lineal:

- a) En el caso de **gramíneas**, **rosetas** y dicotiledóneas **herbáceas**, se mide la distancia a lo largo de la línea a nivel del suelo, es decir su **área basal** interceptada.
- b) En el caso de **arbustos** y de dicotiledóneas **herbáceas altas**, se mide la distancia que cubre la proyección vertical del follaje o su **cobertura foliar** interceptada.

Como regla general, habitualmente son suficientes unas 20 a 30 líneas transectas. La información a registrar suele ser:

1. La **distancia lineal total**, en centímetros, **de cada especie** a lo largo de la transecta.
2. La **distancia total de intercepción de todas las especies** por cada línea transecta.

Esta información nos permitirá calcular luego, según el tipo de vegetación de que se trate, el porcentaje de área basal o de cobertura por especie y también, conociendo el área basal o cobertura total (de todas las especies sumada), el área basal o cobertura relativa (la de cada especie referida a la total o de todas ellas).

El método es rápido, objetivo y relativamente preciso. Puede determinarse la superficie cubierta por cada especie directamente de las observaciones registradas. El método se adapta bien para medir cambios en la vegetación si las transectas se usan como permanentes, marcando bien sus extremos para volver a colocarlas en el mismo lugar con posterioridad.

En comunidades vegetales mixtas, el método de la línea transecta es generalmente más preciso que el muestreo por cuadrados. Se presta especialmente para estudiar vegetación baja.

Métodos que utilizan una transecta como trayectoria para distribuir otras unidades de muestreo.

*Método del anillo = Método de Parker*

En este método, una línea transecta, extendida al azar, sirve de guía direccional para ubicar las unidades de muestreo. Ellas están constituidas por un anillo de 2 cm de diámetro (una situación intermedia entre las parcelas de mayor tamaño y el punto).

Existen, entre otras, las siguientes alternativas para realizar las observaciones:

- a) a intervalos de 30 cm, sobre 30 metros
- b) a intervalos de 15 cm, sobre 15 metros

De esta forma se usan 100 puntos en cada transecta. El anillo puede ir unido a un vástago de unos 40 cm de largo. En este caso, se lo coloca debajo de la cinta metálica, en cada punto. O bien, se lo deja caer en cada punto a la derecha de la cinta. Luego se registra la especie encontrada.

En la mayoría de los casos, 20 a 25 transectas alcanzan para muestrear apropiadamente la comunidad. Los subtotales (cada 100 puntos) se consideran como porcentajes del total. Se realizan ajustes, según el número de transectas.

El método permite computar fácilmente la **composición florística** de la comunidad, la **frecuencia** de las especies y la **condición** de las pasturas. Es preciso y proporciona información concreta así como evidencias indudables de las tendencias y los cambios que puedan observarse en la vegetación. Empero, el uso del método está limitado a la vegetación gramínea y a las hierbas bajas.

### *Método del aro y la varilla.*

A lo largo de una transecta se seleccionan, al azar, puntos de muestreo. En ellos se coloca junto a la línea un aro de metal de 60 cm de diámetro. Dentro del mismo, se cuenta el número de individuos de cada especie vegetal. Luego se tira una varilla metálica sobre el aro, midiendo el diámetro de las matas en contacto con la varilla a nivel del suelo (**área basal**).

Con el número de individuos de cada especie, y el diámetro medio de cada una, se puede calcular el **porcentaje de cubierta o área basal**.

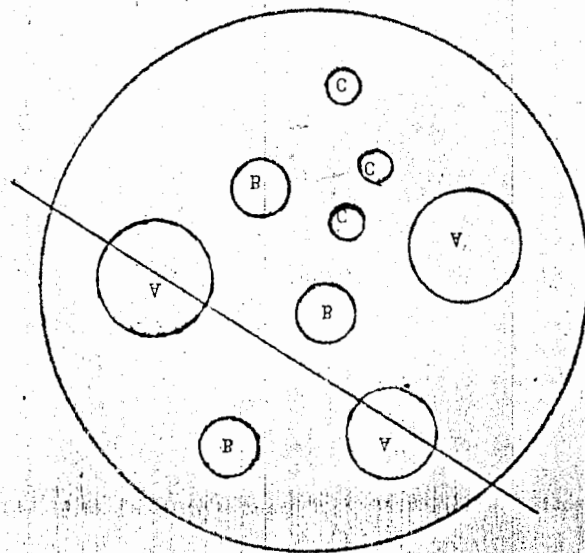
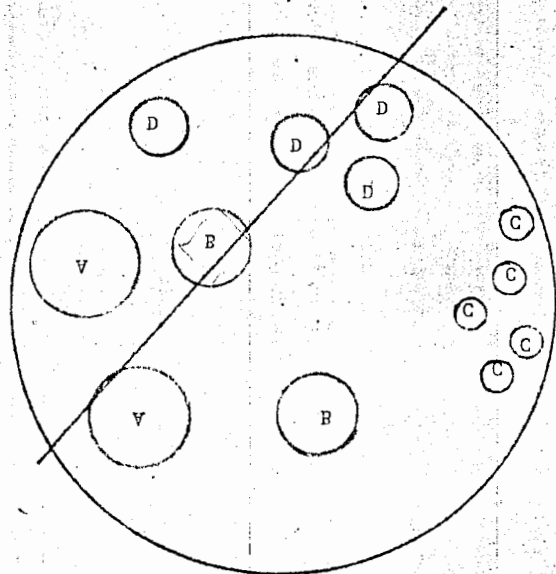
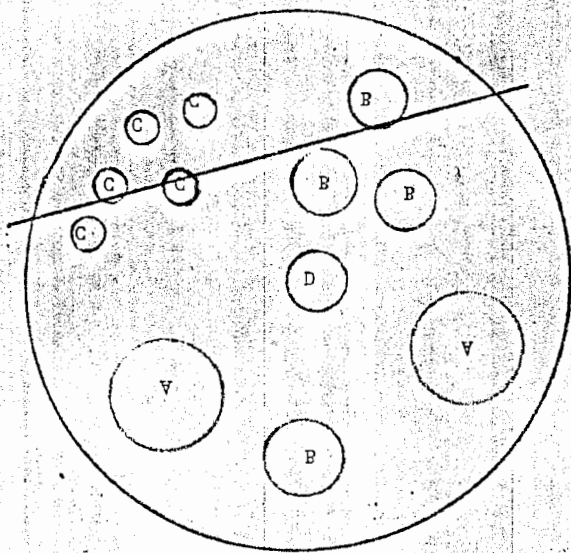
Las determinaciones a campo serán entonces:

- a) En cada aro conteo del número de individuos de cada especie.
- b) Se tira la varilla y se mide el diámetro de las matas tocadas por la misma.

Los cálculos en laboratorio serán:

- c) *Cálculo del área del aro muestreador* ( $\pi \cdot (60 \text{ cm})^2$ )
- d) Cálculo del número promedio de plantas de cada especie en el aro.
- e) Cálculo del diámetro promedio de plantas de cada especie en el aro.
- f) Utilizando el diámetro promedio se calculará el área basal promedio para planta de cada especie.
- g) Con el área basal promedio para cada especie y el número promedio de plantas (obtenido en el punto d) obtendremos el área basal total para la especie en un aro promedio.
- h) Relacionando el valor calculado en g) con el área del aro (valor de c)) y llevando a porcentaje, obtendremos el **porcentaje de área basal para cada especie** en el muestreo.

Como regla general para pastizales bajos, se suele tomar datos en unos 40 a 50 aros. Por supuesto que la variabilidad y espaciamiento de las plantas puede hacer necesario modificar la cantidad de aros.



### Características sintéticas de la vegetación.

Las características sintéticas- *presencia (constancia), fidelidad, dominancia, fisonomía y diseño* – constituyen generalizaciones o abstracciones derivadas de la información sobre características analíticas, a algunas de las cuales integran.

Durante el estudio de la vegetación, tienden a hacerse evidentes los posibles agrupamientos de estaciones de vegetación que pertenecen a un mismo tipo de comunidad. Sin embargo, la validez de tales agrupamientos debe verificarse y establecer en cuánto se diferencian. Para ello se utilizan las características sintéticas, las cuales constituyen la base del método fitosociológico (para agrupar especies en comunidades y asociar éstas a distintas estaciones). No veremos este método en el curso, sin embargo nos serán útiles para interpretar la caracterización de comunidades y también alguna aplicación agronómica de las mismas.

Presencia – Constancia. Estas características se refieren al grado de regularidad con que se presenta una especie en un n número de estaciones de un tipo de comunidad. Se expresan corrientemente como porcentaje, en una escala de 5 clases, como en la tabla siguiente:

| <u>Clase</u> | <u>% de estaciones de un tipo de comunidad estudiada en el cual se encuentra la especie</u> |
|--------------|---|
| I            | 1 - 20 (rara)   |
| II           | 21 - 40 (presente raramente)  |
| III          | 41 - 60 (presente a menudo)   |
| IV           | 61 - 80 ( presente la mayoría de las veces)   |
| V            | 81- 100 (presente constantemente)   |

Los valores se refieren como *constancia* cuando se emplean áreas de muestreo iguales en cada una de las estaciones estudiadas. Las áreas del mismo tamaño reducen la variabilidad en el número de especies listadas en cada censo.

En cambio el parámetro se refiere como *presencia* cuando el área de muestreo varía de una estación a otra. Ello ocurre cuando las estaciones de vegetación natural tienen dimensiones reducidas de por sí, o cuando quedan disponibles para estudiar estaciones fragmentadas (como en los casos de uso intenso de la tierra). Entonces no resulta práctico emplear parcelas de tamaño uniforme, y se considera toda la estación, cualquiera sea su dimensión.

Este criterio puede ser empleado para comparar en forma rápida estaciones de un tipo de comunidad o de tipos relacionados. Pero, una especie que está presente regularmente en cada estación de un tipo de comunidad, puede tener también una constancia elevada en otro tipo de comunidad. De ahí que todas las especies con constancia elevada no son necesariamente útiles para definir tipos de vegetación.

Fidelidad (Exclusividad). Esta característica indica el grado de restricción que tienen una especie hacia un tipo particular de comunidad. En un extremo se encuentran las

especies que sólo se presentan en una comunidad (fieles); en el otro, aquellas que prosperan en una variedad de comunidades (poco fieles).

La fidelidad puede ser determinada sólo analizando estaciones de vegetación en varios tipos de comunidades dentro de una región geográfica. Las especies pueden agruparse en 5 clases de fidelidad, según Braun-Blanquet.

| <u>Clase</u> | <u>Descripción</u>   |
|--------------|--|
| F1           | <u>Especies extrañas</u> . Intrusos raros o accidentales de otra comunidad, o relictos de una comunidad precedente.  |
| F2           | <u>Especies indiferentes</u> . Sin afinidad o preferencia pronunciada hacia alguna comunidad particular.   |
| F3           | <u>Especies preferenciales</u> . Aunque ocurren con mayor o menor abundancia en varias comunidades, alcanzan abundancia y vitalidad óptima en una comunidad determinada. |
| F4           | <u>Especies selectivas</u> . Se encuentran especialmente en una comunidad, pero ocasionalmente en otras.   |
| F5           | <u>Especies exclusivas</u> . Completamente o casi completamente restringidas a una comunidad.  |

Las especies de la clase F1 son consideradas *accidentales*; las de la F2, son *acompañantes*; mientras que las especies de clase F3 a F5 son consideradas *características*.

Muchas especies corresponden a las clases 1 – 3; unas pocas a la clase 4 y muy pocas a la clase 5. Ello refleja el hecho de que la mayoría de las especies son miembros de más de un tipo de comunidad.

Las especies de fidelidad elevada pueden tener gran valor como indicadoras ecológicas, es decir son capaces de indicar condiciones ecológicas del lugar donde se encuentra la estación de vegetación estudiada (tienen amplitud ecológica restringida). Por ejemplo, la gramínea denominada vulgarmente Pelo de chancho indica presencia de suelo salino.

La constancia y la fidelidad tienden a estar inversamente relacionadas (las especies exclusivas casi siempre tienen una constancia baja). Especialmente las características responden en general más ajustadamente que las especies con constancia elevada a las variaciones del hábitat. Para una caracterización completa de comunidades vegetales, deben usarse tanto como sea posible ambos conceptos, ya que se complementan.

Dominancia. Esta característica expresa la influencia predominante de una o más especies dentro de una comunidad, debido principalmente a su presencia y cobertura. Empero, la mayoría de las características analíticas contribuyen a determinar la dominancia. Son importantes en ese sentido la altura, forma de vida, vitalidad, productividad.

Las especies constantes con la mayor cobertura o abundancia, pueden ser consideradas dominantes.

En el análisis de la dominancia se establecen jerarquías, de acuerdo con la ocupación del espacio por cada especie, que influye sobre otras especies que comparten el ecosistema.

Se considera que cada estrato de una comunidad multi-estratificada, tiene sus propios dominantes.

Fisonomía – Diseño. La fisonomía - apariencia general o efecto visual de una estación de vegetación - resume una serie de características cualitativas y cuantitativas (clase de especies, forma de vida, densidad poblacional, cobertura, altura, sociabilidad, estratificación, color).

Los principales tipos de fisonomía son:

Bosque. Árboles de 8 m o más, que crecen densamente. Se pueden clasificar en caducifolios y perennifolios.

Monte alto. Leñosas de 2 a 8 m de altura, que crecen más bien densamente.

Monte bajo. Leñosas de menos de 2 m.

Pastizal. Predominan especies herbáceas (gramíneas y ciperáceas); leñosas ausentes o poco relevantes.

Pradera. Pastizal denso de hábitat más bien húmedo, corrientemente rico en hierbas dicotiledóneas. Gramíneas con hojas relativamente anchas y suaves.

Sabana. Leñosas dispersas individualmente (a veces en pequeños grupos) en un estrato más bien denso de plantas herbáceas.

Parque. Abundantes manchas de vegetación baja distribuidas en una fase continua de bosque o monte alto.

Estepa. Pastizal de regiones áridas y semiáridas.

Estepa herbácea. Vegetación similar a la pradera, en el margen menos árido de las estepas. Pueden ser comunes los arbustos bajos pero sin dominar.

Estepa verdadera. Florísticamente pobre y xerofítica. Pastos de hojas angostas; hierbas y arbustos escasos.

Estepa arbustiva. Estepa con arbustos que forman un estrato que se eleva por encima de los pastos.

La fisonomía constituye un criterio valioso en reconocimientos o estudios preliminares, así como en descripciones de vegetación amplias y generales.

Diseño (modelo, patrón). Es el dibujo que forma la vegetación al constituir grupos de individuos. Por ejemplo: grupo de arbustos en un pastizal, zonas alrededor de un lago,

“manchas” de una especie agregada más o menos densamente dentro de un mosaico vegetacional.

En la determinación del diseño, constituyen criterios muy útiles la *densidad*, *cobertura* y *frecuencia*. La escala del diseño puede ser pequeña o grande, y los contrastes entre los grupos pueden ser tenue o intensos.

Las causas de los diseños pueden ser: a) morfológicas (importancia de los órganos de propagación: rizomas, por ejemplo); b) sociológicas (competencia, asociación de especies);; c) fisiográficas (variaciones de relieve, humedad edáfica, concentración de nutrientes, textura y estructura edáfica, etc.).

## TRABAJO PRACTICO ECOLOGIA

### **Predicción de nivel de ataque de pulgón ruso sobre trigo por selección de variables independientes y su incorporación en una ecuación de predicción.**

#### Introducción.

El pulgón ruso del trigo (*Diuraphis noxia*), es una especie de origen asiático. Se lo detectó por primera vez en Argentina en la localidad de Malargüe, provincia de Mendoza, en enero de 1991 sobre plantas de centeno. En nuestra zona se lo observó sobre trigo en la localidad de Algarrobo en noviembre de 1992. En 1995, períodos de sequías prolongadas y bajas temperaturas favorecieron su difusión en el centro de Argentina y hubo intensos ataques en cultivos de trigo de las provincias de Buenos Aires y La Pampa.

El desarrollo, fecundidad y supervivencia de este insecto están relacionados con componentes abióticos (factores climáticos como temperatura y humedad relativa) y bióticos (estado fenológico de la planta). La baja humedad relativa y períodos de sequía promueven su diseminación.

El conocer el o los factores que tienen un mayor grado de incidencia en la densidad poblacional de esta plaga o que predisponen al ataque de un cultivo y utilizarlos con fines predictivos permitirá disponer de una útil herramienta para los Ingenieros Agrónomos.

#### *Selección del factor clave por el método de Morris.*

Generalmente interviene un número considerable de factores en modificar la densidad de las poblaciones. Sin embargo Morris (1957, 1971), estudiando poblaciones de insectos defoliadores forestales, llegó a la conclusión de que sólo un número pequeño de factores son capaces de tener una acción significativa sobre el tamaño de las poblaciones. Reciben el nombre de *factores clave*. Su detección tiene ante todo un valor práctico: permite disponer de un medio relativamente simple de predicción de las variaciones demográficas de las especies perjudiciales o útiles.

Frente a otros estudios que también predicen el comportamiento futuro de una población, basados en tablas de vida y la posterior identificación del momento del ciclo de vida del organismo responsable mayoritariamente por las variaciones en número de individuos, así como el análisis de las variables independientes que tienen mayor incidencia; el método propuesto por Morris tiene las siguientes ventajas:

- 1) Requiere menos muestreo que para la interpretación de tablas de vida y no se requiere estar sujeto a mediciones en momentos fenológicos precisos.
- 2) El análisis es más simple que el de tablas de vida, permitiendo detectar el efecto de procesos densodependientes y densoindependientes y provee un método para modelar diferencias en la densidad media de un lugar a otro.

Como etapa previa requiere realizar mediciones durante varios años de las variables independientes (factores bióticos y abióticos del medio) y la dependiente (tamaño de la población en estudio), en lo posible en varios sistemas o localizaciones diferentes.

El método requiere un análisis de regresión e identificación de los factores clave (aquellos a los cuales se puede atribuir un porcentaje mayoritario de la variación experimentada por la variable dependiente (densidad de pulgones).

En el caso de poblaciones de insectos los factores que suelen tener mayor incidencia sobre las poblaciones son los denso independientes (los factores climáticos tienen este tipo de influencia), salvo que estemos en presencia de un controlador biológico efectivo. Por esta razón, y realizando una gran simplificación se procedió a confeccionar un paquete simulado de 5 juegos de datos supuestamente provenientes de observaciones previas en distintas localidades, tomando como variables independientes mm de lluvia mensuales ( $x_1$ ) y temperatura media mensual en  $^{\circ}\text{C}$  ( $x_2$ ) en el mes de agosto, mientras que la variable dependiente ( $Y$ ) será la cantidad de pulgones/ $\text{m}^2$  en el cultivo a principios de octubre.

### **Materiales a utilizar**

El TP se llevará a cabo en el Laboratorio de Computación, con 10 PC con la Planilla Electrónica Excel 2000 instalada. Debido al elevado nro. de estudiantes, participarán en 3 sesiones de 1 hora con 2/3 alumnos por PC.

Las Computadoras tendrán ya instalados 2 Programas (en Excell 2000) para regresión múltiple de 2 variables y regresión lineal simple. Estos programas han sido preparados por la Cátedra de Estadística del Departamento de Matemáticas de la UNS y los archivos tienen por nombre REGRESION2.XLS Y REGRESION1. XLS, respectivamente.

### **Procedimiento**

Ingreso de 5 juegos de datos a la planilla programada para regresión múltiple en la hoja DATOS.

Siguiendo las indicaciones del docente a cargo pondrá el nombre de la variable dependiente, así como de las independientes, en la celda correspondiente de la planilla en EXCEL.

#### Juego de datos a ingresar.

| Pulgones/ $\text{m}^2$ ( $y$ ) | mm lluvia/mes ( $x_1$ ) | temp. media $^{\circ}\text{C}$ ( $x_2$ ) |
|--------------------------------|-------------------------|--|
| 50                             | 8.8                     | 8.6                                      |
| 0                              | 18                      | 9.9                                      |
| 0                              | 15.2                    | 9.9                                      |
| 20                             | 10                      | 9.3                                      |
| 60                             | 7.4                     | 8.2                                      |

Al terminar esta tarea el programa hará automáticamente los cálculos y mostrará los resultados. La fórmula de ajuste será del tipo:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

A la derecha de la pantalla encontraremos los coeficientes de ajuste.

Veremos ahora qué porcentaje de variación en la variable dependiente Y es capaz de explicar cada una de las variables independientes analizadas ( $x_1$  y  $x_2$ ). Esto lo indicará el *coeficiente de determinación* ( $R^2$ ) mostrado en la misma planilla. Veremos también a qué probabilidad de error es significativo el valor F para cada variable independiente (debe ser  $< \alpha = 0.05$ ) para considerarlo apropiado.

Podemos ver también el  $R^2$  para la acción conjunta de las 2 variables independientes.. En la hoja RESI podremos ver el ajuste de las predicciones de Y por la fórmula antes indicada. Por tanto, elegiremos como predictor o *factor clave* la variable independiente que tenga el mayor valor de  $R^2$  con un valor F significativo a una prob. de error menor o igual a 0.05).

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre la variable elegida e Y. Para ello correremos el programa en Excel REGRESION1.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de la variable independiente seleccionada e Y.

Veremos un gráfico de  $x_i$  vs. Y (que mostrará el ajuste de los datos con la recta de regresión) y un valor de  $R^2$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora distintos, quedando entonces

$$Y = a + b \cdot x_i$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que compararemos con los de la fórmula de regresión múltiple y decidiremos si podemos lograr una buena predicción en base a sólo una variable independiente o utilizaremos la fórmula derivada de la regresión múltiple.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS. 2004
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

Tema: Pulgón ruso. Análisis de regresión múltiple para buscar variables climáticas predictoras de ataque a trigo.

| Variable: | Y           | X1            | X2           |
|-----------|-------------|---------------|--------------|
| Nombre:   | Pulgones/m2 | mm lluvia/mes | Temp media C |
| 1         | 50          | 8.8           | 8.6          |
| 2         | 0           | 18            | 9.9          |
| 3         | 0           | 15.2          | 9.9          |
| 4         | 20          | 10            | 9.3          |
| 5         | 60          | 7.4           | 8.2          |
| 6         |             |               |              |
| 7         |             |               |              |
| 8         |             |               |              |
| 9         |             |               |              |
| 10        |             |               |              |
| 11        |             |               |              |
| 12        |             |               |              |
| 13        |             |               |              |
| 14        |             |               |              |
| 15        |             |               |              |
| 16        |             |               |              |
| 17        |             |               |              |
| 18        |             |               |              |
| 19        |             |               |              |
| 20        |             |               |              |
| 21        |             |               |              |
| 22        |             |               |              |
| 23        |             |               |              |
| 24        |             |               |              |
| 25        |             |               |              |
| 26        |             |               |              |
| 27        |             |               |              |
| 28        |             |               |              |
| 29        |             |               |              |
| 30        |             |               |              |
| 31        |             |               |              |
| 32        |             |               |              |
| 33        |             |               |              |
| 34        |             |               |              |
| 35        |             |               |              |
| 36        |             |               |              |
| 37        |             |               |              |

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| Y medio         | 26        |
| S <sub>YY</sub> | 3120      |
| N               | 5         |
| S <sub>1y</sub> | -460.4    |
| S <sub>2y</sub> | -85.4     |
| S <sub>12</sub> | 12.748    |
| r (yx1)         | -0.912637 |
| r (yx2)         | -0.997772 |
| r (x1x2)        | 0.921156  |

|                 |        |
|-----------------|--------|
| X1 medio        | 11.88  |
| S <sub>11</sub> | 81.568 |

|      |              |
|------|--------------|
| a[1] | 93.05511965  |
| b[1] | -5.644370341 |

|    |              |
|----|--------------|
| b0 | 369.9126927  |
| b1 | 0.264045424  |
| b2 | -37.80496212 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| X2 medio        | 9.18  |
| S <sub>22</sub> | 2.348 |

|      |             |
|------|-------------|
| a[2] | 359.8892675 |
| b[2] | -36.3713799 |

|          |             |
|----------|-------------|
| ES(b0) = | 31.53484873 |
| ES(b1) = | 0.725956007 |
| ES(b2) = | 4.278791886 |

| R <sup>2</sup> | f. de v.     | SC          | gl | CM          | F      | p      |
|----------------|--------------|-------------|----|-------------|--------|--------|
| 0.832906       | Reg (X1)     | 2598.668105 | 1  | 2598.668105 | 14.95  | 0.0306 |
|                | Resi (X1)    | 521.3318949 | 3  | 173.7772983 |        |        |
| 0.995550       | Reg (X2)     | 3106.115843 | 1  | 3106.115843 | 671.15 | 0.0001 |
|                | Resi (X2)    | 13.88415673 | 3  | 4.628052243 |        |        |
| 0.995826       | Reg (X1,X2)  | 3106.977252 | 2  | 1553.488626 | 238.58 | 0.0042 |
|                | Ad (X1/X2)   | 0.861408836 | 1  | 0.861408836 |        |        |
|                | Ad (X2/X1)   | 508.309147  | 1  | 508.309147  |        |        |
|                | Resi (X1,X2) | 13.02274789 | 2  | 6.511373947 |        |        |
| Total          |              | 3120        | 4  |             |        |        |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Int. Conf. (1-α)% β0 : | 234.2290952 |
| 1 - α =                | 0.95        |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Int. Conf. (1-α)% β1 : | -2.859493344 |
| 1 - α =                | 0.95         |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Int. Conf. (1-α)% β2 : | -56.21513053 |
| 1 - α =                | 0.95         |

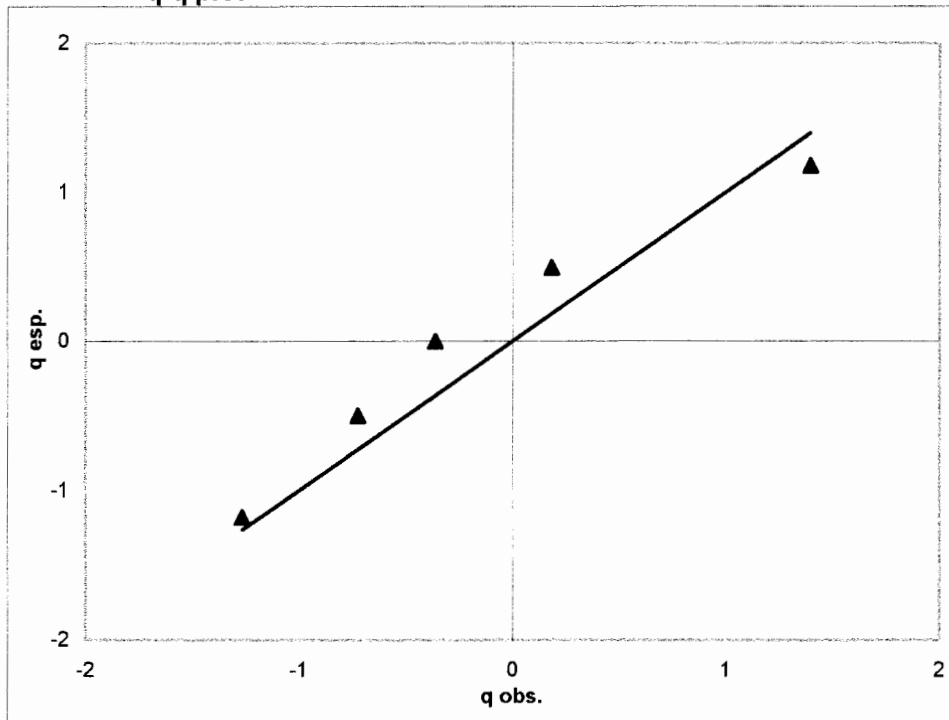
|             |         |
|-------------|---------|
| Máximo Vi : | 0.81641 |
| Limite =    | 1.20000 |
| Dato n°     | 2       |

|               |         |
|---------------|---------|
| Máximo qi :   | 1.39621 |
| q (i) :       | 6.20763 |
| Outlier : p = | > 0.50  |
| Dato n°       | 1       |

|             |              |
|-------------|--------------|
| Máximo δi : | 1.0660       |
| elipseide % | 48.26        |
| b0(i) =     | 406.8920616  |
| b1(i) =     | 0.644457664  |
| b2(i) =     | -42.20371472 |
| Dato n°     | 5            |

| dato | Y  | X1   | X2  | $V_i$   | $Y_{pred}$   | $e_i$        | $q_i$   | $q(i)$  | $\delta_i$ | dato |
|------|----|------|-----|---------|--------------|--------------|---------|---------|------------|------|
| 1    | 50 | 8.8  | 8.6 | 0.34366 | 47.11361813  | 2.886381874  | 1.3962  | 6.2076  | 0.3402     | 1    |
| 2    | 0  | 18   | 9.9 | 0.81641 | 0.396385266  | -0.396385266 | -0.3625 | -0.2652 | 0.1948     | 2    |
| 3    | 0  | 15.2 | 9.9 | 0.44887 | -0.342941921 | 0.342941921  | 0.1810  | 0.1291  | 0.0089     | 3    |
| 4    | 20 | 10   | 9.3 | 0.72482 | 20.96699915  | -0.966999148 | -0.7224 | -0.5942 | 0.4582     | 4    |
| 5    | 60 | 7.4  | 8.2 | 0.66624 | 61.86593938  | -1.865939381 | -1.2657 | -2.0065 | 1.0660     | 5    |
| 6    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 6    |
| 7    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 7    |
| 8    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 8    |
| 9    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 9    |
| 10   |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 10   |

q-q plot



Tema: **Pulgón ruso. Análisis de regresión lineal utilizando la var. Independiente x1 (Temp. Media mensual) vs. Pulgones/m2**

| Variable: | Y  | X   |
|-----------|----|-----|
| Nombre:   |    |     |
| 1         | 50 | 8.6 |
| 2         | 0  | 9.9 |
| 3         | 0  | 9.9 |
| 4         | 20 | 9.3 |
| 5         | 60 | 8.2 |
| 6         |    |     |
| 7         |    |     |
| 8         |    |     |
| 9         |    |     |
| 10        |    |     |
| 11        |    |     |
| 12        |    |     |
| 13        |    |     |
| 14        |    |     |
| 15        |    |     |
| 16        |    |     |
| 17        |    |     |
| 18        |    |     |
| 19        |    |     |
| 20        |    |     |
| 21        |    |     |
| 22        |    |     |
| 23        |    |     |
| 24        |    |     |
| 25        |    |     |
| 26        |    |     |
| 27        |    |     |
| 28        |    |     |
| 29        |    |     |
| 30        |    |     |
| 31        |    |     |
| 32        |    |     |
| 33        |    |     |
| 34        |    |     |
| 35        |    |     |
| 36        |    |     |
| 37        |    |     |
| 38        |    |     |
| 39        |    |     |
| 40        |    |     |
| 41        |    |     |
| 42        |    |     |
| 43        |    |     |
| 44        |    |     |
| 45        |    |     |
| 46        |    |     |
| 47        |    |     |
| 48        |    |     |
| 49        |    |     |
| 50        |    |     |
| 51        |    |     |
| 52        |    |     |
| 53        |    |     |
| 54        |    |     |
| 55        |    |     |
| 56        |    |     |
| 57        |    |     |
| 58        |    |     |

|        |      |
|--------|------|
| Ymedio | 26   |
| Syy    | 3120 |

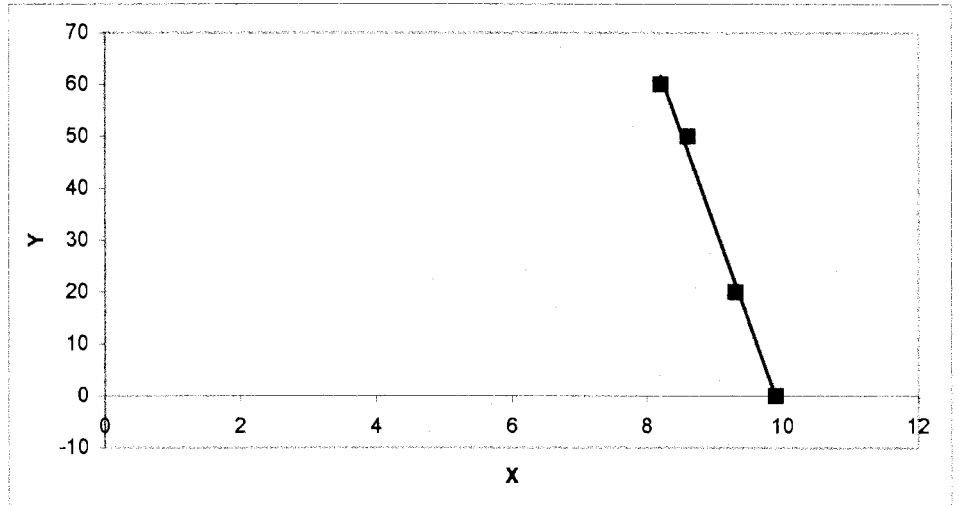
|        |       |
|--------|-------|
| Xmedio | 9.18  |
| Sxx    | 2.348 |

|     |       |
|-----|-------|
| Sxy | -85.4 |
|-----|-------|

|   |   |
|---|---|
| N | 5 |
|---|---|

|   |             |
|---|-------------|
| b | -36.3713799 |
| a | 359.8892675 |

|                |           |
|----------------|-----------|
| r              | -0.997772 |
| R <sup>2</sup> | 0.995550  |



| f.de v.   | SC          | gl | CM          | F      |
|-----------|-------------|----|-------------|--------|
| Regresión | 3106.115843 | 1  | 3106.115843 | 671.15 |
| Residual  | 13.88415673 | 3  | 4.628052243 |        |
| Total     | 3120        | 4  |             |        |



## TRABAJO PRACTICO ECOLOGIA

### **Predicción de nivel de ataque de pulgón ruso sobre trigo por selección de variables independientes y su incorporación en una ecuación de predicción.**

#### Introducción.

El pulgón ruso del trigo (*Diuraphis noxia*), es una especie de origen asiático. Se lo detectó por primera vez en Argentina en la localidad de Malargüe, provincia de Mendoza, en enero de 1991 sobre plantas de centeno. En nuestra zona se lo observó sobre trigo en la localidad de Algarrobo en noviembre de 1992. En 1995, periodos de sequías prolongadas y bajas temperaturas favorecieron su difusión en el centro de Argentina y hubo intensos ataques en cultivos de trigo de las provincias de Buenos Aires y La Pampa.

El desarrollo, fecundidad y supervivencia de este insecto están relacionados con componentes abióticos (factores climáticos como temperatura y humedad relativa) y bióticos (estado fenológico de la planta). La baja humedad relativa y periodos de sequía promueven su diseminación.

El conocer el o los factores que tienen un mayor grado de incidencia en la densidad poblacional de esta plaga o que predisponen al ataque de un cultivo y utilizarlos con fines predictivos permitirá disponer de una útil herramienta para los Ingenieros Agrónomos.

#### *Selección del factor clave por el método de Morris.*

Generalmente interviene un número considerable de factores en modificar la densidad de las poblaciones. Sin embargo Morris (1957, 1971), estudiando poblaciones de insectos desfoliadores forestales, llegó a la conclusión de que sólo un número pequeño de factores son capaces de tener una acción significativa sobre el tamaño de las poblaciones. Reciben el nombre de *factores clave*. Su detección tiene ante todo un valor práctico: permite disponer de un medio relativamente simple de predicción de las variaciones demográficas de las especies perjudiciales o útiles.

Frente a otros estudios que también predicen el comportamiento futuro de una población, basados en tablas de vida y la posterior identificación del momento del ciclo de vida del organismo responsable mayoritariamente por las variaciones en número de individuos, así como el análisis de las variables independientes que tienen mayor incidencia; el método propuesto por Morris tiene las siguientes ventajas:

- 1) Requiere menos muestreo que para la interpretación de tablas de vida y no se requiere estar sujeto a mediciones en momentos fenológicos precisos.
- 2) El análisis es más simple que el de tablas de vida, permitiendo detectar el efecto de procesos densodependientes y densoindependientes y provee un método para modelar diferencias en la densidad media de un lugar a otro.

Como etapa previa requiere realizar mediciones durante varios años de las variables independientes (factores bióticos y abióticos del medio) y la dependiente (tamaño de la población en estudio), en lo posible en varios sistemas o localizaciones diferentes.

El método requiere un análisis de regresión e identificación de los factores clave (aquellos a los cuales se puede atribuir un porcentaje mayoritario de la variación experimentada por la variable dependiente (densidad de pulgones).

En el caso de poblaciones de insectos los factores que suelen tener mayor incidencia sobre las poblaciones son los denso independientes (los factores climáticos tienen este tipo de influencia), salvo que estemos en presencia de un controlador biológico efectivo. Por esta razón, y realizando una gran simplificación se procedió a confeccionar un paquete simulado de 5 juegos de datos supuestamente provenientes de observaciones previas en distintas localidades, tomando como variables independientes mm de lluvia mensuales ( $x_1$ ) y temperatura media mensual en  $^{\circ}\text{C}$  ( $x_2$ ) en el mes de agosto, mientras que la variable dependiente ( $Y$ ) será la cantidad de pulgones/ $\text{m}^2$  en el cultivo a principios de octubre.

### **Materiales a utilizar**

El TP se llevará a cabo en el Laboratorio de Computación, con 10 PC con la Planilla Electrónica Excel 2000 instalada. Debido al elevado nro. de estudiantes, participarán en 3 sesiones de 1 hora con 2/3 alumnos por PC.

Las Computadoras tendrán ya instalados 2 Programas (en Excell 2000) para regresión múltiple de 2 variables y regresión lineal simple. Estos programas han sido preparados por la Cátedra de Estadística del Departamento de Matemáticas de la UNS y los archivos tienen por nombre REGRESION2.XLS Y REGRESION1. XLS, respectivamente.

### **Procedimiento**

Ingreso de 5 juegos de datos a la planilla programada para regresión múltiple en la hoja DATOS.

Siguiendo las indicaciones del docente a cargo pondrá el nombre de la variable dependiente, así como de las independientes, en la celda correspondiente de la planilla en EXCEL.

### Juego de datos a ingresar.

| Pulgones/ $\text{m}^2$ ( $y$ ) | mm lluvia/mes ( $x_1$ ) | temp. media $^{\circ}\text{C}$ ( $x_2$ ) |
|--------------------------------|-------------------------|--|
| 50                             | 8.8                     | 8.6                                      |
| 0                              | 18                      | 9.9                                      |
| 0                              | 15.2                    | 9.9                                      |
| 20                             | 10                      | 9.3                                      |
| 60                             | 7.4                     | 8.2                                      |

Al terminar esta tarea el programa hará automáticamente los cálculos y mostrará los resultados. La fórmula de ajuste será del tipo:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

A la derecha de la pantalla encontraremos los coeficientes de ajuste.

Veremos ahora qué porcentaje de variación en la variable dependiente Y es capaz de explicar cada una de las variables independientes analizadas (  $x_1$  y  $x_2$ ). Esto lo indicará el *coeficiente de determinación* ( $R^2$ ) mostrado en la misma planilla. Veremos también a qué probabilidad de error es significativo el valor F para cada variable independiente (debe ser  $< \alpha = 0.05$ ) para considerarlo apropiado.

Podemos ver también el  $R^2$  para la acción conjunta de las 2 variables independientes.. En la hoja RESI podremos ver el ajuste de las predicciones de Y por la fórmula antes indicada. Por tanto, elegiremos como predictor o *factor clave* la variable independiente que tenga el mayor valor de  $R^2$  con un valor F significativo a una prob. de error menor o igual a 0.05).

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre la variable elegida e Y. Para ello correremos el programa en Excel REGRESION1.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de la variable independiente seleccionada e Y.

Veremos un gráfico de  $x_i$  vs. Y (que mostrará el ajuste de los datos con la recta de regresión) y un valor de  $R^2$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora distintos, quedando entonces

$$Y = a + b \cdot x_i$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que compararemos con los de la fórmula de regresión múltiple y decidiremos si podemos lograr una buena predicción en base a sólo una variable independiente o utilizaremos la fórmula derivada de la regresión múltiple.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS. 2004
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

**Tema: Pulgón ruso. Análisis de regresión múltiple para buscar variables climáticas predictoras de ataque a trigo.**

| Variable: | Y           | X1            | X2           |
|-----------|-------------|---------------|--------------|
| Nombre:   | Pulgones/m2 | mm lluvia/mes | Temp media C |
| 1         | 50          | 8.8           | 8.6          |
| 2         | 0           | 18            | 9.9          |
| 3         | 0           | 15.2          | 9.9          |
| 4         | 20          | 10            | 9.3          |
| 5         | 60          | 7.4           | 8.2          |
| 6         |             |               |              |
| 7         |             |               |              |
| 8         |             |               |              |
| 9         |             |               |              |
| 10        |             |               |              |
| 11        |             |               |              |
| 12        |             |               |              |
| 13        |             |               |              |
| 14        |             |               |              |
| 15        |             |               |              |
| 16        |             |               |              |
| 17        |             |               |              |
| 18        |             |               |              |
| 19        |             |               |              |
| 20        |             |               |              |
| 21        |             |               |              |
| 22        |             |               |              |
| 23        |             |               |              |
| 24        |             |               |              |
| 25        |             |               |              |
| 26        |             |               |              |
| 27        |             |               |              |
| 28        |             |               |              |
| 29        |             |               |              |
| 30        |             |               |              |
| 31        |             |               |              |
| 32        |             |               |              |
| 33        |             |               |              |
| 34        |             |               |              |
| 35        |             |               |              |
| 36        |             |               |              |
| 37        |             |               |              |

|          |           |
|----------|-----------|
| Ymedio   | 26        |
| Syy      | 3120      |
| N        | 5         |
| S1y      | -460.4    |
| S2y      | -85.4     |
| S12      | 12.748    |
| r (yx1)  | -0.912637 |
| r (yx2)  | -0.997772 |
| r (x1x2) | 0.921156  |

|         |              |
|---------|--------------|
| X1medio | 11.88        |
| S11     | 81.568       |
| a[1]    | 93.05511965  |
| b[1]    | -5.644370341 |

|         |             |
|---------|-------------|
| X2medio | 9.18        |
| S22     | 2.348       |
| a[2]    | 359.8892675 |
| b[2]    | -36.3713799 |

|    |              |
|----|--------------|
| b0 | 369.9126927  |
| b1 | 0.264045424  |
| b2 | -37.80496212 |

|          |             |
|----------|-------------|
| ES(b0) = | 31.53484873 |
| ES(b1) = | 0.725956007 |
| ES(b2) = | 4.278791886 |

| R <sup>2</sup> | f.de v.      | SC          | gl | CM          | F      | p      |
|----------------|--------------|-------------|----|-------------|--------|--------|
| 0.832906       | Reg (X1)     | 2598.668105 | 1  | 2598.668105 | 14.95  | 0.0306 |
|                | Resi (X1)    | 521.3318949 | 3  | 173.7772983 |        |        |
| 0.995550       | Reg (X2)     | 3106.115843 | 1  | 3106.115843 | 671.15 | 0.0001 |
|                | Resi (X2)    | 13.88415673 | 3  | 4.628052243 |        |        |
| 0.995826       | Reg (X1,X2)  | 3106.977252 | 2  | 1553.488626 | 238.58 | 0.0042 |
|                | Ad (X1/X2)   | 0.861408836 | 1  | 0.861408836 |        |        |
|                | Ad (X2/X1)   | 508.309147  | 1  | 508.309147  |        |        |
|                | Resi (X1,X2) | 13.02274789 | 2  | 6.511373947 |        |        |
| Total          |              | 3120        | 4  |             |        |        |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Int. Conf. (1-α)% β0 : | 234.2290952 |
| 1 - α =                | 0.95        |

|             |         |
|-------------|---------|
| Máximo Vi : | 0.81641 |
| Límite =    | 1.20000 |
| Dato n°     | 2       |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Int. Conf. (1-α)% β1 : | -2.859493344 |
| 1 - α =                | 0.95         |

|               |         |
|---------------|---------|
| Máximo qi :   | 1.39621 |
| q (i) :       | 6.20763 |
| Outlier : p = | > 0.50  |
| Dato n°       | 1       |

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Int. Conf. (1-α)% β2 : | -56.21513053 |
| 1 - α =                | 0.95         |

|             |              |
|-------------|--------------|
| Máximo Δi : | 1.0660       |
| elipse %    | 48.26        |
| b0(i) =     | 406.8920616  |
| b1(i) =     | 0.644457664  |
| b2(i) =     | -42.20371472 |
| Dato n°     | 5            |

El método requiere un análisis de regresión e identificación de los factores clave (aquellos a los cuales se puede atribuir un porcentaje mayoritario de la variación experimentada por la variable dependiente (densidad de pulgones)).

En el caso de poblaciones de insectos los factores que suelen tener mayor incidencia sobre las poblaciones son los denso independientes (los factores climáticos tienen este tipo de influencia), salvo que estemos en presencia de un controlador biológico efectivo. Por esta razón, y realizando una gran simplificación se procedió a confeccionar un paquete simulado de 5 juegos de datos supuestamente provenientes de observaciones previas en distintas localidades, tomando como variables independientes mm de lluvia mensuales ( $x_1$ ) y temperatura media mensual en °C ( $x_2$ ) en el mes de agosto, mientras que la variable dependiente (Y) será la cantidad de pulgones/m<sup>2</sup> en el cultivo a principios de octubre.

### **Materiales a utilizar**

El TP se llevará a cabo en el Laboratorio de Computación, con 10 PC con la Planilla Electrónica Excel 2000 instalada. Debido al elevado nro. de estudiantes (70), participarán en 3 sesiones con 2/3 alumnos por PC.

La cátedra proveerá disquetes de 3 ½ pulgada con programas en Excel 2000 para regresión múltiple de 2 variables y regresión lineal. Estos programas fueron preparados por la Cátedra de Estadística del Departamento de Matemáticas de la UNS.

### **Procedimiento**

Ingreso de 5 juegos de datos a la planilla programada para regresión múltiple (Regresión múltiple 2 variables.xls) en la hoja DATOS. Al terminar esta tarea el programa hará automáticamente los cálculos y mostrará los resultados. La fórmula de ajuste será del tipo:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

A la derecha de la pantalla encontraremos los coeficientes de ajuste, que al colocarlos en la fórmula nos dará:

$$Y = 369,91 + 0,26 \cdot x_1 - 37,80 \cdot x_2$$

Veremos ahora qué porcentaje de variación en la variable dependiente Y es capaz de explicar cada una de las variables independientes analizadas ( $x_1$  y  $x_2$ ). Esto lo indicará el *coeficiente de determinación* ( $R^2$ ) mostrado en la misma planilla. Veremos que  $x_1$  es responsable por un 83,29 % con un F significativo con una probabilidad de error de 0,03, mientras que  $x_2$  explica un 99,55 % con  $p=0,0001$ .

La acción conjunta de las 2 variables explica un 99,58 % de la variación en Y. En la hoja RESI podremos ver el ajuste de las predicciones de Y por la fórmula antes indicada. Por tanto, elegimos como predictor o *factor clave* la variable independiente  $x_2$  (temperatura media mensual) ya que perderemos muy poco al descartar  $x_1$ .

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre  $x_2$  e  $Y$ . Para ello correremos el programa en Excel REGRESION.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de  $x_2$  e  $Y$ .

Veremos un gráfico de  $x_2$  vs.  $Y$  (que muestra un buen ajuste de los datos con la recta de regresión) y un  $R^2 = 99,55\%$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora  $a = 359,89$  y  $b = -36,37$ , quedando entonces

$$Y = 359,89 - 36,37 \cdot x_2$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que al compararlos resultará similar al de la fórmula de regresión múltiple.

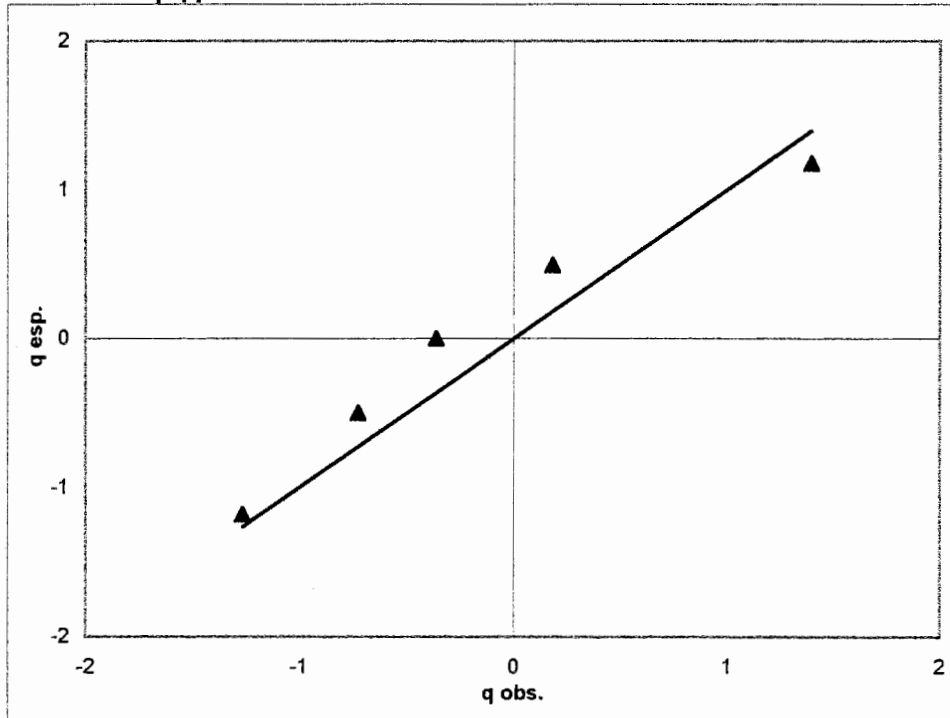
Si bien en el presente caso se trata de datos supuestos y con una gran simplificación en la toma de datos y en el proceso de cálculo y análisis de los parámetros estadísticos, la idea es que con sólo llevar un control de la temperatura media mensual a fin de invierno - principio de primavera podríamos llegar a predecir si habrá un ataque del pulgón y la densidad de insectos en el cultivo.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

| dato | Y  | X1   | X2  | $V_i$   | Ypred        | $e_i$        | $q_i$   | $q(i)$  | $\delta_i$ | dato |
|------|----|------|-----|---------|--------------|--------------|---------|---------|------------|------|
| 1    | 50 | 8.8  | 8.6 | 0.34366 | 47.11361813  | 2.886381874  | 1.3962  | 6.2076  | 0.3402     | 1    |
| 2    | 0  | 18   | 9.9 | 0.81641 | 0.396385266  | -0.396385266 | -0.3625 | -0.2652 | 0.1948     | 2    |
| 3    | 0  | 15.2 | 9.9 | 0.44887 | -0.342941921 | 0.342941921  | 0.1810  | 0.1291  | 0.0089     | 3    |
| 4    | 20 | 10   | 9.3 | 0.72482 | 20.96699915  | -0.966999148 | -0.7224 | -0.5942 | 0.4582     | 4    |
| 5    | 60 | 7.4  | 8.2 | 0.66624 | 61.86593938  | -1.865939381 | -1.2657 | -2.0065 | 1.0660     | 5    |
| 6    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 6    |
| 7    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 7    |
| 8    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 8    |
| 9    |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 9    |
| 10   |    |      |     |         |              |              |         |         |            | 10   |

q-q plot



Tema: **Pulgón ruso. Análisis de regresión lineal utilizando la var. Independiente x1 (Temp. Media mensual) vs. Pulgones/m2**

| Variable: | Y  | X   |
|-----------|----|-----|
| Nombre:   |    |     |
| 1         | 50 | 8.6 |
| 2         | 0  | 9.9 |
| 3         | 0  | 9.9 |
| 4         | 20 | 9.3 |
| 5         | 60 | 8.2 |
| 6         |    |     |
| 7         |    |     |
| 8         |    |     |
| 9         |    |     |
| 10        |    |     |
| 11        |    |     |
| 12        |    |     |
| 13        |    |     |
| 14        |    |     |
| 15        |    |     |
| 16        |    |     |
| 17        |    |     |
| 18        |    |     |
| 19        |    |     |
| 20        |    |     |
| 21        |    |     |
| 22        |    |     |
| 23        |    |     |
| 24        |    |     |
| 25        |    |     |
| 26        |    |     |
| 27        |    |     |
| 28        |    |     |
| 29        |    |     |
| 30        |    |     |
| 31        |    |     |
| 32        |    |     |
| 33        |    |     |
| 34        |    |     |
| 35        |    |     |
| 36        |    |     |
| 37        |    |     |
| 38        |    |     |
| 39        |    |     |
| 40        |    |     |
| 41        |    |     |
| 42        |    |     |
| 43        |    |     |
| 44        |    |     |
| 45        |    |     |
| 46        |    |     |
| 47        |    |     |
| 48        |    |     |
| 49        |    |     |
| 50        |    |     |
| 51        |    |     |
| 52        |    |     |
| 53        |    |     |
| 54        |    |     |
| 55        |    |     |
| 56        |    |     |
| 57        |    |     |
| 58        |    |     |

|        |      |
|--------|------|
| Ymedio | 26   |
| Syy    | 3120 |

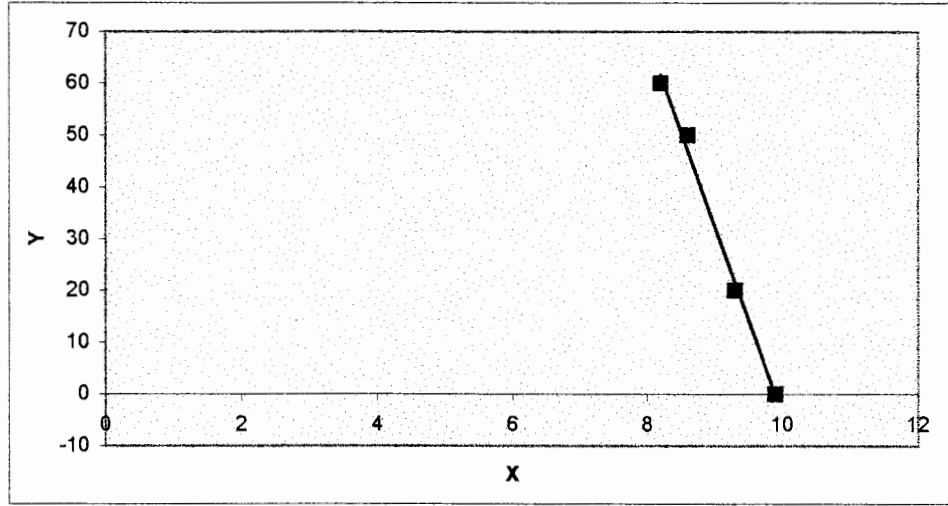
|        |       |
|--------|-------|
| Xmedio | 9.18  |
| Sxx    | 2.348 |

|     |       |
|-----|-------|
| Sxy | -85.4 |
|-----|-------|

|   |   |
|---|---|
| N | 5 |
|---|---|

|   |             |
|---|-------------|
| b | -36.3713799 |
| a | 359.8892675 |

|                |           |
|----------------|-----------|
| r              | -0.997772 |
| R <sup>2</sup> | 0.995550  |



| f.de v.   | SC          | gl | CM          | F      |
|-----------|-------------|----|-------------|--------|
| Regresión | 3106.115843 | 1  | 3106.115843 | 671.15 |
| Residual  | 13.88415673 | 3  | 4.628052243 |        |
| Total     | 3120        | 4  |             |        |



El método requiere un análisis de regresión e identificación de los factores clave (aquellos a los cuales se puede atribuir un porcentaje mayoritario de la variación experimentada por la variable dependiente (densidad de pulgones)).

En el caso de poblaciones de insectos los factores que suelen tener mayor incidencia sobre las poblaciones son los denso independientes (los factores climáticos tienen este tipo de influencia), salvo que estemos en presencia de un controlador biológico efectivo. Por esta razón, y realizando una gran simplificación se procedió a confeccionar un paquete simulado de 5 juegos de datos supuestamente provenientes de observaciones previas en distintas localidades, tomando como variables independientes mm de lluvia mensuales (x1) y temperatura media mensual en °C (x2) en el mes de agosto, mientras que la variable dependiente (Y) será la cantidad de pulgones/m<sup>2</sup> en el cultivo a principios de octubre.

**Materiales a utilizar**

El TP se llevará a cabo en el Laboratorio de Computación, con 10 PC con la Planilla Electrónica Excel 2000 instalada. Debido al elevado nro. de estudiantes (70), participarán en 3 sesiones con 2/3 alumnos por PC.

La cátedra proveerá disquetes de 3 ½ pulgada con programas en Excel 2000 para regresión múltiple de 2 variables y regresión lineal. Estos programas fueron preparados por la Cátedra de Estadística del Departamento de Matemáticas de la UNS.

**Procedimiento**

Ingreso de 5 juegos de datos a la planilla programada para regresión múltiple (Regresión múltiple 2 variables.xls) en la hoja DATOS. Al terminar esta tarea el programa hará automáticamente los cálculos y mostrará los resultados. La fórmula de ajuste será del tipo:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

A la derecha de la pantalla encontraremos los coeficientes de ajuste, que al colocarlos en la fórmula nos dará:

$$Y = 369,91 + 0,26 \cdot x_1 - 37,80 \cdot x_2$$

Veremos ahora qué porcentaje de variación en la variable dependiente Y es capaz de explicar cada una de las variables independientes analizadas (x1 y x2). Esto lo indicará el *coeficiente de determinación* (R<sup>2</sup>) mostrado en la misma planilla. Veremos que x1 es responsable por un 83,29 % con un F significativo con una probabilidad de error de 0,03, mientras que x2 explica un 99,55 % con p=0,0001.

La acción conjunta de las 2 variables explica un 99,58 % de la variación en Y. En la hoja RESI podremos ver el ajuste de las predicciones de Y por la fórmula antes indicada. Por tanto, elegimos como predictor o *factor clave* la variable independiente x2 (temperatura media mensual) ya que perderemos muy poco al descartar x1.

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre  $x_2$  e  $Y$ . Para ello correremos el programa en Excel REGRESION.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de  $x_2$  e  $Y$ .

Veremos un gráfico de  $x_2$  vs.  $Y$  (que muestra un buen ajuste de los datos con la recta de regresión) y un  $R^2 = 99,55 \%$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora  $a = 359,89$  y  $b = -36,37$ , quedando entonces

$$Y = 359,89 \cdot x_2$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que al compararlos resultará similar al de la fórmula de regresión múltiple.

Si bien en el presente caso se trata de datos supuestos y con una gran simplificación en la toma de datos y en el proceso de cálculo y análisis de los parámetros estadísticos, la idea es que con sólo llevar un control de la temperatura media mensual a fin de invierno - principio de primavera podríamos llegar a predecir si habrá un ataque del pulgón y la densidad de insectos en el cultivo.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre  $x_2$  e  $Y$ . Para ello correremos el programa en Excel REGRESION.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de  $x_2$  e  $Y$ .

Veremos un gráfico de  $x_2$  vs.  $Y$  (que muestra un buen ajuste de los datos con la recta de regresión) y un  $R^2 = 99,55\%$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora  $a = 359,89$  y  $b = -36,37$ , quedando entonces

$$Y = 359,89 - 36,37 \cdot x_2$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que al compararlos resultará similar al de la fórmula de regresión múltiple.

Si bien en el presente caso se trata de datos supuestos y con una gran simplificación en la toma de datos y en el proceso de cálculo y análisis de los parámetros estadísticos, la idea es que con sólo llevar un control de la temperatura media mensual a fin de invierno - principio de primavera podríamos llegar a predecir si habrá un ataque del pulgón y la densidad de insectos en el cultivo.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

El método consiste en realizar una regresión múltiple introduciendo como variables independientes los valores de factores climáticos o biológicos, mientras que la variable dependiente será el número de individuos o tamaño de la población del insecto cuyo ataque o daño nos interesa predecir.

Los datos podrán recogerse durante varios años en el mismo lugar, pero aportará mejor información hacerlo por varios años y en distintos lugares, para tener un mayor rango de condiciones y apreciación.

Se elegirán luego del informe de la computadora 1 o 2 de las variables independientes que presenten los mayores valores de  $R^2$  (coeficiente de determinación), con una probabilidad de error  $< 0,05$ . Con estas variables se calculará una nueva ecuación de predicción simplificada.

En clase de TP se hará un ejercicio en computadora analizando con datos simulados la incidencia de ataque de pulgón ruso sobre un cultivo de trigo.

Veremos ahora qué porcentaje de variación en la variable dependiente Y es capaz de explicar cada una de las variables independientes analizadas (  $x_1$  y  $x_2$ ). Esto lo indicará el *coeficiente de determinación* ( $R^2$ ) mostrado en la misma planilla. Veremos también a qué probabilidad de error es significativo el valor F para cada variable independiente (debe ser  $< \alpha = 0.05$ ) para considerarlo apropiado.

Podemos ver también el  $R^2$  para la acción conjunta de las 2 variables independientes.. En la hoja RESI podremos ver el ajuste de las predicciones de Y por la fórmula antes indicada. Por tanto, elegiremos como predictor o *factor clave* la variable independiente que tenga el mayor valor de  $R^2$  con un valor F significativo a una prob. de error menor o igual a 0.05).

Intentaremos ahora conseguir una fórmula de predicción simplificada analizando una regresión lineal simple entre la variable elegida e Y. Para ello correremos el programa en Excel REGRESION1.xls y entraremos en la hoja DATOS los 5 conjuntos de datos, pero ahora sólo de la variable independiente seleccionada e Y.

Veremos un gráfico de  $x_i$  vs. Y (que mostrará el ajuste de los datos con la recta de regresión) y un valor de  $R^2$ . Los coeficientes de ajuste para la fórmula simplificada serán ahora distintos, quedando entonces

$$Y = a + b \cdot x_i$$

La hoja RESI nos mostrará el ajuste de los valores predichos por la misma, que compararemos con los de la fórmula de regresión múltiple y decidiremos si podemos lograr una buena predicción en base a sólo una variable independiente o utilizaremos la fórmula derivada de la regresión múltiple.

### Referencias

- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The Ecology of Insects Populations in Theory and Practice. Methuen & Co., London.
- Informe sobre pulgón ruso provisto por la cátedra de Entomología Agrícola del Dto. de Agronomía UNS. 2004
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE DENSIDADES DE AVES MARINAS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA Y OCEANO ATLÁNTICO SUR

José Luis Orgeira

Departamento Biología, Aves, Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248,  
 CP(1010) Buenos Aires, Argentina. *E-mail*: orgeira@impsat1.com.ar

**Abstract.** – **Spatial distribution of seabird species densities of the continental platform of Argentina and South Atlantic Ocean.** – This paper presents spatial distributions of densities obtained from 29 seabird species during summer 1987 to 1996 at the continental platform and South Atlantic Ocean within a scope of 35°00'S to 56°00'S and 53°00'W to 69°00'W. Five geographical areas for large feeding seabird concentrations were identified, four of them north of 43°S and one south of 43°S. In all cases, the largest aggregations of feeding birds were recorded at coastal areas rather than marine areas. I found a spatial coincidence between the species aggregation areas and the marine and coastal fronts where the satellite images reported high productivity.

**Resumen.** – Se presentan las distribuciones espaciales de las densidades obtenidas para 29 especies de aves marinas registradas durante los veranos de 1987 a 1996 en la plataforma continental argentina y Océano Atlántico Sur. El área comprendió las latitudes 35°00'S a 56°00'S y longitudes 53°00'W a 69°00'W. Se identificaron cinco áreas geográficas donde las aves se concentraron para forrajear: cuatro de ellas al norte del paralelo 43°S y una al sur de los 43°S. En todos casos, las mayores concentraciones de aves ocurrieron en áreas costeras más que marítimas. Las zonas de concentración de especies coincidieron espacialmente con zonas de frentes marinos y costeros donde la información satelital reportó alta productividad primaria. *Aceptado el 28 de Septiembre de 2000.*

**Key words:** *Seabirds, distribution densities, continental platform, Argentina, South Atlantic Ocean.*

### INTRODUCCIÓN

La plataforma continental argentina es una región heterogénea en cuanto a la naturaleza de sus masas de agua. Un gran número de frentes costeros y marinos y la existencia de áreas costeras semi-protegidas que generan zonas frontales de alta productividad biológica atrajeron la atención de ornitólogos quienes estudiaron diversos aspectos de la avifauna de esta región. Entre los trabajos realizados, Jehl (1974) estudió la distribución de aves marinas en la plataforma continental argentina en verano, identificando al menos

tres áreas geográficas donde las especies se concentraron a forrajear. Brown *et al.* (1975) estudiaron la avifauna de la región considerando distintos parámetros oceanográficos. La mayoría de las agregaciones de aves registradas por estos autores coincidieron con las de Jehl (1974) y con las del presente estudio. Tickell & Woods (1972) estudiaron la avifauna del Océano Atlántico Sur desde el Río de la Plata hasta Antártida. En una transecta patagónica, Linkowski & Rembiszewski (1978) encontraron que el Petrel cabeza negra (*Puffinus gravis*) fue la especie más abundante, con grandes concentraciones

ORGEIRA

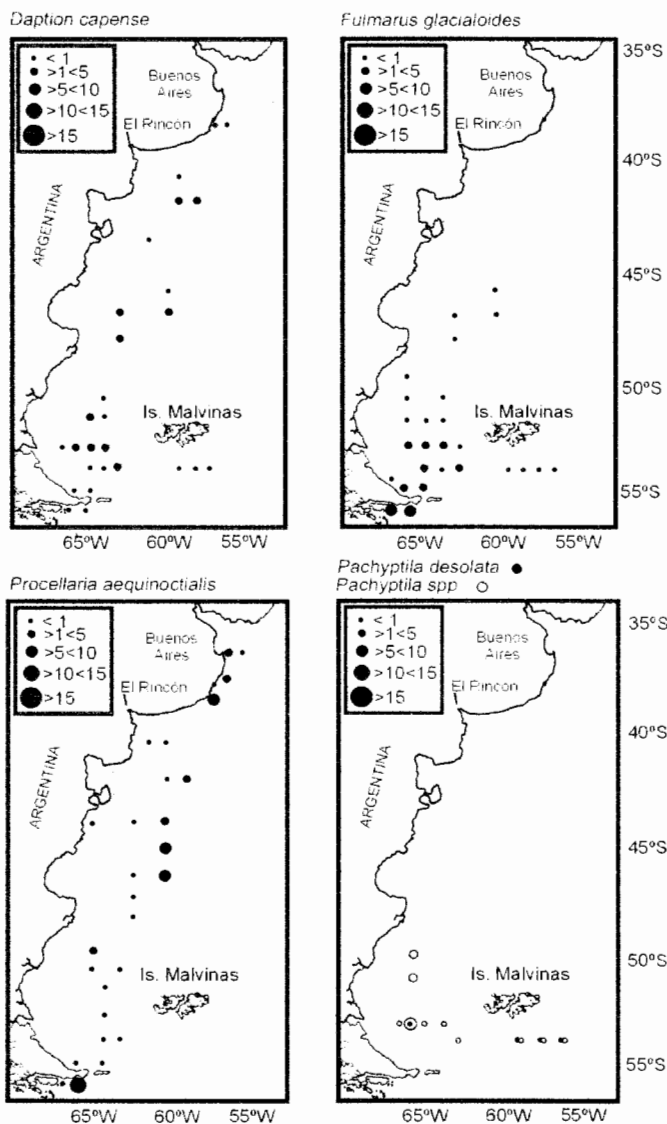


FIG. 1. Continuación.

53°00'W a 69°00'W). Los resultados fueron presentados como densidades (individuos/km<sup>2</sup>). El cálculo de densidad fue obtenido dividiendo la abundancia total obtenida por el área navegada (Ainley 1985). El área

fue calculada multiplicando la distancia navegada durante una transecta de 10' por su ancho (500 m). Toda el área de estudio fue dividida en cuadrantes de un grado de latitud por uno de longitud. Dentro de estos

(1995).

La mayoría de ellos han señalado que, a lo largo del año, concentraciones de ciertas especies de aves marinas se mantienen en las mismas latitudes, pero que su composición específica es variable estacionalmente. La mayoría de los trabajos realizados fueron hechos a más de 20 millas náuticas de esta costa, donde la influencia de las corrientes es más evidente.

En este trabajo presentamos un estudio realizado a una distancia no mayor a las 20 millas náuticas de la costa. Los tres objetivos fueron: 1) determinar la composición específica de la avifauna de la costa patagónica argentina en noviembre (primavera austral), 2) las interacciones entre las diferentes especies, y 3) las relaciones entre éstas especies y diferentes parámetros ambientales.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizaron censos de aves a bordo del rompehielos "Almirante Irizar" entre el 27 de Noviembre de 1996, cerca de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires (39°05'S, 61°47'W) y el 29 de Noviembre de 1996, al norte de Bahía Grande, provincia de Santa Cruz, Argentina (50°17'S, 66°41'W) (Fig. 1). El trabajo fue realizado desde el puente del buque (25 m sobre el nivel del mar) mientras se desplazaba a una velocidad no menor a 6 nudos (promedio 10 nudos). Los censos fueron de 10 min de duración con un intervalo de 10 min cubriendo el fotoperiodo 05:40–20:40 h. El ángulo de visión determinado para el censo fue de 180° aproximadamente hacia adelante y 500 m a ambos lados del buque, excluyendo así las aves seguidoras (aves que permanecen sobrevolando la popa del buque durante varios periodos de censo y que pueden inducir errores en los cálculos finales de densidad y diversidad). Para la observación de especies fueron utilizados binoculares 10 x 40 y para su identificación las guías de campo de

Watson (1975) y Harrison (1987). Los nombres comunes en inglés y en español son de acuerdo a Harrison (1987) y Navas *et al.* (1991) con modificaciones. Los nombres científicos según del Hoyo *et al.* (1992).

Los datos fueron registrados en planillas de censo diseñadas *ad hoc* y almacenadas bajo la forma de base de datos. En estas planillas también fueron registradas la posición geográfica (latitud y longitud), velocidad del buque (en nudos) y variables ambientales como temperatura superficial del mar, temperatura del aire, dirección e intensidad del viento (escala Beaufort), estado del mar (escala Beaufort), profundidad, presión atmosférica (Hpa), distancia a tierra (millas náuticas), visibilidad y cobertura nubosa (metros, por estimación visual). De las variables ambientales registradas, fueron consideradas para el análisis las siguientes: posición geográfica (gradiente latitudinal) y temperatura superficial del mar.

Para analizar las asociaciones entre especies, fue conformado un análisis de agrupamiento ("cluster") con el método de ligamiento completo. Para ello, fue confeccionada una matriz con las densidades normalizadas de las especies según la sugerencia de Ainley *et al.* (1994).

El Petrel Gigante del Sur (*Macronectes giganteus*) fue eliminado del análisis debido a que se trata de una especie seguidora. Luego, se calcularon los porcentajes de densidad de cada una de las otras especies; aquellas cuyo porcentaje fue menor a 1 también fueron eliminadas del análisis de agrupamiento con el fin de conformar mejor las asociaciones. La densidad fue expresada como individuos/km<sup>2</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fueron registradas 2063 individuos de 18 especies. Seis de las 18 especies reunieron el

## DISTRIBUCIÓN DE AVES MARINAS EN LA COSTA PATAGÓNICA ARGENTINA

Diego Montalti<sup>1,2</sup> & José L. Orgeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Aves, Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248, 1010-Buenos Aires, Argentina. *E-mail:* montalti@ilpla.edu.ar, orgeira@networld.com.ar.

<sup>2</sup>Cátedra Fisiología Animal, Facultad Ciencias Naturales y Museo, Paseo del Bosque, 1900-La Plata, Argentina.

*Abstract.* A census of marine birds was conducted off the Patagonian coast of Argentina from 27–29 November 1996, on board an icebreaker. On the basis of 95 observation periods of 10 minutes each, a total of 18 species and 2063 individual birds were recorded. Large concentrations of birds were observed between 42°–43°S and 47°–48°S, where six species (Magellanic Penguin *Spheniscus magellanicus*, Black-browed Albatross *Diomedea melanophris*, White-chinned Petrel *Procellaria aequinoctialis*, Manx Shearwater *Puffinus puffinus*, Great Shearwater *P. gravis*, and Prions *Pachyptila* sp.) accounted for 84% of total density. It was confirmed that bird concentrations, though variable in species composition, appear to remain relatively constant with latitude throughout the year.

*Resumen.* Se realizaron censos de aves marinas del 27 al 29 de noviembre de 1996 a bordo de un rompehielos en la costa patagónica argentina. Fueron registradas 18 especies y 2063 individuos en 95 períodos de observación de 10 min cada uno. Se encontraron grandes concentraciones de aves entre los 42°–43°S y 47°–48°S, en donde seis especies (Pingüino de Magallanes *Spheniscus magellanicus*, Albatros de Ceja Negra *Diomedea melanophris*, Petrel Egro *Procellaria aequinoctialis*, Petrel Boreal *Puffinus puffinus*, Petrel Cabeza Negra *Puffinus gravis* y priones *Pachyptila* sp.) reunieron el 84% de la densidad total obtenida. A lo largo del año, las concentraciones de aves se mantienen más o menos constantes en latitud, pero las especies cambian. *Aceptado el 14 de Febrero de 1998.*

*Palabras claves:* Distribución, censos, aves marinas, Patagonia, Argentina.

### INTRODUCCIÓN

La distribución de las aves marinas esta fuertemente influenciada por diferentes variables ambientales (Orgeira 1997), y en particular por las características fisicoquímicas de las corrientes marinas (Brown *et al.* 1975, Hunt *et al.* 1990, Orgeira 1995a). Estos estudios han permitido determinar la existencia de comunidades de aves caracterizadas por las diferentes propiedades de las masas de agua donde habitan (Veit 1995).

La costa patagónica argentina es una importante área de estudio debido a la influencia que dos grandes masas de agua ejercen en la región, la Corriente de Malvinas (fría) y la Corriente de Brasil (cálida). El encuentro de estas masas con características distintas se produce cerca del talud continental, aproximadamente en el paralelo 43°S. El efecto resultante se traduce en el aporte de nutrientes a la superficie, transformándose en un área de forrajeo para las aves marinas presentes en la región (Jehl 1974, Veit & Braun 1984).

## Bibliografía utilizada en clases teóricas y de Trabajos Prácticos de Ecología

- ALTIERI, Miguel A. 1995. Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture. Second Edition. Westview Press, Inc., Boulder, Colorado, U.S.A. 433 p.
- BEGON, M. and M. MORTIMER. 1983. Population Ecology. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 200 p.
- BEGON, M.; J.L. HARPER and C.R. TOWNSEND. 1986. Ecology. Individuals, Populations and Communities. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. 876 p.
- BERNER, R.A. y A.C. LASAGA. 1989. Modeling the Geochemical Carbon Cycle. Scientific American, Marzo 1989.
- BIOCHEMICAL COEVOLUTION. 1970. Kenton L. Chambers De. Oregon State University Press.
- BIOCHEMICAL INTERACTIONS AMONG PLANTS. 1971. National Academy of Sciences. Washington D.C.
- BORMANN, F.H. y G.E. LIKENS. 1970. The nutrient Cycles of an Ecosystem. Scientific American, Octubre 1970.
- BOUGHEY, A.S. 1978. Ecología de las Poblaciones. Editorial Paidós. Buenos Aires
- BRAUN BLANQUET, J. 1979. Fitosociología. H. Blume Ediciones. Madrid. 820 p.
- BREWER, Richard. 1994. The Science of Ecology. Second Edition. Saunders College Publishing. 773 p.
- CAIN, S.A. y OLIVERA CASTRO, G.M. de. 1959. Manual of Vegetation Analysis. Harper & Brothers, Nueva York
- CLARK, L.R.; P.W. GEIER; R.K. HUGHES y R.F. MORRIS. 1970. The ecology of Insect Populations in Theory and Practice. Methuen & Co.. London.
- COPPEL, H.C. y MERTINS, J.W. 1977. Biological Insect pest suppression. Springer-Verlag.
- COLINVAUX, Paul A. 1973. Introduction to Ecology. John Wiley & Sons, Inc. 621 p.
- DAJOZ, R. 1979. Tratado de Ecología. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 610 p.
- DAUBENMIRE, R.F. 1974. Plants and Environment. A Textbook of Plant Autecology. Third Edition. John Wiley & Sons, Nueva York. 422 p.
- DEBACH, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Mundi-Prensa, España.
- ECOSYSTEM STRUCTURE AND FUNCTION. 1972. John A. Wiens Editor. Oregon State University Press
- ETHERINGTON, J.R. 1975. Environmental and plant Ecology. John Wiley & Sons, London.
- FITTER, A.H. and R.K.M. HAY. 1983. Environmental Physiology of Plants. Academic Press. London.
- HORN, H. 1975. Forest Succession. Scientific American 232:5.
- JORDAN, C.F. 1982. The nutrient balance of an Amazonian rain forest. Ecology 63:3.
- KREBS, C.J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. 2da. Edición. Traducción de J. Blanco Correa. Harla, México.
- KROHNE, D.T. 2001. General Ecology. Brooks/Cole, Thomson Learning, Pacific Grove, California, USA. 512 p.
- MARGALEF, Ramón. 1980. Ecología. Ed. Omega, Barcelona.
- MATTEUCCI, S.D. y COLMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía nro. 22. Serie de Biología. Secr. Gral. O.E.A., Washington, D.C.
- McNAUGHTON, S.J. y L.L. WOLF. 1984. Ecología General. Ed. Omega, Barcelona, 713 p.
- MONTANI, T. ; DISTEL, R.A. y BUSSO, C.A. 1986 y actualiz. Métodos de Estudio de la Vegetación. Guía de Trabajos Teórico-Prácticos de Ecología I. Universidad Nacional del Sur. 60 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D. y ELLENBERG, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons.
- ODUM, E.P. 1972. Ecología. 3ra. ed. Nueva Editorial Interamericana, México. 639 p.

- PHILLIPSON, J. 1975. Ecología Energética. Cuadernos de Biología. Ed. Omega, Barcelona.
- PIANKA, E.R. 1982. Ecología Evolutiva. Ed. Omega, Barcelona.
- RABINOVICH, J.E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Monografía nro. 21, Serie de Biología. O.E.A., Washington D.C.
- SILVERTOWN, J.W. 1982. Introduction to Plant Population Ecology. Longman. 209 p.
- SMEINS, F. E. y SLACK, R. D. 1982. Fundamentals of Ecology. Laboratory Manual. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. 140 p.
- SUTTON, D.B. & HARMON, P.N. 1973. Ecology: Selected concepts. John Wiley & Sons.
- THIENEMANN, A.F. 1984. Vida y Mundo Circundante. EUDEBA. 5ta. edición. 256 p.
- VARLEY, C.G.; G.R. GRADWELL and M.P. HASSELL. 1973. Insect Population Ecology. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- WALLACE, B. y A.M. SRB. 1961. Adaptación.
- WHITTAKER, Robert H. 1975. Communities and Ecosystems. Second Edition. MacMillan Publishing CO., INC. Company. New York. 385 p.