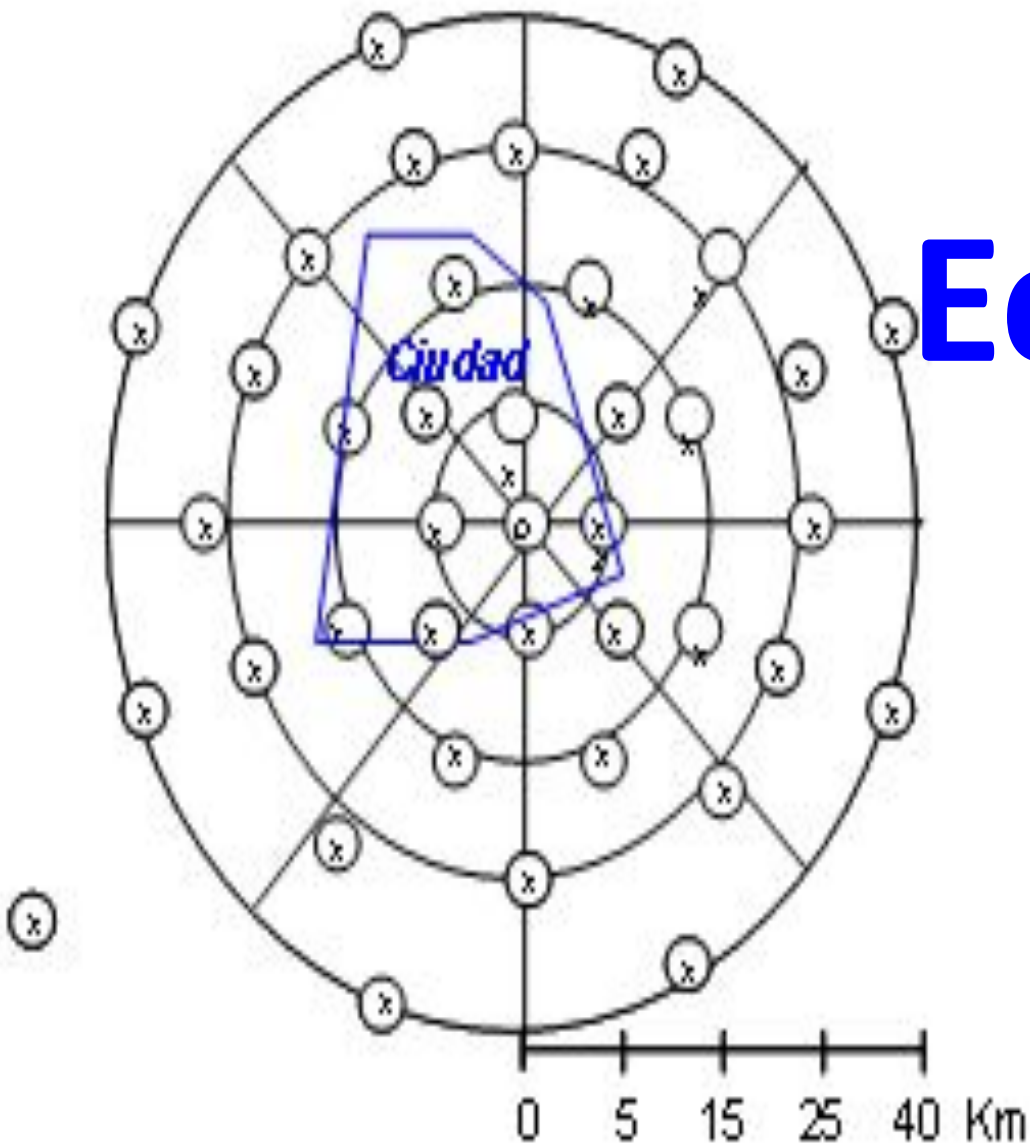


N



Ecología I

Tutoría N° 2 Fecha: 20 DE AGOSTO DE 2016

Tema 1: Introducción

- **Introducción a la estadística en ecología.
Diseños experimentales. Muestreos.**

1. INTRODUCCIÓN - BIOESTADISTICA

La estadística es una disciplina que se encarga de coleccionar, organizar, resumir, analizar e interpretar datos con el propósito de obtener inferencias objetivas y reales a partir de un conjunto de datos. Es aplicada en la biología y la ecología donde cambia los datos descriptivos a cuantitativos para formular hipótesis y someterlas a pruebas estadísticas.

La estadística si se usa de un modo adecuado, es muy útil y potente como herramienta para determinar los grados de certeza y confianza que toman las hipótesis y conclusiones. Es importante decir que la estadística es una ayuda para la ciencia pero no es una verdad absoluta (Sarmiento, 2000; Sanjuan, 2006).

Tipos de datos

Esto determina las operaciones y pruebas estadísticas que se pueden aplicar, según Ramírez (2007):

- **Cualitativos:** expresan atributos o cualidades no medibles, pueden ser:
 - o **Nominales:** la variable es clasificada por una cualidad propia (atributo) sin una secuencia lógica. (P.ej. sexo, especie, estaciones del año, etc.).
 - o **Ordinales:** la variable que tiene un orden intrínseco (secuencia lógica). (P.ej. escaso a abundante, pequeño a grande, corto a largo, claro a oscuro, etc.).
- **Cuantitativos:** son datos numéricos que se pueden medir, pueden también ser datos de intervalos. (P.ej. peso (kg), longitud, volumen, velocidades, número de individuos, pH, etc.).

Tipos de variables

Variables según Sanjuan (2006) y Ramírez (2007):

- ✓ **Continuas:** hay cualquier valor concebible entre cada par de datos. (P.ej.: Longitud de un pez, temperatura, pH, etc.).
- ✓ **Discreta:** No se presentan valores intermedios entre cada par de datos. (P.ej.: Número de individuos, cantidad de escamas, etc.).
- ✓ **Variable dependiente:** es aquella cuyos valores dependen de los que asuma otra variable o factor (variable independiente). (P. ej. Longitud de un renacuajo, número de gusanos encontrados, densidad de *Sphyraena guachancho* dependiente de la densidad de *Opisthonema olginum*), etc.).
- ✓ **Factor (variable independiente):** es aquella que, dentro de la relación establecida no depende de ninguna otra. Son las condiciones manipuladas por el investigador a fin de producir ciertos efectos. (P.ej.: el tiempo, pH, O₂, salinidad, profundidad, sitio de muestreo, etc.).

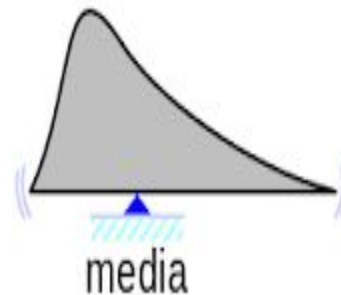
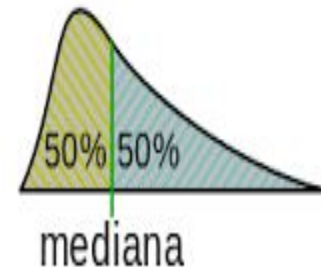
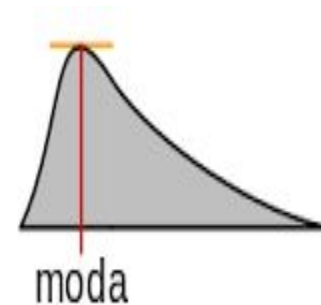
Tipos de pruebas estadísticas univariadas

- ✓ **Pruebas paramétricas:** tratan exclusivamente con datos numéricos y se basan en la distribución normal.
- ✓ **Pruebas no paramétricas:** tratan con datos cualitativos o con numéricos convertidos a ordinales. Son menos exigentes con el tamaño de la muestra, pero son menos potentes. Son usadas cuando los datos no cumplen el tamaño de la muestra, igualdad de varianzas, tipo de distribución, etc.

2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Medidas de tendencia central: estadísticos o parámetros que se sitúan hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud (Ramírez, 2007), algunas de estas medidas son:

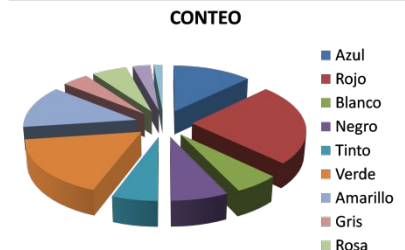
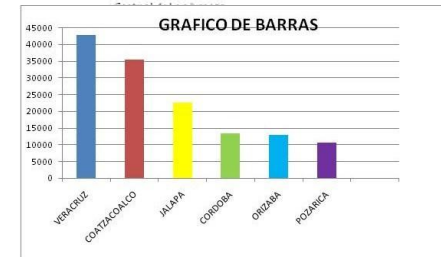
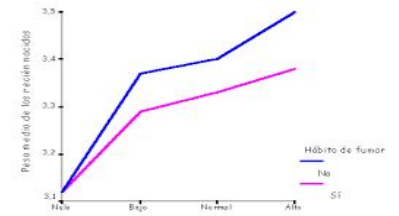
- **La moda:** valor más frecuente de la distribución de frecuencias o donde la gráfica de esta muestra el pico más alto. Si no se repite ningún valor, no hay moda (Ramírez, 2007).
- **Mediana:** punto que divide a la muestra en dos partes iguales (valor de la variable) en una serie ordenada, es también única y no es afectada por los valores extremos (Sokal y Rohlf, 1980). Teniendo los valores ordenados de mayor a menor o viceversa, el valor medio (en caso de una cantidad impar de muestras n) y el promedio de los dos valores medios (en el caso de una cantidad par de muestras n) es la mediana (Ramírez, 2007).
- **Promedio (media aritmética):** es una medida única, que es muy buena para un análisis descriptivo, pero esta se ve afectada por los valores extremos (Sokal y Rohlf, 1980; Ramírez, 2007)).



Gráficas

Las figuras en la estadística descriptiva son un apoyo para interpretar resultados cuantitativos, los tipos de gráficas están relacionados directamente con los tipos de datos, por lo cual no se pueden usar a la ligera.

- ✓ **Líneas:** Se utiliza para datos cuantitativos y de variables continuas.
- ✓ **Barras:** Para datos cuantitativos y de variables discretas.
- ✓ **Pasteles:** Para datos cuantitativos y mostrando porcentajes de variables discretas.



2.1. Medidas de dispersión y variabilidad

Son estimadores de la dispersión de una variable aleatoria de su media. Un valor grande indica que los puntos están lejos de la media, y un valor pequeño indica que los datos están agrupados cerca de la media.

- **Desviación estándar:** es el promedio o variación esperada con respecto a la media en una población. Cuando las poblaciones difieren apreciablemente en sus medias, la comparación de las desviaciones típicas serían bastantes arriesgadas (P. ej. la desviación de las longitudes de la cola de elefantes es obviamente mucho mayor que la longitud de la cola de un solo ratón).
- **Varianza:** Representa la media de las desviaciones. Puesto que están relacionadas con la desviación estándar, cuando las medias de las poblaciones difieren de forma apreciable, no es recomendable usar esta medida de dispersión.
- **Coefficiente de variación:** expresa una variabilidad relativa que compara el grado de variación en poblaciones que tienen diferentes medias, es la desviación estándar expresada como un porcentaje de la media (Sokal y Rohlf, 1980).

3. MÉTODOS UNIVARIADOS

3.1. Distribución normal

Es una distribución de probabilidades que es muy usada en estadística principalmente porque es simétrica y con forma de campana, lo que favorece su aplicación como modelo a gran número de variables (Zar, 1999).

La importancia de la distribución normal, se debe a que muchas de las variables ligadas a la biología siguen el modelo de la normal, como lo son: los caracteres morfológicos de individuos, caracteres fisiológicos, caracteres de comportamiento, entre otros (Zar, 1999) .

3.1.1. Planteamiento de hipótesis

El objetivo principal del análisis bioestadístico es deducir inferencias acerca de la población o ensayo, donde se empieza con establecer una afirmación sobre una “no diferencia” en la hipótesis nula ($H_0: \mu = 0$) y luego se establece la hipótesis alterna, la cual se asume como cierta si se rechaza la hipótesis nula ($H_a: \mu \neq 0$) (Zar, 1999).

- Según Zar (1999) el criterio para aceptar o rechazar una H_0 es una **probabilidad del 5% denominada nivel de significancia (α)**. El valor del test estadístico correspondiente a α se denomina valor crítico. El α indica cual es la probabilidad de cometer un error tipo I (rechazamos H_0 , siendo verdadera) o la probabilidad de cometer un error tipo II (aceptamos H_0 , siendo falsa) es representada por β .
- La naturaleza de la hipótesis alterna determina si la prueba es de una o dos colas, que nos dice la región de rechazo que se concentra a un lado de la curva (Figura 1) o si esta región se divide en los dos lados.

3.1.2. Tipos de pruebas estadísticas

Pruebas paramétricas según Zar (1999):

- Solo para datos cuantitativos.
- El tamaño de la muestra (n) igual o mayor a 10 ($n \geq 10$).
- Se debe ajustar a la distribución normal.
- Tiene que haber homogeneidad de varianzas de las muestras.
- El muestreo debe ser aleatorio.
- Ejemplos: t-Student, t pareada y Análisis de varianza ANOVA.

3.1.2. Tipos de pruebas estadísticas

Pruebas no paramétricas según Zar (1999):

- Para datos cuantitativos y cualitativos ordinales.
- Tamaño de la muestra (n) igual o mayor a 5 ($n \geq 5$).
- Los datos se pueden ajustar a cualquier distribución (normal, binomial, Poisson, etc.).
- Con o sin homogeneidad de varianzas.
- Muestreo debe ser aleatorio.
- Ejemplos: Mann-Whitney, test de Wilcoxon y de Kruskal-Wallis.

3.1.3. Propiedades de la distribución normal

- Varias distribuciones de diversos datos biológicos tienden a tomar **forma de campana típica de normalidad**. Los datos tienen una preponderancia a ubicarse alrededor de la media, disminuyendo progresivamente hacia los extremos de los rangos de valores. Es importante notar que no todas las distribuciones en forma de campana se dice que son normales. La altura (Y_i) es la variable dependiente y la independiente es X_i .
- Con la distribución normal se pueden hacer predicciones y tests de hipótesis basados en la suposición de la normalidad y así se puede confirmar o rechazar hipótesis fundamentales (Zar, 1999; Sanjuan, 2006).
- Sin embargo, la distribución se puede separar y generar desviaciones como lo son la **asimetría** (una cola está más estirada de la otra llamada también sesgo) y la **kurtosis** (aplastamiento o estrechamiento de la curva) (Zar, 1999; Sanjuan, 2006).

5. MÉTODOS MULTIVARIADOS

Los métodos estadísticos multivariados son herramientas para hacer inferencias de datos cuantitativos o algunas veces cualitativos de comunidades biológicas, utilizando instrumentos como los índices de diversidad (dominio, uniformidad, riqueza, etc.), análisis de clasificación (clusters, MDS, etc).

Estos índices surgieron por la necesidad para descifrar el funcionamiento de las comunidades y ecosistemas en expresiones matemáticas que reflejaran una relación entre número de especies y la proporción de sus individuos (Clarke y Gorley, 2001; Ramírez, 2005).

5.1.2. Análisis de matriz de diversidad

Por lo general, cuando se habla de un ecosistema diverso se deben tener en cuenta la composición de especies con una alta riqueza, alta abundancia, un bajo predominio, una alta uniformidad.

En primera instancia, se explica a continuación los valores entre los cuales fluctúa cada índice y su interpretación individual: Suelen fluctuar variando algunas o todas.

5.1.2. Análisis de matriz de diversidad

- **La Riqueza (S)** determina la cantidad de especies dentro de la muestra y la Abundancia relativa (N) muestra el valor de la cantidad de organismos de una especie determinada.
- **La Riqueza de Margalef (d)** es un índice que se utiliza para relacionar las dos anteriores en un solo valor, oscilando entre 0 e infinito, donde 0 es una baja riqueza (Ramírez, 2005).

5.1.2. Análisis de matriz de diversidad

- **El índice de Shannon (H')** asume comunidades infinitamente grandes que no se pueden estudiar en su totalidad por infraestructura, costos, tiempo, personal, por tal razón su valor debe estimarse a partir de una muestra; así el índice va desde 0 hasta infinito, éste valor hace una inferencia primaria sobre la diversidad de la muestra, la cual se apoya en gran forma con el de Pielou (J') el cual determina un resultado semejante, pero que es comparado con la diversidad máxima y así arroja un valor entre 0 y 1 (o porcentaje) que es comparable y más potente que el índice de Shannon solo, en Pielou 1 es la máxima diversidad y 0 la mínima.

5.1.2. Análisis de matriz de diversidad

- **El intervalo del índice de Simpson (Lambda)** es conocido como una medida de concentración y se refiere a la probabilidad de extraer dos individuos de una misma especie en una muestra, también sirve como una medida de diversidad, pero como es muy marcado como dependiente de las especies más abundantes tiene más fuerza como un índice de dominancia (Ramírez, 2005); va de 0 a 1, donde 0 es bajo predominio, lo que sugiere una uniformidad alta entre las abundancias de las especies en la muestra, y cuando se alcanza o está cerca de 1, determina un predominio alto por una o varias especies dentro del total.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD

✘ Índices más utilizados:

1. Índice de Shannon-Wiener

$$D = - \sum (N_i/N) \log_e (N_i/N)$$

2. Índice de Simpson

$$D = \frac{1 - \sum (N_i(N_i - 1))}{N(N - 1)}$$

3. Índice de Margalef

$$D = \frac{S - 1}{\log_e N}$$

D: valor de la diversidad
N: nº individuos de la muestra
N_i: nº individuos de la especie
S: nº de especies

5.2. Análisis de clasificación

5.2.1. Cluster

- Es una representación gráfica de dos dimensiones a través de dendogramas, expresando el grado de semejanza entre dos o más conjuntos multivariados. Se aplican en matrices tipo Q (especies en las filas y estaciones en las columnas, donde estas últimas son las entidades a comparar y las especies los atributos) o tipo R (especies en las columnas y estaciones en las filas, donde se realizan asociaciones entre especies que son las entidades y las estaciones los atributos), entre las interacciones entre filas y columnas se encuentran **los coeficientes de afinidad**; al tener el dendograma listo, luego se procede a **establecer el Índice de Afinidad** para aceptar una estación dentro de un grupo establecido en la gráfica, la literatura no da respuesta a esto, por lo cual no hay un valor establecido para tal situación. No obstante, dado que una afinidad da 0,5 indica más semejanza que diferencia entre los grupos que se comparan (Figura 20), este valor constituye un umbral a tener en cuenta como punto de partida, aunque es algo flexible alrededor de este, por ejemplo podría fijarse en 0,6 o 0,7 (Ramírez, 2005).

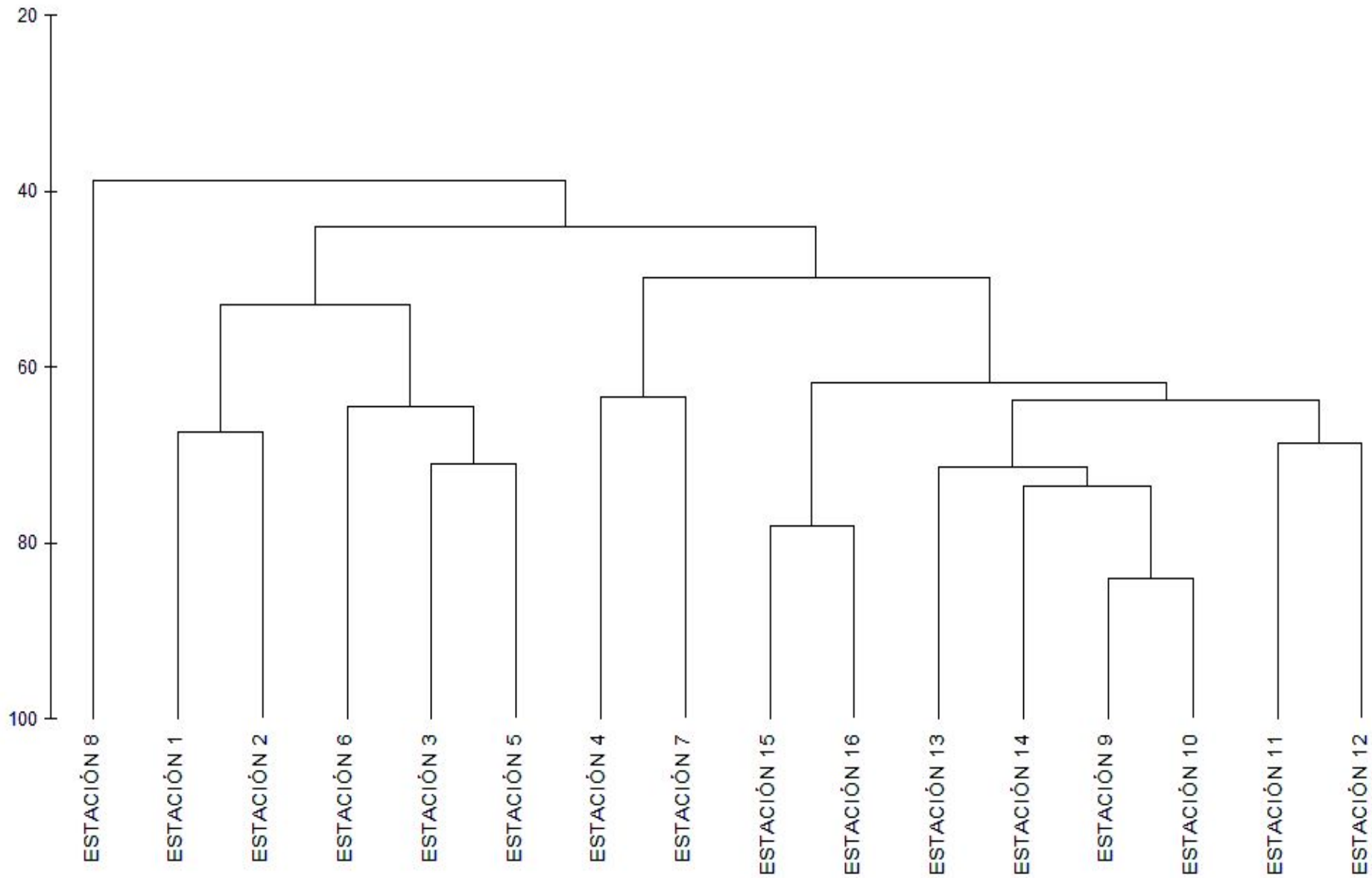


Figura. Dendrograma sin Índice de Afinidad.

5.2.2. MDS (conjuntos multivariados es el MDS)

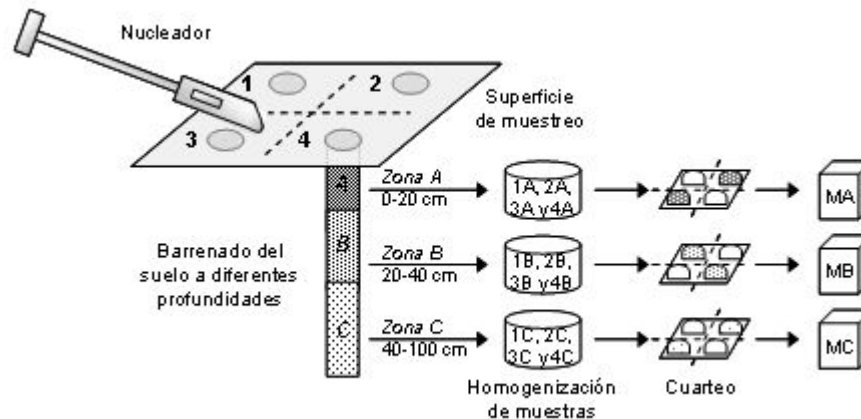
Adicionalmente, otra representación gráfica de dos dimensiones que expresa cualitativamente el grado de semejanza entre dos o más conjuntos multivariados es el MDS, el cual muestra cercanías entre entidades a comparar, en matrices tipo Q estaciones y en las de tipo R afinidad de especies. Para que este diagrama sea representativo el valor de stress debe ser menor a 0,01, en caso contrario no es muy confiable.

Stress: 0,14



DISEÑOS EXPERIMENTALES

La experimentación proporciona los datos experimentales, en contraste con los datos de la observación; los datos de la observación se representan como su nombre indica por observaciones de las unidades elementales de una población o de una muestra, y no deben ser cambiados ni modificados por ningún intento de parte de un investigador en el curso de la observación.



Pasos al planear un experimento:

Concepto de Método Científico:

- “Una secuencia estándar de pasos para formular y contestar una pregunta de investigación”

(Salkind, N., 1.999)



Pasos al planear un experimento:

Concepto de Método Científico:

[Roger Bacon](#), definió el método científico de la siguiente manera:

[observación](#)

[inducción](#)

[hipótesis](#)

probar la hipótesis por [experimentación](#)

demostración o [refutación de la hipótesis](#)

[conclusiones](#)

Por **método científico** se entiende el mecanismo que utilizan los científicos a la hora de proceder con la finalidad de exponer y confirmar sus teorías. Teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, deben apoyarse en experimentos que certifiquen su validez. El pilar básico del método científico es la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado [experimento](#).

De Wikipedia, la enciclopedia libre. http://es.wikipedia.org/wiki/M%27todo_cient%27fico

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

- Este término se utiliza para planear un experimento de manera que se pueda obtener la información pertinente a un determinado problema que se investiga y así tomar decisiones correctas.
- El diseño adecuado del experimento es una etapa fundamental de la experimentación, que permite el suministro correcto de datos a posteriori, los que a su vez conducirán a un análisis objetivo y con deducciones válidas del problema.

PROPOSITO DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL

- El propósito de un diseño experimental es proporcionar métodos que permitan obtener la mayor cantidad de información válida acerca de una investigación, teniendo en cuenta el factor costo y el uso adecuado del material disponible mediante métodos que permitan disminuir el error experimental.

TRATAMIENTO

Los tratamientos vienen a constituir los diferentes procedimientos, procesos, factores o materiales y cuyos efectos van a ser medidos y comparados.

El tratamiento establece un conjunto de condiciones experimentales que deben imponerse a una unidad experimental dentro de los confines del diseño seleccionado. Ejemplos:

- Dosis de fertilizante, ración alimenticia, profundidad de sembrado, distanciamiento entre plantas, variedades de un cultivo.

TESTIGO

- El testigo es el tratamiento de comparación adicional, que no debe faltar en un experimento; por ejemplo, si se usan cinco tratamientos con fertilizante, el testigo puede ser aquel tratamiento que no incluye fertilizante. La elección del tratamiento testigo es de gran importancia en cualquier investigación, este se constituye **como referencial del experimento** y sirve para la comparación de los tratamientos en prueba.

UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental, es el objeto o espacio al cual se aplica el tratamiento y donde se mide y analiza la variable que se investiga. En los experimentos pecuarios la unidad experimental por lo general esta conformada por un animal (cuye, cerdo, pato, etc.), en los experimentos forestales la unidad experimental en la mayoría de los casos esta conformado por un árbol y en la mayor parte de las pruebas de campo agrícolas, la unidad experimental es una parcela de tierra en lugar de una planta individual; es en este último caso que con frecuencia se presenta lo que se llama *efecto de borde*.

ANALISIS DE LA VARIANCIA

Es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiéndolo en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño experimental.

PRINCIPIOS BASICOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

- Los principios básicos del diseño experimental son: repetición, aleatorización, y control local.
- **Repetición:** Viene a ser la reproducción o réplica del experimento básico (asignación de un tratamiento a una unidad experimental). Las principales razones por las cuales es deseable la repetición son: Primero por que proporciona una estimación del error experimental, siendo tal estimación confiable a medida que aumenta el número de repeticiones, y segundo permite estimaciones más precisas del tratamiento en estudio.
- **Aleatorización:** Consiste en la asignación al azar de los tratamientos en estudio a las unidades experimentales con el propósito de asegurar que un determinado tratamiento no presente sesgo. Por otro lado la aleatorización hace válidos los procesos de inferencia y las pruebas estadísticas.
- **Control Local (Control del error Experimental):** Consiste en tomar medidas dentro del diseño experimental para hacerlo más eficiente, de tal manera que pueda permitir la reducción del error experimental y así hacerla más sensible a cualquier prueba de significación.

MUESTREOS

Tipos de Estudios

En ecología se pueden hacer estudios de diferentes formas. Los estudios pueden ser de tipo descriptivo, comparativo, observacional y experimental.

Los **estudios descriptivos** son generalmente exploratorios y no tienen una hipótesis *a priori*. *El objetivo de estos estudios es obtener* información acerca de un fenómeno o sistema del cual previamente se tenía ninguna o muy poca información.

Los **estudios comparativos** se deben realizar en sistemas de los que se tiene cierta información y cuando se tiene una o varias hipótesis de antemano. El objetivo de este tipo de estudio es obtener la información necesaria para someter a prueba las hipótesis.

Los **estudios observacionales** se basan en información obtenida del sistema en su estado original; generalmente no se hace ninguna manipulación del sistema.

Los **estudios experimentales** consisten en manipular o modificar, de manera particular, un determinado sistema o ambiente (tratamiento experimental). La información que interesa es, precisamente, la respuesta del sistema al tratamiento.

Diseño de Muestreo

- En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial de un experimento, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse.
- Los muestreos con diseños sólo se utilizan en investigaciones experimentales, y no en estudios descriptivos, donde el objetivo final es probar una hipótesis. Un experimento no se puede salvar si el muestreo no tiene un buen diseño; esto quiere decir que los diseños de muestreo deben ser anteriores y no posteriores.

Muestreo aleatorio simple

Es el esquema de muestreo más sencillo de todos y de aplicación más general (Figura 1A). Este tipo de muestreo se emplea en aquellos casos en que se dispone de poca información previa acerca de las características de la población a medirse. Por ejemplo, si se quiere conocer la abundancia promedio de *Anadenanthera macrocarpa* en el Jardín Botánico de Santa Cruz, una información simple sería un croquis con la superficie del Jardín Botánico. Previa a la entrada al bosque, se debe cuadrangular el croquis o mapa y, del total de estos cuadros, se debe seleccionar, aleatoriamente, un determinado número de cuadros que serán muestreados.

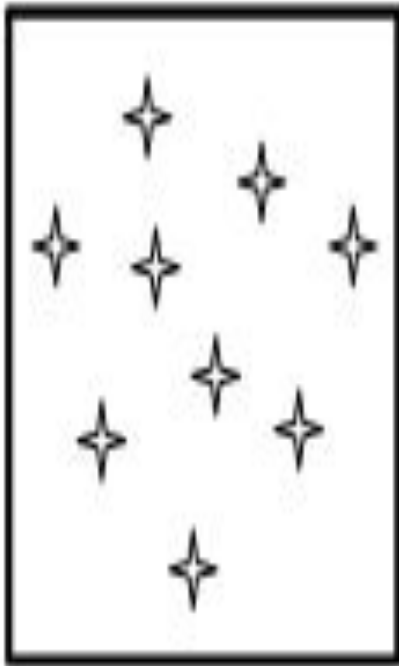
Muestreo aleatorio estratificado

- En este tipo de muestreo la población en estudio se separa en subgrupos o estratos que tienen cierta homogeneidad (Figura 1C). Después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de la información que permite subdividir a la población. Continuando con los mismos ejemplos de muestreo aleatorio simple, en el primer caso, el jardín botánico en Santa Cruz puede llegar a tener hasta 3 tipos de bosque: bosque semidecidual pluvial, bosque chaqueño; y zona de transición entre estos tipos de bosque.

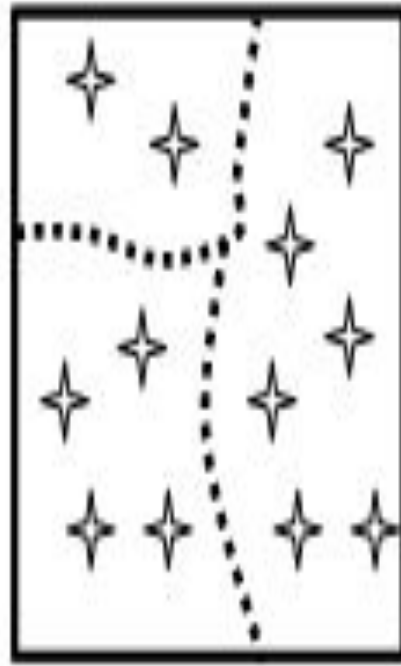
Muestreo sistemático

- Consiste en ubicar las muestras o unidades muestrales en un patrón regular en toda la zona de estudio (Figura 1B). Este tipo de muestreo permite detectar variaciones espaciales en la comunidad. Sin embargo, no se puede tener una estimación exacta de la precisión de la media de la variable considerada. El muestreo sistemático puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, del cual se establece una cierta medida para medir los subsiguientes puntos. Este tipo de muestreo, a diferencia del muestreo aleatorio, se puede planificar en el mismo lugar donde se realizará el estudio y la aplicación del diseño es más rápida.

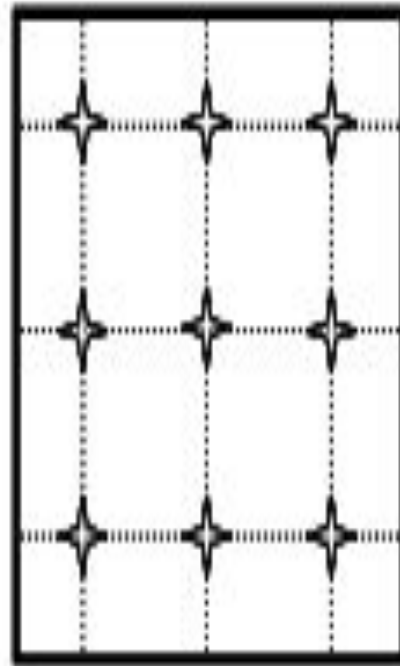
TIPOS DE MUESTREO



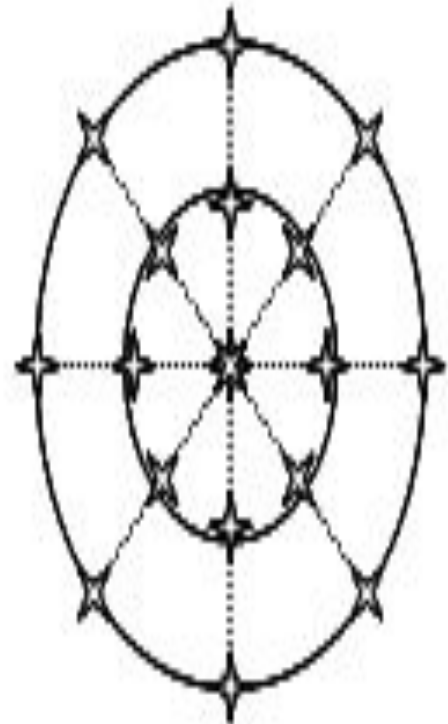
a



b



c



d

Tipos de Muestreo de Vegetación

- Transectos

El método de los transectos es ampliamente utilizado por la rapidez con se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación. Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El tamaño de los transectos puede ser variable y depende del grupo de plantas a medirse.

- Transectos variables

Este método es una variante de los transectos y fue propuesto por Foster et al. (1995), para realizar evaluaciones rápidas de la vegetación. Este método tiene como base muestrear un número estándar de individuos en vez de una superficie estándar y no requiere tomar medidas precisas de los datos. El método consiste en muestrear un número determinado de individuos a lo largo de un transecto con un ancho determinado y el largo definido por el número estándar de individuos a muestrearse.

- Cuadrantes

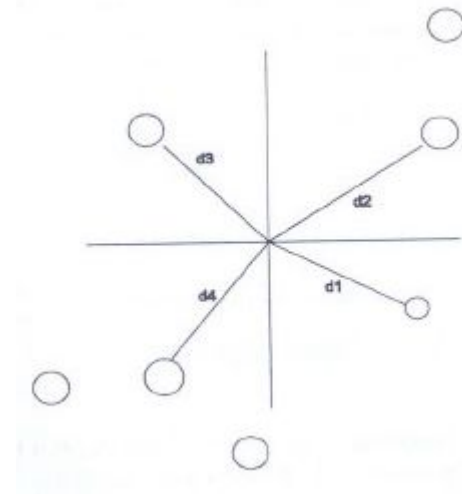
El método de los cuadrantes es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas.



Tipos de Muestreo de Vegetación

- Punto centro cuadrado

El punto-centro-cuadrado es uno de los métodos usados, principalmente, para el muestreo de árboles. Las ventajas de este método son la rapidez de muestreo, el poco equipo y mano de obra que requiere y, además, la flexibilidad de medición, puesto que no es necesario acondicionar el tamaño de la unidad muestral a las condiciones particulares de la vegetación (Matteuci y Colma, 1982). Este método está basado en la medida de cuatro puntos a partir de un centro.



Tipos de Muestreo de Vegetación

- Líneas de intercepción

La línea de intercepción se basa en el principio de la reducción de una transecta a una línea. Este método se aplica para estudiar la vegetación densa dominada por arbustos y para caracterizar la vegetación graminoide (Canfield, 1941; Cuello, et al., 1991). El método de líneas de intercepción produce datos para cálculos de cobertura y frecuencia de especies; es rápido, objetivo y relativamente preciso (Smith, 1980).

- Puntos de intercepción

El punto de intercepción es un método utilizado para determinar la estructura y composición de una formación vegetal y está basado en la posibilidad de registrar las plantas presentes o ausentes sobre un punto del suelo (Mateucci & Colma, 1982). Este método también es apto para muestrear vegetación graminoide y arbustiva.



¡GRACIAS!

