

ProBiota, FCNyM, UNLP

Serie Técnica
Didáctica Nro 12
ISSN 1515-9329

Guía para el estudio de macroinvertebrados
II. Introducción a la Metodología
de Muestreo y Análisis de Datos



La Plata, Buenos Aires, Argentina -2010

Maroñas M.E., G. Marzorratti,
A. Vilches,
T. Legarralde y G. Garrigran

Guía para el estudio de macroinvertebrados.

II.- Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos

Maroñas⁺, M. ; G. Marzoratti⁺⁺; A. Vilches^{*, **}; T. Legarralde^{*} y G. Darrigran^{*, **}

⁺ Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” (CONICET La Plata – UNLP), División Zoología Invertebrados; Museo de La Plata; Facultad Ciencias Naturales y Museo. UNLP.

⁺⁺ Liceo Víctor Mercante (UNLP).

^{*} Departamento Ciencias Exactas y Naturales; Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. UNLP.

^{**} GIMIP(Grupo de Investigación de Moluscos Invasores/Plagas) División Zoología Invertebrados; Museo de La Plata; Facultad Ciencias Naturales y Museo. UNLP.

Correspondencia con el autor: Dr. Gustavo Darrigran:

[gdarrigran@fahce.unlp.edu.,ar](mailto:gdarrigran@fahce.unlp.edu.ar)

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Variables biológicas

Exactitud y precisión de los datos

Datos, Población y Muestra

Muestra representativa. Determinación del tamaño de la muestra

Tipos de muestreo

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Estadísticos más usados

Parámetros de la población

Parámetros de la comunidad biológica

ANEXO I

ANEXO II

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

Los estudios ecológicos pueden ir desde propósitos tales como conocer las variaciones de la densidad de una población de un lugar y tiempo determinado, a resolver problemas como cuál es la abundancia y composición de una comunidad en un gradiente natural o cuando en el ambiente existen problemas de contaminación. Es evidente que la gama de objetivos y grados de dificultad de los problemas a resolver es muy amplia y de diversa índole. Por lo tanto se necesitan metodologías de campo y laboratorio específicas de acuerdo con los objetivos que se persigue, así como equipos y materiales de muestreo definidos. Estos últimos pueden ir desde muy sencillos y económicos, como un lápiz y un papel, a los de mayor complejidad y costos como, por ejemplo, equipos de laboratorio para el control de variables ambientales.

Una buena parte del conocimiento ecológico se fundamenta tanto en los conocimientos teóricos adquiridos, como en las observaciones de campo que provocan en los investigadores preguntas acerca del funcionamiento de la naturaleza. Muchas veces sólo es posible responderlas realizando un estudio en el campo. En este tipo de estudios el investigador, a diferencia de lo que ocurre en un laboratorio, no tiene o es muy poca la capacidad de controlar las variables del sistema que está analizando (el muestreo). Sobre la base de los objetivos propuestos, el muestreo tiene que estar **cuidadosamente planeado** (diseño de protocolo de muestreo) para que se pueda realizar una **comprobación estadística** de los resultados. Las herramientas de análisis como son los cálculos numéricos y los análisis estadísticos están ligados al estudio en sí, ya que son los que nos permiten demostrar que los resultados de una investigación son el producto de procesos ecológicos y no del azar.

METODOLOGÍA DE MUESTREO

Es muy importante utilizar los métodos adecuados según el sitio de muestreo (Figura 1), y diseñar un protocolo de muestreo que asegure el registro de toda la información requerida de acuerdo con el análisis que se pretende aplicar para lograr los objetivos de estudio planteados.

Si se desea conocer, por ejemplo, el tamaño de una población, lo ideal sería contar todos

los individuos que la integran, lo que equivaldría a conocer el universo de estudio. Esta actividad se denomina **censo** y resulta familiar en relación con los censos de la población humana, o sea con el recuento de población que, en general, los gobiernos realizan cada 10 años, con la finalidad de conocer no sólo la cantidad actual de habitantes de un país y su distribución geográfica, sino también las actividades económicas de los habitantes, nivel de estudios, poder adquisitivo, entre otros. Si se estuviese en el nivel de organización de las comunidades biológicas, se debería censar el total de individuos de cada especie que la componen. Como consecuencia de lo expuesto se deduce que en ecología el **censo** tiene varias limitaciones (tiempo, personal, dinero, interferencia o destrucción de la población o del hábitat, inaccesibilidad a todos los individuos de la población, entre otros) por lo cual es muy difícil o prácticamente imposible de realizar, y por ello se debe recurrir a estudiar una parte del universo. Para ello se obtiene una **muestra** de este universo que se desea conocer. Los resultados obtenidos a partir de un procedimiento de muestreo son **estimadores** (inferencias) de los valores reales que se quieren conocer. Como se deduce, las muestras obtenidas deben ser representativas del universo bajo estudio.

Cuando se estudia una población se está trabajando con los individuos de una única especie que coexisten en un lugar y tiempo determinado. En realidad se trabaja con algunas variables particulares de estos como talla (Figura 2), peso, tasa de crecimiento o de supervivencia y, en términos generales, aspectos propios de la dinámica de poblaciones que incluyen también clases de edad, proporción de sexos o épocas de reproducción, entre otros.

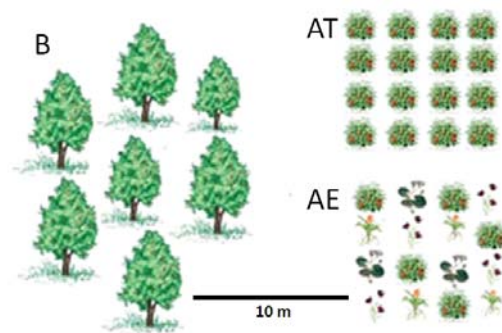


Figura 1. Sitios de muestreo. B: Bosque prístino; AT. Parcelas agrícolas tradicionales; AE. Parcelas agroecológicas

En cambio, el estudio de las comunidades implica que se trabaja con el total de las especies que comparten un espacio y tiempo dado, así como las relaciones y los procesos que establecen entre ellas. No obstante, estudios de comunidades completas son muy raros y sólo se realizaron en comunidades muy simples (Price, 1997).

Una comunidad puede ser definida en cualquier tamaño, escala o nivel de jerarquía de los hábitats, desde biomas (a escala global), hasta por ejemplo, la comunidad de organismos intestinales de rumiantes.

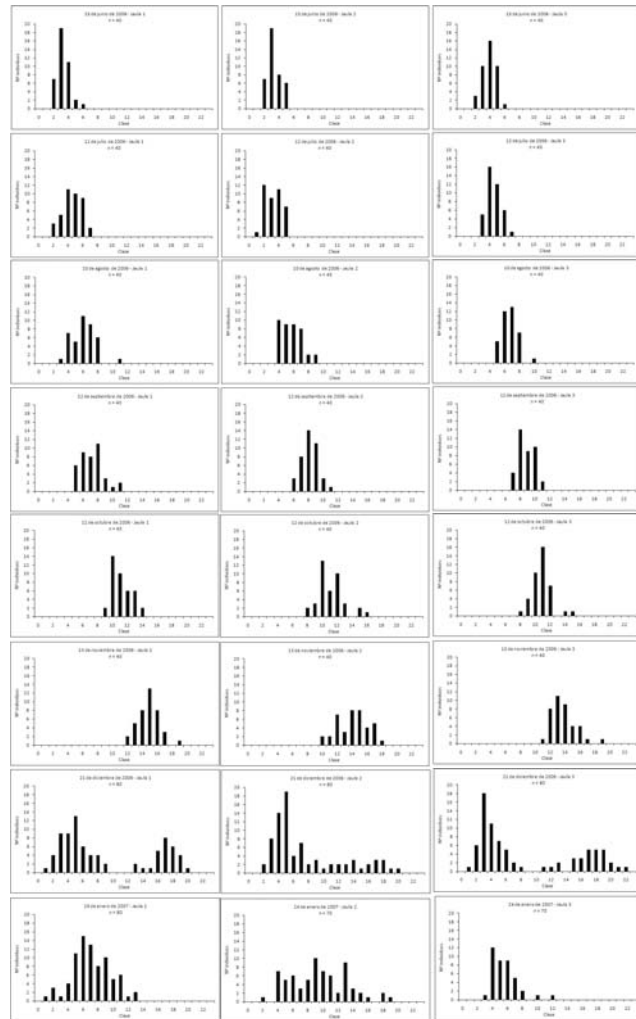


Figura 2. Distribución de frecuencias de tallas de los individuos de mejillones recolectados de las jaulas experimentales sumergidas (1, 2 y 3) durante ocho muestreos.

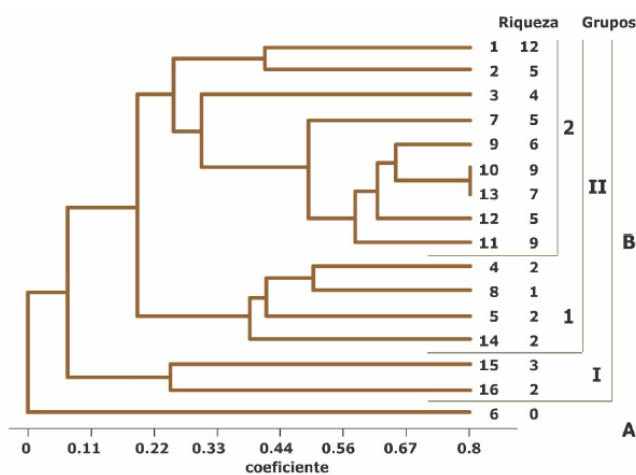


Figura 3. Análisis de agrupamiento cualitativo del muestreo realizados sobre la taxocenosis moluscos del litoral rioplatense. 1 a 16 muestreos. Coeficiente: Jaccard. (modificado de Darrigran y Lagreca, 2005)

A menudo los ecólogos de comunidades limitan su atención a un grupo taxonómico de las comunidades, al que se denomina **taxocenosis** (por ejemplo comunidades de moluscos, peces, aves, algas, mariposas, arañas, hongos, etc.) (Margalef, 1980).

También se suele enfocar a un grupo que realiza

alguna actividad determinada (herbívoros, detritívoros). En el medio acuático, por ejemplo, suelen separarse al referirse a las comunidades ligadas al sustrato o fondo (bentos) (Figura 4), a los macrófitos arraigados (perifiton) o al agua libre y en este caso se considera si los organismos están a la deriva (plancton), tienen movimiento propio (neuston) o están relacionados con la vegetación flotante (pleuston).

En el caso de las comunidades el interés recae generalmente en el conocimiento de su



Figura 4. Ejemplos de macroinvertebrados bentónicos y ambiente en que habitan.

estructura la cual incluye aspectos como densidad o biomasa de las especies que la componen, distribución espacial y temporal, e interrelaciones entre ellas y el medio ambiente. Es incuestionable que el cálculo de alguna expresión de riqueza o diversidad queda implícito.

Una diferencia importante entre el estudio de las poblaciones y de las comunidades es que por lo general se evalúa un número menor de variables para las primeras y

muchas de ellas se analizan de manera independiente por medio de la estadística uni o bivariada. En las comunidades, por el contrario, el total de especies encontradas suele ser alto y por ende se acude a la utilización de índices o técnicas estadísticas multivariadas.

El presente documento es la continuación de “Técnicas de colectas y fijación de macroinvertebrados (Darrigran *et al.*, 2007). Sobre esta base, este trabajo avanza y brinda herramientas y soporte práctico para profesores de Biología, Ciencias Naturales y materias afines, para poder aplicarlas en el aula con la finalidad de fomentar el desarrollo, sobre la base de



Figura 5. Salida al campo y muestreo con alumnos de Biología (FaHCE-UNLP) de 1er. y 3er. año en el litoral de Mar del Plata. Año 2008.



Figura 6. Salida al campo y muestreo con alumnos de 1er. y 3er. año de Biología (FaHCE-UNLP). Cuerpo de agua lenticico en el Parque Nacional El Palmar. Año 2006.

un marco teórico, de concepciones científicas como la observación, la generación de hipótesis que puedan contrastarse, la experimentación, el análisis y la argumentación. Para ello se presentan, en formato de guía digital, lineamientos básicos para realizar un muestreo sobre poblaciones y comunidades de macroinvertebrados (Figuras 5 y 6)

y algunos análisis posibles de los datos recabados durante la práctica de muestreo.

VARIABLES BIOLÓGICAS

Se entiende por variable a todo aquello que puede asumir diferentes valores, desde el punto de vista cuantitativo o cualitativo. De acuerdo con el tipo de dato que se trabaje los valores que toma la variable pueden ser **mensurables** o cuantitativos (continuos o discontinuos), variables **ordinales** y variables cualitativas (**atributos**) (Sokal y Rohlf, 1979). (Tabla 1) (Figura 7).

A las primeras se las denomina así porque todos los estados que toman las variables se pueden expresar con un número. Las variables continuas son las que pueden alcanzar un infinito número de valores entre dos puntos fijos y las discontinuas o discretas son las que no pueden hacerlo. Algunas variables no pueden ser medidas pero pueden ser ordenadas o clasificadas, por ejemplo por el momento de eclosión de los huevos de una puesta. Es común encontrarse con este tipo de variables cuando se realizan experiencias de laboratorio.



Figura 7 Puesta con huevos del molusco gasterópodo de agua dulce, *Pomacea canaliculata* (imagen, gentileza de C. Damborenea)

Los atributos también llamados caracteres cualitativos, son aquellos que no son susceptibles de medición y se expresan mediante palabras.

Tabla 1. Ejemplos de distintos tipos de variables de uso común en la biología.

Variables Continuas	Variables Discretas	Atributos
<ul style="list-style-type: none"> • Talla • Peso • organismos • Volumen 	Número de especies de un lugar Número de huevos en una puesta	Sexo Color de pelaje Preñada o no

A menudo se encuentra a estas variables combinadas con datos de frecuencia, por ejemplo cinco (5) hembras y diez (10) machos. En biología muchas veces estos atributos cualitativos se transforman en cuantitativos para poder realizar análisis estadísticos.

Exactitud y precisión de los datos.

Es importante hacer una diferenciación entre estos dos conceptos sobre los datos medidos. La precisión se refiere a cuánto concuerdan dos o más mediciones de una misma cantidad. Cuanto menor es la dispersión mayor es la precisión. Pero lo ideal sería que además de precisos fueran exactos. Con esto se hace referencia a cuan cercano se encuentra el valor medido del valor real (Figura 8). En términos estadísticos, la exactitud está relacionada con el **sesgo**, entendiéndolo como un error sistemático que hace que todas las medidas realizadas estén desviadas en una cierta cantidad.

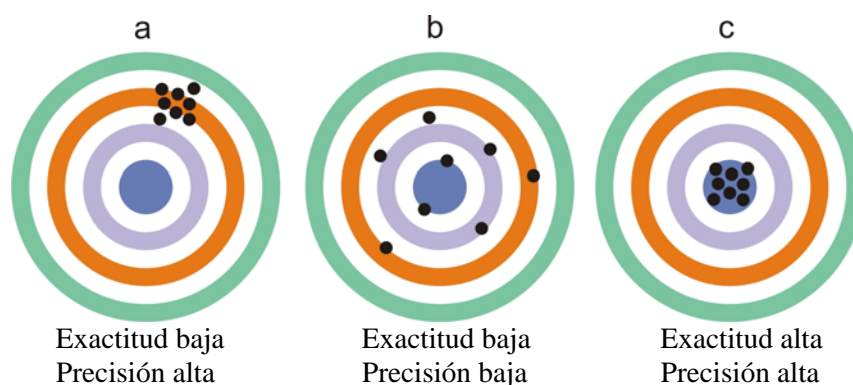


Figura 8. Se considera el círculo central de cada imagen (a, b y c) como “el valor que se quiere estimar” y los círculos negros en cada una como el valor de la variable medido en cada caso. a, b y c, representan distintas situaciones en cuanto a exactitud y precisión.

Datos, Población y Muestra

Los datos se definen como el conjunto de mediciones registradas en una investigación. Por ejemplo (Figura 9) el conjunto de datos constituido por el peso, tallas o número de machos y hembras, de bivalvos.



Figura 9. Banco de Ostras (*Crassostrea gigas*), en Bahía San Blas, Buenos Aires. Argentina. Imagen, gentileza de M. Pascual.

En estadística se define a la **población** como el grupo entero de elementos (ejemplo población de una determinada especie de mariposa, taxocenosis de moluscos de un lago, comunidad de macroinvertebrados del suelo, comunidad zooplanctónica de una laguna) acerca de la cual se hacen deducciones (Sokal y Rohlf, 1979).

Muchas veces también se la denomina **Universo**, que es un término tal vez más apropiado en el ámbito de la biología, para no confundirlo con el nivel de organización ecológico que se llama población. Ya fueron enumerados algunas de las razones por las cuales, en general, no se realiza un censo de este Universo. Los objetivos de un proyecto de investigación no requieren siempre el análisis de la población estadística. Una aproximación confiable se consigue, por lo general, tomando unidades de la población o muestras (Figura 10).



Figura 10. Representación esquemática del sentido estadístico de población y muestra

Es decir que con una muestra se limita deliberadamente el número de casos en el estudio y a partir de ella se estima el valor de las variables consideradas. Lo que se debe lograr es que la muestra sea **representativa, que la muestra represente lo más exacto y preciso posible a la realidad bajo estudio**, lo que es equivalente a que el estadístico muestral describa a la media poblacional con un desvío estándar bajo.

Muestra representativa. Determinación del tamaño de la muestra

Es muy frecuente la pregunta ¿cuántas unidades de muestreo se tienen que tomar para tener representado el universo bajo estudio? Para dar una respuesta es necesario realizar un muestreo preliminar.

Existen varias técnicas que ayudan a determinar el tamaño de la muestra. Muchas veces en la bibliografía se encuentra el término **área mínima**, sobre todo cuando se trabaja a nivel de la taxocenosis o de la comunidad, entendiéndola como el tamaño mínimo de la muestra (en términos de superficie, volumen o número de individuos) que estima satisfactoriamente la característica de la comunidad que se estudiará.

La elección del tamaño muestral requiere considerar la disponibilidad de tiempo, dinero y personal, debiéndose llegar a un compromiso entre la calidad de la muestra y el esfuerzo posible. Un número reducido de unidades de muestreo (Figuras 11 y 12) supone un incremento del error en las estimaciones, por lo que en general será necesario considerar un mínimo en función del error que se crea aceptable, según el



Figura 12. Litoral de tosca, del que se toman unidades muestrales con un muestreador cuadrado de 0.25 m² de superficie (imagen de G. Darrigran)



Figura 11. Línea de Transecta sobre un litoral arenoso, del que se toman unidades muestrales con un muestreador cilíndrico de 0.07 m² de superficie (imagen de G. Darrigran)

tip
o
de
muestreo a realizar (*e.g.* para un muestreo de macrobentos, el error aceptable es del 20%, según Elliot, 1983). En el caso de que se esté trabajando en el nivel de organización de las poblaciones, sobre todo cuando los organismos son **sésiles** o tienen **escasa**

movilidad, también hay que tener en cuenta para calcular el tamaño de la muestra, cual es el tipo de **disposición espacial** que estos presenten, es decir, la manera en que los individuos de la población se encuentran dispuestos en el ambiente (Figura 13). El

conocimiento de la disposición espacial de una especie permite deducir otras características importantes de las poblaciones y/o de su ambiente.

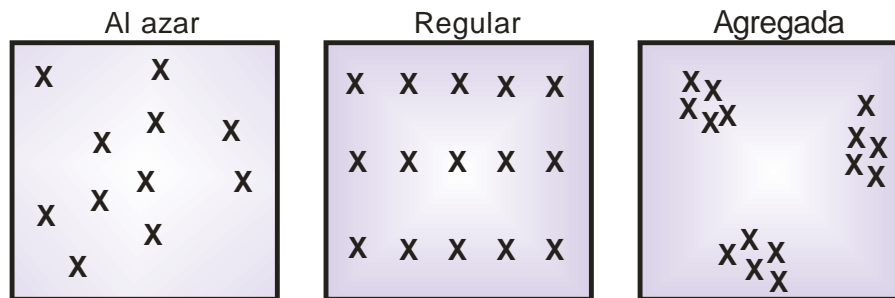


Figura 13. Esquema de la disposición espacial (azar, regular, agregada) de los individuos de una población bajo estudio.

Cuando en la naturaleza los individuos de una población no se disponen de ninguna manera en particular, se dice que los individuos están **diseminados al azar**. Entonces, existe la misma probabilidad de encontrar un individuo en cualquier punto del ambiente. En general esto ocurre cuando un ambiente es homogéneo, o sea que presenta las mismas características en cualquiera de sus puntos y se supone que la presencia de un individuo no interfiere con la de otro. Como se deduce muy fácilmente esto sucede en muy pocas ocasiones ya que cualquier ambiente presenta en cada punto variaciones en alguna de sus características. Si los individuos se distribuyen a una distancia regular entre si, la distribución se llama **regular** o **uniforme**. El espacio habitable es continuo pero existen interacciones entre individuos que hacen que a cierta distancia de donde está un individuo sea menos probable que se instale otro. La probabilidad de ocupación no es la misma para todos los puntos del espacio.

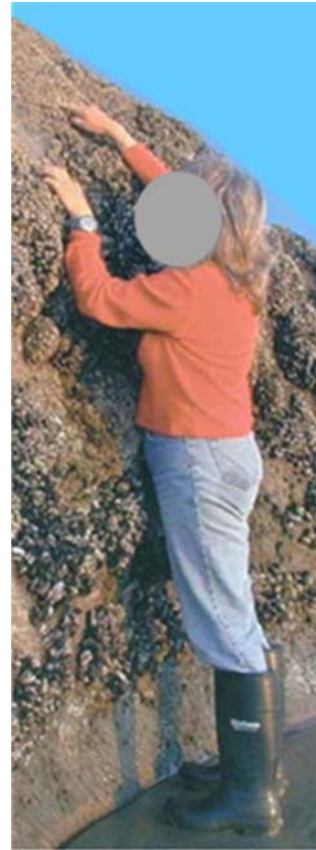
Este tipo de disposición es la típica por ejemplo de un cultivo, pero en la naturaleza hay algunas plantas que segregan sustancias alelopáticas que impiden que otras plantas prosperen a su alrededor, generando este tipo de distribución. Otro ejemplo en la naturaleza de disposición espacial regular se observa en el litoral marino con ciertas especies de



anemonas (Cnidarios), en donde un individuo se fija en relación al otro, de acuerdo a la longitud de sus acroraghi (tentáculos modificados cargados de cnidocitos para su defensa). Muy raramente es el medio el que presenta un factor distribuido en forma regular.

Por último, la **disposición espacial agregada** o también denominada **contagiosa**, que se produce porque el espacio habitable es discontinuo y/o existen interacciones entre individuos. Los puntos del espacio no tienen igual probabilidad de ser ocupados. Algunos ejemplos que podemos mencionar: bichos bolita (Crustaceos) se agrupan en las zonas húmedas (diferencia del ambiente), animales que se agrupan en colonias, como las hormigas (comportamiento social de los individuos), animales que por gemación generan una colonia como algunos corales (Antozoos)

(forma de reproducción), o simplemente la disposición espacial en una litoral rocoso marino, en donde al bajar la marea deja al descubierto una sucesión de organismos dispuestos según distintas estrategias de vida, para resistir la ausencia de agua. Hay que destacar que los tres tipos de disposición pueden superponerse, es decir, una contagiosa puede resultar de grupos e organismos de una población dispuestos al azar, pero que dentro de cada grupo tiene una disposición regular. Esta superposición de las disposiciones producen patrones diferentes, y la detección de una disposición contagiosa dependerá de la relación de escala del patrón con el tamaño de la unidad de muestreo. Por ejemplo, en un arroyo se pretende conocer la disposición espacial de una población de una especie hipotética de gasterópodo. Al considerar un amplio sector de ese cuerpo de agua, la disposición espacial es agregada (por que necesitan sustrato duro para alimentarse –roer algas- o poner sus puestas en épocas reproductivas, etc., por lo tanto se encuentran agrupadas en los lugares del arroyo donde hay rocas). Pero si la escala de estudio es más reducida, e interesa saber la disposición espacial de las poblaciones sobre una roca, la competencia que se establece entre los individuos de la población (para alimentarse o para un lugar para colocar sus puestas), hace que en las



rocas la disposición espacial sea regular.

De acuerdo con si la distribución resulta al azar, agregada o regular (ver anexo), existe un método apropiado para cada caso para determinar el tamaño mínimo de la muestra (Eliot 1983, Rabinovich 1982).

Existe un método sencillo que, en forma gráfica, permite determinar el tamaño de la muestra (Elliott, 1983). Por ejemplo, a partir de tomar en el campo cinco (5) unidades de muestreo y calcular con ellas la media de la variable (\bar{x}). Luego se toman cinco (5) unidades más y se calcula \bar{x} para las diez unidades y así siguiendo de a pasos de a cinco. En un eje de coordenadas se representa el valor de la media de la variable considerada (longitud máxima del bivalvo, número de individuos, etc.) en función del número de unidades de muestreo (Figura 14). Inicialmente los valores pueden oscilar en forma marcada y tienden a estabilizarse a medida que aumentamos el tamaño de la muestra.

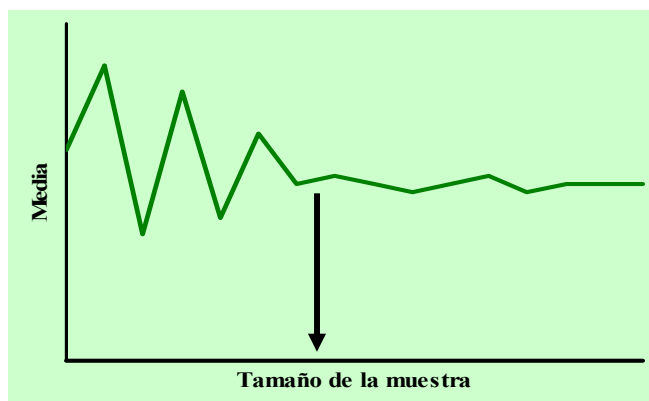


Figura 14. Método gráfico para estimar el tamaño de la muestra. La flecha indica el tamaño apropiado para el ejemplo.

En la Figura 14, el tamaño apropiado está indicado por la flecha, y se corresponde con el valor de n (tamaño de la muestra) para el cual la media deja de fluctuar más allá de unos límites previamente establecidos.

Este tipo de método gráfico también puede utilizarse cuando se trabaja en el nivel de organización de las comunidades, con la riqueza de especies (Figura 15). Se aplica sobre el concepto que a medida que aumenta el tamaño de la muestra se incrementa el número de especies halladas. Esto ocurre hasta determinado tamaño de muestra a partir del cual un mayor esfuerzo de muestreo no produce un incremento significativo en el número de especies.

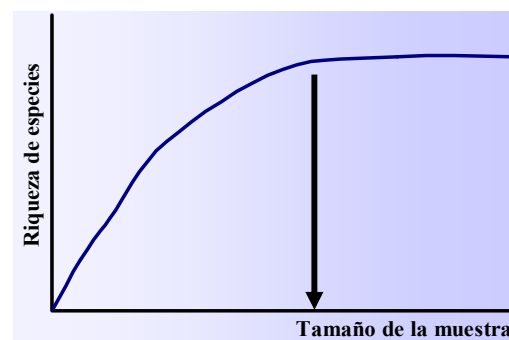


Figura 15. Relación entre la riqueza de especies y el tamaño de la muestra. La flecha indica el tamaño apropiado para el ejemplo.

Tipos de muestreo

Bajo este título se hace referencia a como se sitúan las unidades de muestreo dentro del área de interés, es decir, ¿dónde ubicar los muestreadores? Se entiende por muestreador al elemento estandarizado utilizado en la toma de muestras (cuadrado, draga, red, cilindro, entre otros).

De acuerdo con esta idea se pueden distinguir diferentes tipos de muestreo. Aunque existen algunas variantes, los principales son:

- Muestreo aleatorio simple
- Muestreo regular o sistemático
- Muestreo aleatorio estratificado

El **muestreo aleatorio simple** (Figura 16 a) es considerado como el método ideal para cualquier análisis estadístico posterior de los datos, aunque en la práctica, su realización en el campo puede ser complicada. En este tipo de muestreo cada unidad del universo considerado tiene igual probabilidad o “chance” de ser seleccionada y formar parte de la muestra a tomar.

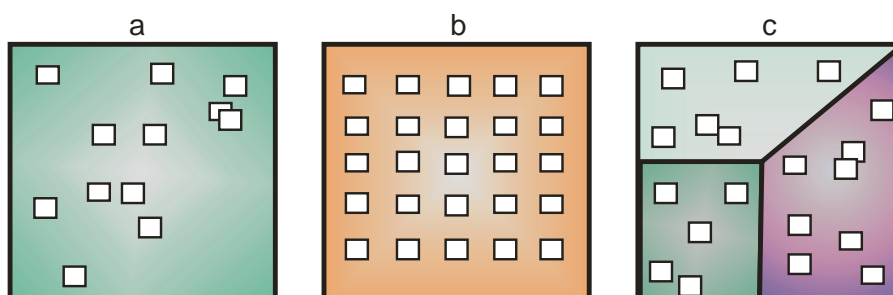


Figura 16. Tipos de muestreo. **a:** aleatorio, **b:** regular, **c:** estratificado.

El **muestreo regular o sistemático** (Figura 16 b) es más fácil de llevar a la práctica y generalmente proporciona muy buenos resultados. Consiste en situar las unidades de muestreo a la misma distancia unas de otras. El muestreo de **transectas** son variantes del muestreo sistemático, y tienen gran utilidad cuando se pretende estudiar la influencia de gradientes ambientales (como por ejemplo, la altitud, la profundidad, pisos del litoral marino, entre otros). En una transecta, las unidades de muestreo se colocan a menudo muy próximas unas a otras, lo que ocasiona generalmente la falta de independencia en los datos obtenidos.

El **muestreo estratificado** aleatorio o uniforme (Figura 16.c y Figura 17) es uno de los más utilizados. Consiste en dividir el área de estudio en sectores homogéneos o estratos con algún criterio en cuanto a sus características ambientales. Dentro de cada estrato se procede entonces a un muestreo aleatorio o sistemático, procurando que el número de unidades de muestreo dentro de cada sector sea proporcional a la superficie del mismo (Elliot, 1983). Con esta técnica se disminuye la variabilidad (desviación estándar) de los datos con respecto a aquellos de toda la zona sin estratificar. En un análisis posterior, los estratos no pueden ser comparados atendiendo el criterio según el cual fueron separados. Se puede recurrir a la fotointerpretación o al análisis de imágenes satelitales para estratificar la zona de estudio.

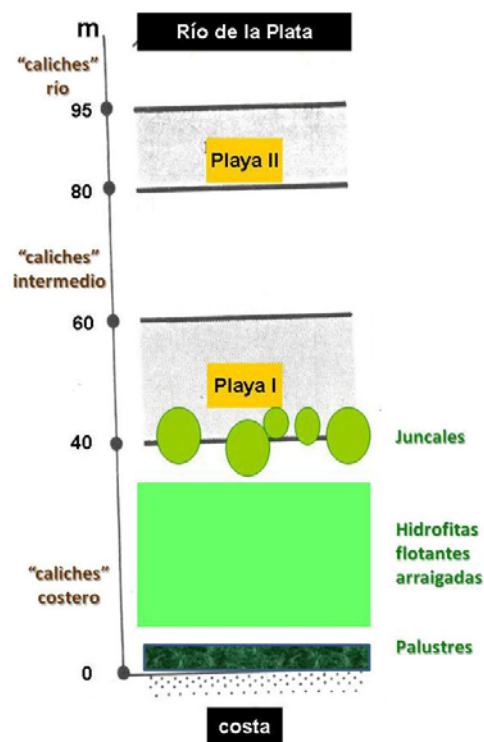


Figura 17. Ubicación espacial de los estratos existentes en el Balneario Atalaya (Río de la Plata, Bs. As.), durante las bajas mareas, el sustrato duro (costa, intermedio y río) es de limo-areno-compacto. La Playa I es areno-limosa. La Playa II, es arena. (modificado de Darrigran and Lopez Armengol, 1998).

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Cualquiera sea el tipo de datos que se obtenga en el campo, en general el proceso de interpretación de la información comienza con la representación gráfica de los mismo (Smith y Smith, 2006). El método más usual cuando sólo se tiene un conjunto de datos, es elaborar una distribución de frecuencias, es decir representar el número de observaciones con una puntuación o valor determinado. También se utiliza, para presentar datos continuos (Figura 18.a.), agrupar las observaciones en categorías discretas. Cada una representa un rango definido de valores, sin que exista superposición; por lo tanto, los datos observados sólo se incluyan en una única categoría.

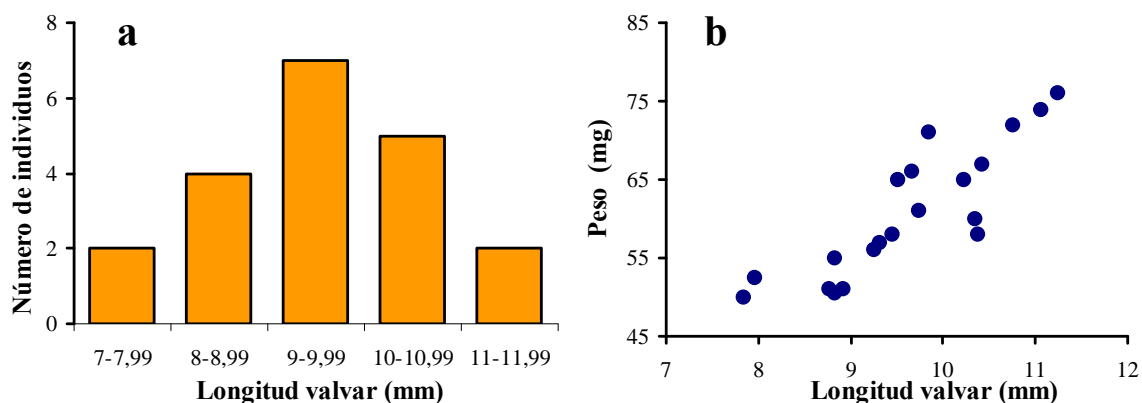


Figura 18. **a.** Ejemplo de histograma en el que se especifica el número individuos de una especie de bivalvo (*Limnoperna fortunei*) que pertenecen a distintas categorías de longitud de la valva. **b.** Gráfico de dispersión que muestra la longitud valvar y el peso (por cada individuo) de la muestra presentada en **a.**

Cuando se examina la relación entre dos conjuntos de observaciones y son ambas numéricas, el método más común de visualización es a través de un gráfico de dispersión. Este gráfico se construye definiendo en un eje de coordenadas cartesianas, que variable se representa en el eje de las abscisas (x) y cual en el de las ordenadas (y) (Figura 18.b). Los gráficos de dispersión pertenecen a tres patrones generales. En uno de ellos, la tendencia general, como se representa en la Figura 18.b, es que y aumente con valores crecientes de x (relación positiva). En el otro conjunto la tendencia es que y disminuya con los valores crecientes de x (relación inversa o negativa) y por último en el que no parece haber una relación entre los valores de x y los de y .

Estadísticos más usados

Como ya se señaló, cada muestra se compone de una serie de unidades de muestreo, por ejemplo cada unidad de bentos obtenida en el litoral arenoso de un río, permite tener una medida de la variable considerada (x_i), por ejemplo el número o peso de moluscos bivalvos. Del conjunto de las unidades de muestreo (n) de una muestra, obtenemos una estimación del valor medio de la variable considerada a través de la media aritmética (\bar{x}) como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

A partir de estos datos es posible calcular la desviación estándar o típica (s) como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

La desviación estándar mide cuanto se aleja cada una de cada medida con respecto al promedio de la muestra. Habla de la precisión que tiene la estimación media. También brinda información respecto a la cantidad total de variabilidad que presenta el conjunto de datos.

Otro estadístico muy frecuentemente utilizado es la varianza (s^2) que es simplemente el desvío estándar elevado al cuadrado. Las unidades en que se mide la varianza también son al cuadrado, por lo que no sería una medida adecuada de dispersión si se quiere expresar este concepto en término de unidades originales. En ese caso el desvío estándar es la medida de dispersión adecuada si se quiere presentar la medida de dispersión en unidades originales.

Se denomina Error Estándar a la desviación estándar de una distribución, en el muestreo de un estadístico. Por ejemplo, la desviación estándar de las medias de todas la muestras posibles del mismo tamaño, extraídas de una población, es llamada el error estándar de la media. De la misma manera, la desviación estándar de las proporciones de todas las muestras posibles del mismo tamaño, extraídas de una población, es llamada el error estándar de la proporción. La diferencia entre los términos desviación estándar y error de estándar es que el desviación estándar es una medida de la dispersión de los datos (muestra), mientras que el error estándar cuantifica las fluctuaciones de la media muestral alrededor de la media de poblacional.

Parámetros de la población

Una población se define como un conjunto de individuos pertenecientes a la misma especie que comparte un mismo tiempo y espacio. Las poblaciones tienen propiedades que la caracterizan como nivel de organización ecológica. Todas las poblaciones tienen una estructura que se relaciona con características como la **densidad** (número de individuos por unidad de área o volumen), **la estructura de edad** (el número de individuos o el porcentaje de individuos en las distintas clases de edad) y **la disposición de los organismos** en el espacio.

Una pregunta muy frecuente en ecología es ¿qué determina la dispersión y abundancia de los organismos? La abundancia de individuos de una población es

producto de factores físicos del ambiente, de factores históricos, de la relación entre sus individuos y con otras especies. Hay distintas formas de expresar la abundancia:

- Tamaño poblacional: número de individuos de la población.
- Densidad poblacional: número de individuos/ unidad de área o volumen
- Indicadores relativos: número de individuos/ unidad de captura, número de individuos observados /unidad de tiempo, número de huellas/ unidad de área, número de cuevas/ área, número de cantos/tiempo de observación, entre otros.
- Biomasa/unidad de área o volumen: por ejemplo kg de bivalvos/ha
- Cobertura /unidad de área: proporción de un área determinada que es cubierta por individuos de una población. Es frecuentemente usada para plantas.
- Clorofila *a* / unidad de volumen: estimador de biomasa algal por volumen de agua.

Los indicadores relativos suponen que existe una relación lineal entre la densidad y el índice utilizado. Sirven para comparar la abundancia entre épocas o lugares, siempre y cuando se mantenga la misma relación.

Los índices de biomasa y cobertura son utilizados cuando no es fácil diferenciar los individuos (por ejemplo en organismos coloniales), o cuando los individuos son de tamaños muy distintos y por lo tanto la información de biomasa o cobertura puede resultar más relevante

Parámetros de la comunidad biológica

La comunidad se define como el conjunto de poblaciones de distintas especies que se presentan juntas en el espacio y en el tiempo. En forma amplia se puede decir que la comunidad es la parte biótica del ecosistema ya que la comunidad junto con su medio ambiente físico constituye el ecosistema. Pero como se mencionó oportunamente, los estudios de campo quedan restringidos a una fracción de la comunidad. El conjunto de interacciones dentro de una comunidad determina la existencia de propiedades que caracterizan a este nivel de organización ecológico. Entre ellas cabe mencionar:

- la **riqueza específica (S)**
- la **abundancia relativa (AR)**
- la **diversidad**.









La **riqueza específica (S)**, se refiere al número de especies diferentes que integran la comunidad. Con **abundancia relativa (AR)** estamos describiendo la proporción entre el número (o biomasa) de individuos de una especie i -ésima (A_i) dada de la comunidad

considerada, con respecto al número (o biomasa) del total de individuos de la comunidad. Formalmente se expresa:

$$AR = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^s A_i} \times 100$$

Las especies se integran en la comunidad con distinto grado de abundancia. A las más abundantes (las más comunes) se las conoce como especies dominantes, hay otras que son menos frecuentes y otras que aparecen en muy baja proporción y se las denomina como especies raras.

Tabla 2. Riqueza de especies y abundancia de cada una de ellas en tres comunidades hipotéticas. $n1$ a 5 = N° de individuos de cada especie. n = N° total de individuos de la muestra

ESPECIES	n1	n2	n3	n4	n5	n
						
COMUNIDAD DEL BENTOS	<i>Limnea columnella</i>	<i>Uca sp.</i>	<i>Corbicula fluminea</i>	<i>Pomacea sp.</i>	<i>Helobdella sp.</i>	
 Arroyo Mocoreta	50	7	35	5	3	100
 Costa río Miriñay	20	20	20	20	20	100
 Costa Laguna Mirim	1	1	96	1	1	100

La **diversidad específica** se refiere a la variedad en la comunidad. Cuando la variedad se describe simplemente en términos de la riqueza S , se ignora un aspecto importante que es como está distribuida la variable de importancia de la abundancia (numérica, de biomasa u otra) entre las especies de la comunidad (Dajoz, 2001). Intuitivamente, una comunidad con 5 especies donde cada una está representada por el mismo número de individuos parece más diversa que otra integrada también por 5 especies e igual número de individuos totales, pero en la cual la mayoría de los individuos pertenecen a una especie (Tabla 2).

Por lo tanto, en la expresión de la diversidad se deben combinar ambos aspectos (**riqueza** y **abundancia relativa**). Algunos índices de diversidad tienen en cuenta ambos aspectos, siendo uno de los más usados el índice de Shannon que contemplan no sólo un componente de **riqueza** sino también un componente de proporción de individuos entre las especies presentes. La expresión algebraica del índice de Shannon (H') es:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

donde $p_i = n_i / n$ siendo n_i el número de individuos de la especie i y n el número de individuos de la muestra, como se consigna en la Tabla 2. En esta expresión p_i representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo la sumatoria igual a 1.

Es posible obtener una estimación de cuan equitativa es la distribución de los individuos en la comunidad a través del cálculo de J (**índice de uniformidad, equitabilidad o diversidad relativa**), como:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

siendo H'_{\max} el índice de diversidad estimado para la comunidad calculado con la distribución más uniforme de individuos en las especies.

Una ventaja adicional del índice de Shannon es que puede ser usado con datos de biomasa (W) en lugar de la abundancia de individuos, en cuyo caso la expresión del índice será:

$$H'' = - \sum_{i=1}^m \frac{W_i}{W} \times \log_2 \frac{W_i}{W}$$

El índice H'' no se ve afectado por la unidad de peso empleada.

En términos generales se sabe que la diversidad y sobre todo la riqueza de especies, presenta algunos patrones característicos. Habitualmente varía con la severidad del ambiente, mostrando en la mayoría de los taxa un gradiente decreciente desde condiciones más benignas como las bajas latitudes o altitudes a las más severas de los polos o cimas. En un enfoque temporal dentro de una comunidad, los cambios en la diversidad en un sentido decreciente pueden ser considerados como indicadores de perturbaciones en el ambiente (Margalef, 1980).

ANEXO I

Guía práctica para el desarrollo de toma de muestras y análisis de datos

En este anexo se presentan algunos ejemplos de aplicación práctica de los enunciados teóricos realizados.

Estimación de densidad por parcelas

Se requiere estimar, por ejemplo, la densidad de mejillones de agua dulce (“mejillón dorado” o *Limnoperna fortunei*) de un determinado punto costero. En el terreno, se ubican al azar (por distintos métodos) los muestreadores (cuadrados o rectangulares) de superficie conocida y apropiada para estimar la densidad de estos organismos.

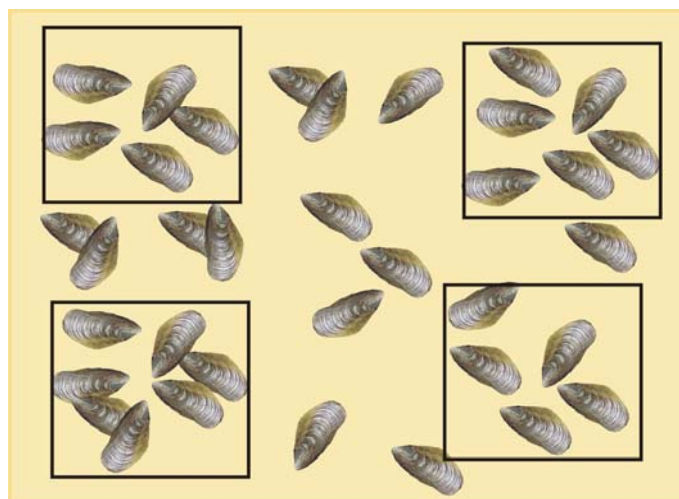


Figura 1. Ejemplo hipotético para estimar densidad. Formas adultas del molusco Bivalvo *Limnoperna fortunei*. Marcos negros: muestreadores.

Luego de contar a todos los individuos presentes en cada unidad de muestreo (Figura 1) se debe confeccionar una tabla (Tabla 1) para resumir la información y calcular el promedio (densidad media). En la figura 1 se representaron cuatro (4) unidades de muestreo dispuestas al azar. En la Tabla 1 se presenta el número de individuos bivalvos (x_i) por cada unidad de muestro (n_i) y los pasos a seguir para calcular la media y el desvío estándar.

Tabla 1. Ejemplo sencillo para el cálculo de la media y el desvío estándar.

Unidad de muestreo (n_i)	Número de bivalvos (x_i)	$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	5	-0,75	0,5625
2	6	0,25	0,0625
3	5	-0,75	0,5625
4	7	1,25	1,5625
$n = 4$	23		2,75

$$\bar{x} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 5 + 6 + 5 + 7$$

$$\bar{x} = \frac{23}{4}$$

$$\bar{x} = 5,75$$

Una vez obtenida \bar{x} se calcula la tercera columna de la Tabla 1, la diferencia entre el valor de lo obtenido en la unidad de muestreo y el promedio de la muestra, para luego elevarlo al cuadrado como se presenta en la cuarta columna de la Tabla 1. La suma de esta columna (en nuestro ejemplo 2,75) la utilizamos en el cálculo del desvío estándar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n 2,75}{3}}$$

$$s = 0,96$$

En este ejemplo, se asume que en de 20 cm x 20 cm (400 cm²), la densidad será de 5,75 individuos en 400 cm², con un desvío estándar de 0,96. Lo cual se indica como 5,75 ± 0,96 individuos en 400 cm², es decir que se encuentran entre 6,71 y 4,79 individuos de *Limnoperna fortunei* en 400 cm².

Distribución espacial de los individuos pertenecientes a una población

Como ya se dijo uno de los aspectos a tener en cuenta es la disposición de los organismos en el espacio. Las tres disposiciones básicas ya fueron presentadas en la página 12 de esta guía.

Cuando se debe estimar la densidad de una población, la estrategia a seguir para

determinar el número mínimo de unidades de muestreo necesarios para que representen a la población, dependerá del tipo de disposición que presenten los organismos en el espacio. Con un muestreo previo, es posible definir el tipo de disposición que presentan los organismos y en función de esto establecer la estrategia de muestreo. En este muestreo previo es necesario tomar una muestra que permita realizar una estimación de la densidad media y la varianza de la misma.

La dispersión de una población determina las relaciones entre la varianza y la media aritmética de esta manera:

- 1) En la disposición aleatoria la varianza es igual a la media
- 2) En la disposición regular la varianza es menor que la media
- 3) En la disposición contagiosa la varianza es mayor que la media

En relación con esto se definió un índice, llamado índice de dispersión (ID):

$$ID = \frac{S^2}{\bar{x}}$$

De esta forma resulta que si:

$ID > 1$ la disposición es contagiosa

$ID < 1$ la disposición es regular

$ID = 1$ la disposición es al azar

Determinación del tamaño de la muestra poblacional

Un método usado, sobre todo en poblaciones animales para estimar la densidad poblacional (número de individuos / unidad de área o volumen) es calcular el tamaño de la muestra aceptando un determinado grado de error en la estimación de la media (Elliot, 1983). El porcentaje de error se expresa como el error estándar de la media. Estadísticamente se comprueba que a medida que se aumenta el tamaño de la muestra, las desviaciones estándar de la media muestral serán menores. La razón entre el error y la media aritmética es un índice de precisión de la estimación, al que se llama D . Si en una investigación de la comunidad bentónica se tolera un error de estimación del 20 %, entonces:

$$D = 0,2 = \frac{\text{error estándar}}{\text{media aritmética}} = \frac{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}{\bar{x}}$$

Por lo tanto el número de unidades de muestreo en una muestra al azar está dado por:

$$n = \frac{s^2}{D^2 \bar{x}^2} = 25 \frac{s^2}{\bar{x}^2} \text{ para un error del 20\%}$$

A partir de un muestreo previo se puede realizar una estimación del desvío típico o estándar (s) y de la media de la densidad (\bar{x}) y aceptar un cierto grado de error en la estimación de la misma, y de este modo calcular el número de unidades de muestreo (n). El uso de este método es a modo de ejemplo y es válido cuando los individuos que conforman la población están distribuidos al azar. Existen otros referidos a los restantes tipos de disposición espacial de las poblaciones.

Tipo de muestreo o localización de las muestras en el campo

Muestreo al azar

Uno de los posibles caminos a seguir para poner en práctica este tipo de muestreo es dividir al área de estudio en las N unidades de muestreo, numerándolas de 1 a N . Luego se seleccionarán al azar las n unidades de muestreo que constituirán la muestra. La selección al azar se realiza utilizando una tabla de números al azar o generando los mismos en una planilla de cálculo o con una calculadora manual.

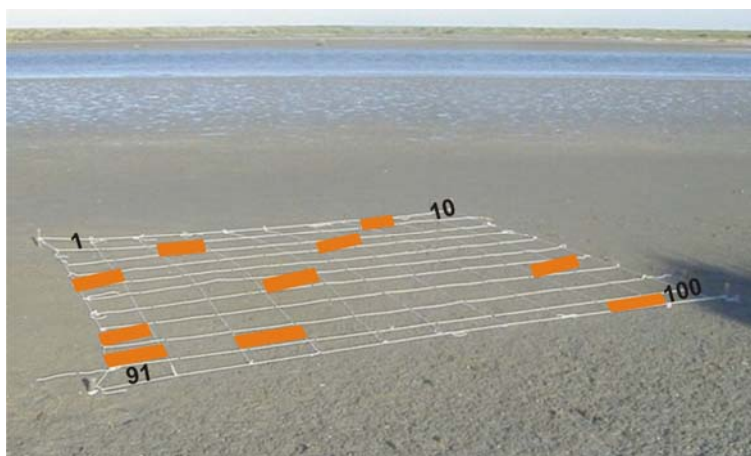


Figura 2. Grilla de soga de nylon, estaqueada en un cangrejal de Bahía Samborombón, de 5 m x 5 m, para muestro de cangrejos, en la que se han superpuesto las unidades de muestreo (marcas naranjas) seleccionadas al azar a modo de ejemplo. (Imagen gentiliza de Inés César)

Por ejemplo, si se quiere realizar un muestreo de cangrejos (Figura 2) mediante una grilla de 100 unidades de muestreo del mismo tamaño, la que se ubicará en un área

determinada. Para la selección al azar de n unidades muestrales (por ejemplo $n=10$), a partir de las 100 posibles debemos proceder de la siguiente manera:

Se le asigna un número a cada unidad muestral, posteriormente mediante una tabla de números al azar o calculadora, se seleccionan 10 números comprendidos entre 001 y 100, sin reposición o eliminando los números repetidos. En este ejemplo los números seleccionados fueron: 8, 13, 26, 31, 44, 69, 71, 81, 83 y 99, como puede apreciarse en la Figura 2.

Otra posibilidad es establecer un eje de coordenadas cartesianas sobre un mapa de la zona y seleccionar al azar números para ambos ejes. En la intersección de los pares ordenados (x, y) se ubicara cada una de las unidades de muestreo, hasta completar el tamaño de la muestra.

Otra técnica consiste en elegir un punto al azar en el campo, a partir de la cual se camina una distancia cuya longitud y dirección se eligieron al azar (Mateucci y Colma, 1982). En el punto de destino se toman los datos y a partir de allí se repite el procedimiento. Esta técnica es poco usada, depende del lugar de muestreo ya que se puede alterar mucho el ecosistema. Es más adecuado ubicar los puntos en el mapa y sobre él decidir que camino recorrer para dañar lo menos posible y realizar el menor esfuerzo de muestreo. Queda descalificada la técnica de ubicar unidades muestrales arrojándolas por sobre el hombro con los ojos cerrados, porque se ha determinado que no produce un muestreo aleatorio ya que depende de las condiciones físicas, hábitos, estado anímico, entre otros, de cada lanzador.

El muestreo aleatorio tiene varios inconvenientes. En zonas heterogéneas el error de muestreo es considerable, ya que algunas zonas pueden resultar subrepresentadas, algunas unidades de muestreo pueden caer en sitios inaccesibles, entre otros. Por ello, este modelo ha sido descartado para el estudio de zonas extensas, restringiéndolo a superficies pequeñas.

Muestreo sistemático

En el caso del muestreo sistemático, una posibilidad es ubicar la primera unidad de muestreo al azar y las subsiguientes a intervalos regulares. Este método, al igual que el simple al azar requiere dividir en cuadrículas el sitio donde se desea muestrear. Posteriormente deben realizarse las siguientes operaciones:

- a) Calcular la constante K :

$$K = \frac{N}{n}$$

Donde N es el número total de unidades de muestreo y n es número de unidades que habrán de integrar la muestra.

b) Luego se realiza un sorteo para elegir un número que sea inferior o igual al valor de K , que constituirá la primera unidad de muestreo.

c) Si designamos con Z este primer valor, la segunda unidad elegida será la que lleve el número $Z + K$, la tercera corresponderá a $Z + 2K$ y así sucesivamente hasta llegar a $Z + (n - 1)K$.

Por ejemplo la zona en la que se quiere realizar el muestreo se puede dividir en 60 (N) cuadrículas de igual tamaño. Cada cuadrícula es una unidad de muestreo. Supongamos que el número de unidades de muestreo que conforman la nuestra muestra es de 15 (n). Calculamos $K = 60/15$, lo que nos da un valor de 4. Luego se sortea la unidad de muestreo inicial, entre 1 y 4, que es la distancia mínima de separación entre las 15 unidades de muestreo. Suponiendo que sea 3 (Z), ésta será la primer cuadrícula a muestrear y luego se dejarán 3 cuadrículas sin muestrear y se muestreará la 4, es decir la cuadrícula siete ($Z+4$), luego se volverá a dejar 3 y se tomará la 4, es decir, la cuadrícula 11 y así sucesivamente hasta completar las 15 unidades (Figura 3).

1	2	3	4	5	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	59	60

Figura 3. Ejemplo de distribución de las unidades de muestreo en un muestreo regular.

Diversidad.

Para facilitar los cálculos en una clase práctica en la que no se pueden computar los logaritmos con base 2 tal como es la expresión original del índice de diversidad de Shannon, se puede emplear los logaritmos decimales con la conversión a la base 2, por lo que la expresión utilizada será:

$$H' = 3,3229 \left(\log_{10} n - \frac{\sum_{i=1}^S n_i \times \log_{10} n_i}{n} \right)$$

Para un ejemplo de los cálculos, se considerarán los datos de la taxocenosis de moluscos de la costa del Río de la Plata, presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Riqueza de especie, número de individuos por especie (n_i) y abundancia relativa (AR) de moluscos en una muestra representativa del bentos del balneario La Bagliardi, Río de la Plata, Buenos Aires.

Especie	n_i	$\log_{10} n_i$	$n_i \log_{10} n_i$	AR
<i>Heleobia piscidium</i>	30	1,47712	44,31364	20,69
<i>Gundlachia concentrica</i>	4	0,60206	2,40824	2,76
<i>Chilina fluminea</i>	10	1,00000	10,00000	6,90
<i>Biomphalaria straminea</i>	3	0,47712	1,43136	2,07
<i>Limnoperna fortunei</i>	98	1,99123	195,14016	67,59
$\Sigma =$	145		253,29340	100

$$H' = 3,3229 \left(\log_{10} 145 - \frac{253,29340}{145} \right)$$

$$H' = 1,37740$$

Para el cálculo del índice de uniformidad o equitabilidad, se emplea la ecuación:

$$J = \frac{H'}{3,3229 \times \log_{10} S} = \frac{1,37740}{3,3229 \times \log_{10} 5} = \frac{1,37740}{2,32261} = 0,5930$$

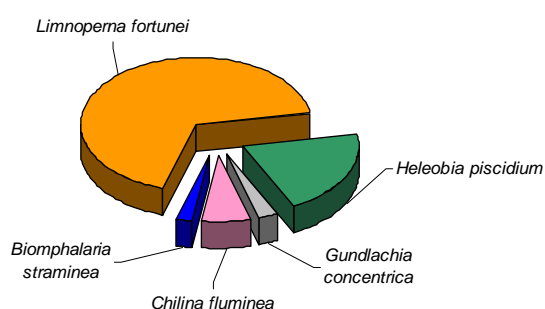


Figura 4. Representación gráfica de la abundancia relativa de las especies de moluscos presentes en la comunidad del bentos del balneario La Bagliardi, Buenos Aires.

¿Qué información se obtendrá de J ? Este

índice es una medida indirecta de la abundancia relativa. Cuanto más se aproxime a 1 indica que el número de individuos de cada especie de la comunidad es más semejante entre ellos, uniforme. Si no se contara con la información de la Tabla 2, con la que se puede calcular la abundancia relativa y visualizar como es la distribución de los individuos en la comunidad (Figura 4), a partir de los datos de H' , J y S es posible describir

a la comunidad de moluscos. Se podría afirmar que la comunidad está compuesta por 5 especies y que de acuerdo con el valor de J alguna o algunas de ellas tienen mayor importancia numérica. Si no se presentaran los valores n_i (Tabla 2) o la representación gráfica (Figura 4) no se sabría cuál de ellas es la dominante, que en el ejemplo resulta ser *Limnoperna fortunei*, Molusco Bivalvo invasor de origen asiático.

La información necesaria para realizar un análisis como el detallado precedentemente, también es posible obtenerla de un muestreo de insectos terrestres realizado en el campo. Con una red entomológica de golpeo (Figura 5) (Darrigran *et al.* 2007) que puede ser de fabricación casera (Zuñiga 2004), en una zona de pastizal y siguiendo una línea recta a la que se denomina transecta, se deben ir realizando golpes regulares en la vegetación (Figura 6).



Figura 5. Red de golpeo.



Figura 6. Muestreo por golpeo.

El producto de lo colectado se embolsa y se etiqueta. Para mayor información sobre la técnica de muestreo se puede consultar a De Wysiecki y Torrusio (2009). Luego, en el aula o laboratorio, se trabaja con los organismos colectados hasta realizar una tabla semejante a la Tabla 2. El contar con claves taxonómicas de la

zona, permitirá realizar las determinaciones taxonómicas, si no es así es suficiente para el trabajo que se reconozca quienes pertenecen a la misma especie, aunque se las denomine como especie 1, 2, 3, etc., o haciendo referencia a alguna característica morfológica que las distinga.

ANEXO II.

Estimación de la densidad de formas larvales de macroinvertebrados.



Figura 1. Ejemplo de red de plancton con frasco colector con tapa a rosca.

Algunos moluscos asociados con el macrobentos, como *Limnoperna fortunei*, pasan sus primeros estadios larvales como integrantes de la comunidad planctónica, para luego, al ser juveniles, pasar a formar parte del bentos. En este caso, el contar con

un laboratorio y microscopio o microscopio estereoscópico (lupa), es posible hacer una estimación de la densidad de estas etapas larvales. Una muestra de plancton es el resultado de filtrar un volumen conocido de agua a través de una red especial (Figuras 1 y 2), por lo tanto, los elementos indispensables que se necesitan para tomar la muestra son:

- un balde de volumen conocido
- red de plancton
- frascos

En el campo, se debe registrar el volumen filtrado a través de la red, por ejemplo 12 baldes de 10 litros cada uno (o con una bomba de achique, filtrar 120 litros de agua). El resultado del filtrado está colectado en el frasco con tapa a rosca, bien cerrado. Esta muestra debe ser fijada (preferentemente con alcohol)



Figura 2. Filtrado de un volumen conocido de agua a través de la red de plancton. Salida al campo y muestreo con alumnos de Biología (FaHCE-UNLP) de 1er. 3er. y 4to. año en la Laguna Vitel. Año 2010.

para su conservación y posterior análisis. También es necesario que se realice el rotulado de la muestra, es decir que se la identifique. Para esto se puede recurrir a:

- Un marcador indeleble y anotar en el frasco, lugar del muestreo, fecha, volumen filtrado.
- Volcar esta información en un etiqueta de papel vegetal (para que el liquido no la rompa) y escrita con lápiz (para que el liquido no la borre), que se guarda dentro del frasco.

Para mayor seguridad de no mezclar y perder la información, es conveniente realizar ambos pasos en cada muestra.

Una vez en el laboratorio, para la estimación de la densidad, debemos realizar el conteo de los organismos que nos interesan (recuento), en este caso las formas larvales del bivalvo *Limnoperna fortunei* (Figura 3). Para ello es necesario contar con:

- lupa o microscopio
- cápsula de Petri o cámara de recuento
- probeta
- pipeta

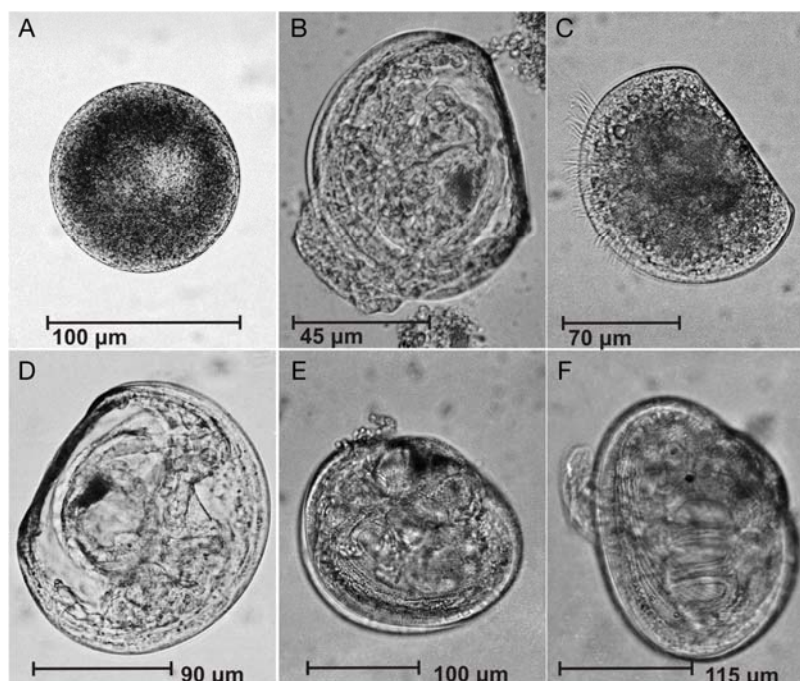


Figura 3. Etapas planctónicas del bivalvo *Limnoperna fortunei*. **A:** Huevo. **B:** Pre-veliger con larva incompleta. **C:** Veliger tipo D. **D:** Veliger preumbonada. **E:** Veliger umbonada. **F:** Plantigrada (Modificado de Darrigran y Damborenea, 2006).

Antes de comenzar con el recuento, se debe conocer el volumen de la muestra que se colectó en el frasco. Para ello se utiliza una probeta graduada, acorde con el

volumen del frasco colector. Este volumen también debe ser registrado, por ejemplo, el volumen de la muestra fue de 150 ml (0,150 litros).

Como a menudo es prácticamente imposible contar los organismos presentes en toda la muestra (en los 150 ml, para el ejemplo) se recurre a extraer un volumen conocido de estos al que se denomina submuestra o alícuota. Esta alícuota se extrae con una pipeta, previa homogeneización de la muestra. La homogeneización puede realizarse en forma manual, por agitación (revolviendo) de la muestra. Este paso, el de la homogeneización, tiene como objetivo que se produzca una resuspensión de los organismos que se habrán ido depositando en el fondo del frasco y lograr que éstos se distribuyan lo más uniformemente posible en el volumen de la muestra, para que la alícuota sea representativa de los organismos presentes en la muestra.

El contenido de la pipeta se vuelca en una cápsula de Petri pequeña y luego, bajo la lupa, recorriéndola en forma sistemática, se registra el número de organismos presentes. En el ejemplo, supóngase que se utilizó un pipeta de 2 ml y que se encontraron 5 larvas de *L. fortunei* en una primera alícuota y luego 6 individuos, en una segunda alícuota de otros 2 ml.

Para el cálculo de la densidad de larvas por litro de agua del ambiente se deberá tener en cuenta que:

Volumen total filtrado a través de la red = 12 baldes de 10 litros cada uno = 120 L

Volumen de la muestra del vaso colector = 150 ml = 0,150 L

Volumen de las alícuotas contadas y cantidad de ejemplares en cada una de ellas:

Alícuota	Número de larvas
1 (2 ml)	5
2 (2 ml)	6

Se debe calcular la cantidad de ejemplares en 1 ml. En este ejemplo, se encontraron 11 larvas en 4 ml, entonces:

$(5+6)/4 = 2,75$ individuos / 1 ml.

Por lo tanto, si el volumen de nuestra muestra del vaso colector era de 150 ml, en ésta hay:

$2,75 \text{ individuos} \times 150 \text{ ml} = 412,5 \text{ individuos}$

Esta cantidad representa los individuos que estaban presentes en los 120 litros de agua del ambiente. A partir de esta información, la densidad de larvas por litro de agua será:

$$412,5 \text{ individuos}/120 \text{ L} = 3,44 \text{ individuos/L}$$

A partir de este dato, la densidad se puede expresar en cualquier otra medida de capacidad.

Este método también se utiliza para estimar la densidad de otros grupos de organismos presentes en una muestra de plancton.

BIBLIOGRAFÍA

Dajoz, R. 2001. Tratado de ecología. Ediciones Mundi- Prensa

Darrigran, G. y M. Lagreca 2005. Moluscos Litorales del Estuario del Río de la Plata. Argentina. ProBiota. Serie Técnica y Didáctica n° 8. Versión Electrónica. (ISSN 1515-9329). FCNyM (UNLP).

Darrigran, G. and M. F. Lopez Armengol. 1998. Composition, structure and distribution of malacofauna living on a hard substrate at the Argentinian shore of Río de la Plata, Argentina. Gayana, 62(1):79-89. Chile

Darrigran, G. y C. Damborenea (eds.)(2006) Bio-invasión del mejillón dorado en el continente americano. EDULP, La Plata. Argentina. 220 pp.

Darrigran, G., A. Vilches, T. Legarralde y C. Damborenea. 2007. Guía para el estudio de macroinvertebrados. I.- Métodos de colecta y técnicas de fijación. ProBiota, Serie Técnica y Didáctica Nro 10. 86 pp.

De Wysiecki, M. L. y S. Torrusio. 2009. Protocolo metodológico para el monitoreo de tucuras.

(<http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/Tucura/Protocolo%20metodologico-%20Tucuras%20-%202009.pdf>)

Elliot, J. M. 1983. Some methods for the statistical análisis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association. Scientific Publication Nro 25.

Margalef, R. 1980. Ecología. Ed. Omega.

Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Serie Biología, Monografía Nro 22, 1- 169.

Price, P. W. 1997. Insect ecology. John Wiley & Sons, Inc. 874 pp.

Rabinovich, J. E. 1982. Introducción a la ecología de poblaciones animales. CECSA. México, 313 pp.

Smith, T. M. y R. L. Smith. 2006. Ecología. 6° edición. Pearson Educación S. A. Madrid, España, 776 pp.

Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1979. Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones. 832 pp.

Zúñiga, F. B. (Ed). 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Yucatán, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Instituto Nacional de Ecología. 507 pp.

Maroñas M. E., G. Marzoratti, A. Vilches, T. Legarralde & G. Darrigran. 2010. Guía para el estudio de macroinvertebrados. II.- Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos. *ProBiota*, FCNyM, UNLP, La Plata, Argentina, *Serie Técnica y Didáctica* 12: 1-34. ISSN 1515-9329.

ProBiota

(Programa para el estudio y uso sustentable de la biota austral)

Museo de La Plata
Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP
Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina

Directores

Dr. Hugo L. López
hlopez@fcnym.unlp.edu.ar

Dr. Jorge V. Crisci
crisci@fcnym.unlp.edu.ar

Dr. Juan A. Schnack
js@netverk.com.ar

Indizada en la base de datos ASFA C.S.A.