

## Métodos Absolutos y Relativos de Muestreo

### *(Absolute and Relative Sampling Methods)*

Badii, M.H., A. Guillen, J.L. Abreu, E. <sup>1</sup>Cerna, J. <sup>1</sup>Landeros & Y. <sup>1</sup>Ochoa. UANL, San Nicolás, N.L., [mhbadiiz@gamil.com](mailto:mhbadiiz@gamil.com), <sup>1</sup>UAAAN, Saltillo Coah. México

**Abstract.** Absolute and relative sampling methods are described briefly. Notions on distance methods, sampling a unit of habitat, capture-marking-recapture methods, and sampling by remotion are described as examples of absolute sampling methods. For relative methods sampling a unit of habitat, capture per unit effort, tarp sampling, and line transect are discussed. Comparisons among absolute and relative methods are made. Finally, abundance estimation based on quadrants with emphasis on the optimal size and shape is noted.

**Keywords:** Absolute and relative methods, population estimation, sampling

**Resumen.** Se describen de forma breve los métodos absolutos y relativos de muestreo. Entre los métodos absolutos se presentan nociones sobre métodos de distancia, muestreo de una unidad de hábitat, métodos de captura, marcaje y recaptura y los métodos de remoción por trampeo. En caso de los métodos de tipo relativo, se notan los métodos de captura por unidad de esfuerzo, captura por trampeo y línea de transecto. Se menciona la comparación entre los métodos absolutos y relativos. Finalmente, se describe la estimación de la abundancia por medio de cuadrantes con énfasis sobre la forma y el tamaño óptimo de los cuadrantes.

**Palabras clave:** Estimación poblacional, métodos absolutos y relativos, muestreo

### Introducción

Existen diferentes métodos tanto relativos como absolutos para el muestreo (Badii & Castillo, 2009<sub>a</sub>, Badii et al, 2011<sub>b</sub>). La pregunta crucial es el determinar qué tipo de estos métodos debemos utilizar. En otras palabras, dada una condición determinada, sería más factible e eficiente utilizar el muestreo de tipo absoluto o de tipo relativo. Los resultados de éstos dos tipos de muestreo se utilizan para determinar el tipo de dispersión espacial, dinámica poblacional y otros parámetros poblacionales (Badii & McMurtry, 1990, Badii & Moreno, 1992, Badii & Castillo, 2009<sub>b</sub>, 2011<sub>a</sub>). En este trabajo, tratamos de contestar esta pregunta.

#### A. Métodos absolutos

Los ecólogos de población usan más estos métodos donde las estimaciones sucesivas de número de individuos por unidad absoluta (área, volumen o tiempo) son necesarias para la construcción de tablas de vida y casi todos los estudios de dinámica poblacional en campo. Estos datos se usan para estimar tasas de natalidad (ganancia) y mortalidad (pérdida) y para validación de los modelos poblacionales descriptivos; en general, se usan los siguientes métodos.

##### 1. Muestreo en base a distancia

Los métodos en base a distancia fueron desarrollados por los fitoecólogos para la estimación rápida de la densidad de la vegetación ocurriendo a lo largo de un hábitat continuo. Estos métodos son más eficientes (menos costo por unidad de muestra) que el uso de cuadrantes, especialmente, cuando los individuos son bien distinguibles y están distanciados el uno del otro, por ejemplo, árboles en un bosque (Cottam & Curtis, 1956). En la estimación de parámetros (Ludwig & Reynolds, 1988), se miden las distancias de los puntos muestrales seleccionados de un cuadrícula regular en lugar de la selección aleatoria, sin pérdida de poder

estadístico (1 - error tipo dos). La limitación de este método es que no puede usarse para los organismos móviles.

Existen varios métodos de muestreo en base de distancia (Ludwig & Reynolds, 1988), de los cuales, basándose en la precisión y pérdida de poder estadístico, se recomiendan los siguientes métodos.

**a. El método de "muestreo de cuadro T."** Este método está basado en la medición de las dos siguientes distancias; **i)** entre un punto muestral y el individuo más cercano y **ii)** entre este individuo y su vecino más cercano (Diggle, 1983).

**b. Índice de dispersión de distancia de Johnson & Zimmer (1985).** El presente método requiere la medición de la distancia entre el punto muestral y el individuo más cercano. Las ecuaciones de estos modelos son: **i)** Muestreo de cuadro T:  $C = \sum [X_i^2 / (X_i^2 + 1/2 Y_i^2)] / N$ , donde,  $C$  = índice de dispersión,  $X_i$  = la distancia entre el "i" ésimo punto muestral y el individuo más cercano,  $Y_i$  = la distancia entre el "i" ésimo individuo y su vecino más cercano, y  $N$  = número total de puntos seleccionados. La  $C$  tiene una distribución aproximadamente normal con una varianza de  $1/(12 N)$ ;  $Z = (C - 1/2) / (1/(12 N))^{1/2}$ , el valor de la tabla  $Z = 1.96$  a  $P = 0.05$ . **ii)** Índice de dispersión de distancia de Johnson & Zimmer, 1985 ( $I$ ) cuya ecuación es:  $I = (N + 1) \sum (X_i^2)^2 / [\sum (X_i^2)]^2$ , donde, las notaciones son como arriba mencionadas. Ahora bien, los valores estadísticos de  $I$  igual a, mayor o menor de 2 significan distribución de tipo agregada, Poisson y uniforme, respectivamente. Se usa la prueba de  $Z = (I - 2) / [4(N - 1) / (N + 2)(N + 3)]^{1/2}$  para verificar estadísticamente el valor de  $I$ , donde el valor tabulado de  $Z$  es 1.96 a  $P = 0.05$ .

## 2. Muestreo de una unidad de hábitat

Comparado con el método anterior que es sólo bueno para los organismos sésiles, se usa el presente método tanto para los organismos sésiles como los móviles en el suelo, hojarasca, vegetación y aire. La desventaja de este método es que la especie bajo estudio casi siempre forma una pequeña proporción del total de especies muestreadas y por lo tanto, requiere mucho trabajo para procesar el material colectado. Para una revisión completa de este método se puede referir a Kogan & Herzog (1980).

## 3. Captura-recaptura.

La noción básica es capturar un grupo de organismos, marcarlos, liberarlos y después de un lapso de tiempo tomar la segunda muestra esperando una proporción igual de los individuos marcados en la muestra y la población. La validez de este método depende en los siguientes supuestos:

**a.** Que todos los individuos de la población tengan la misma probabilidad de ser capturados, es decir que la captura y recaptura sea aleatoria.

**b.** Que todos los individuos marcados estén sujetos a la misma tasa de pérdida (mortalidad y emigración).

**c.** Que los individuos tengan una distribución aleatoria. El método más sencillo es el de Lincoln (1930). Según éste modelo;  $N = M / (R/n)$ , donde,  $N$  = tamaño poblacional estimado,  $M$  = número de individuos marcados en la población,  $R$  = número de individuos marcados en la muestra y,  $n$  = número total de individuos en la muestra. Existen varios métodos de captura-recaptura de los cuales el más dinámico, versátil y

eficiente es el de Jolly (1965) (método múltiple). Este método requiere, aparte de los supuestos mencionados para el método simple, que: **a)** como mínimo 10% de la población sea muestreada, y **b)** la tasa mínima de supervivencia sea 50%. Además, el modelo de Jolly provee para cada fecha, estimaciones del tamaño poblacional, tasa de supervivencia, número de individuos nuevos que se agregan a la población, tasa de dilución (mortalidad y emigración) y error estándar para cada una de estas estimaciones.

#### **4. Remoción por trampeo.**

El fundamento de este método es que el número de individuos por unidad de tiempo se reduce debido a que la población se disminuye por el efecto de remover parte de ella mediante el proceso de trampeo (Southwood & Anderson, 2000). Este método se usa raramente en la agricultura debido a los supuestos irreales siguientes (Moran, 1952):

- a.** La población debe ser estable; no se permite natalidad, inmigración, mortalidad o migración durante el proceso de investigación.
- b.** Una probabilidad constante de captura de todos y cada individuo durante todo el muestreo.
- c.** El proceso de trampeo no debe cambiar la probabilidad de captura de cualquier individuo.

Existen varios modelos (Kono, 1953, Zippin, 1956) de remover por trampeo. Un método muy sencillo es el de Southwood (1966) en donde se grafican los números de individuos capturados en muestras sucesivas (eje *y*) contra los números acumulativos capturados (eje *x*), luego trazar a ojo una línea recta para estos datos, y el valor numérico en el punto de intersección de la línea recta con el eje *x*, se toma como una estimación del tamaño inicial de la población.

#### **B. Métodos relativos**

Aquí, el objetivo es cuantificar una proporción constante de los individuos por unidad específica (unidad de esfuerzo, trampa, etc.), comparado con la contabilización de *todos* los individuos para el muestreo absoluto. Por lo tanto, los métodos relativos, son más eficientes (menor costo por información obtenida) que los métodos absolutos. Los métodos relativos se dividen en dos grupos.

##### **1. Captura por unidad de esfuerzo.**

Ejemplos de este método son: líneas de transecto, D-Vac, visual, golpeo y sacudir, red entomológica, etc. La estimación aquí, está basada en la acción del observador.

##### **2. Captura por trampeo.**

Aquí los ejemplos son: trampa visual, Malaise, Windopane, pitfall, con atrayentes, etc. En este caso, la cuantificación de los elementos está basada en la acción propia del organismo que va a ser capturado. Según Southwood (1966), la captura de los individuos depende de los siguientes factores:

- a.** Densidad poblacional total.

- b. Densidad de la poblacional parcial.
- c. Nivel de actividad del organismo que depende del clima.
- d. Eficiencia de la captura del método que a su vez depende de factores como la temperatura, luz, presencia de la luna, altura del cultivo, % de humedad relativa, dispersión vertical de la población, etc.
- e. Reacción y respuesta de cada especie y cada sexo al estímulo en la trampa.

### 3. Línea de transecto

Uno de los métodos relativos de uso común en el monitoreo de los organismos es la *línea de transecto*. Este método está basado en la noción de que si el observador se mueve en un hábitat, el número de los organismos observados por él va a estar claramente relacionado con la densidad de los mismos. Existen dos tipos de modelos.

- a. **Estáticos.** Sólo el observador se mueve y por lo tanto, *observa* a los organismos o los provoca (disturba) a mover.
- b. **Dinámicos.** Ambos, tanto el observador como el observado se mueven. El método estático se ha usado para disturbar a saltamontes mediante sirenas, plaguicidas, avión o automóvil con 75% de eficiencia (Symmons et al., 1963). Otro método estático sofisticado es para las aves con una docena de estimadores, de los cuales el menos sesgado y con mínima varianza es el de Gates (1969):  $D = nA(2n - 1)/2L\sum r$ , donde,  $D$  es la densidad poblacional estimada,  $n$  = número de individuos observados,  $A$  es el tamaño del área,  $L$  = largo de transecto y  $r$  es la distancia del observador al observado. Un modelo dinámico de uso común es el de Yapp (1956):  $D = Z/2rV$ , donde,  $D$  = la densidad estimada,  $Z$  = número de encuentros por unidad de tiempo, es decir  $n/t$ ,  $r$  = media de distancia entre el observador y el organismo o el observado,  $V$  = velocidad media del organismo en relación con el observador y está dada por  $V^2 = u^2 + w^2$ , donde,  $u$  = velocidad media del observador y  $w$  = velocidad media del observado.

### Comparación entre los métodos absolutos y relativos

La selección de cualquier método de muestreo depende del nivel de precisión requerida y de la limitación en el costo del muestreo, hay dos formas de comparación entre los métodos relativos y absolutos.

1. **Comparación gráfica.** Si el patrón general de la fluctuación poblacional producida por el método absoluto es similar al del método relativo, entonces, basándose en el nivel de precisión y el costo, se selecciona el método relativo.
2. **Comparación estadística.** Se selecciona aquel método con menor nivel de coeficiente de variación ( $DE/m$ ) y variación relativa ( $EE_m/m$ ) y con mayor nivel de la precisión relativa neta:  $PRN = [(EE_m/m)(C_M)]^{-1}$ , donde,  $m$  es la media muestral,  $DE$  = desviación estándar,  $EE_m$  = error estándar de la media y  $C_M$  = el costo de muestreo. Además, se usa el Análisis de Varianza (ANOVA) para probar la diferencia entre las estimaciones generadas por los métodos relativos y absolutos.

### Estimar abundancia: Conteo por cuadrantes

El conteo de los organismos por medio de los cuadrantes constituye la técnica más antigua en ecología para estimar abundancia de animales y plantas (árboles, canguros, aves, balanos, caribúes, etc.) y se basa en dos requerimientos básicos: **1.** Conocer el área, el tamaño, forma y el volumen de los cuadrante. **2.** Que los organismos sean relativamente inmóviles durante el período de conteo.

### Tamaño y forma de cuadrante

La forma y el tamaño de los cuadrantes se basan en dos factores.

- 1. Usar datos de la literatura.** Para los bosques maduros utilizar cuadrante de 10 x 10 metros, para las herbáceas usar cuadrantes 1 m<sup>2</sup>, y para los organismos bénticos marinos emplear cuadrantes de 0.25 m<sup>2</sup> (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades de muestra usadas para organismos bénticos (Pringle, 1984).

Forma	Área (m <sup>2</sup> )				Total
	< 0.25	0.25	1	>1	
<b>Cuadrante</b>	3	4	6	1	14
<b>Circulo</b>	3	1	0	0	4
<b>Rectángulo</b>	3	0	0	0	3
<b>Total</b>	9	5	6	1	21

- 2. Usar tamaño y forma óptima.** La optimización se hace en dos maneras:
  - 2<sub>a</sub>.** De manera ecológica: el tamaño y la forma que mejor contestan la pregunta bajo estudio.
  - 2<sub>b</sub>.** En forma estadística: aquel tamaño y forma que proveen la máxima precisión, cabe recalcar que para un área dada o por una determinada cantidad de tiempo o recursos; la máxima Precisión = la mínima  $EE_m$ .

### Forma de cuadrante

El término cuadrante significa (estrictamente) una figura con cuatro lados, pero en la práctica se refiere a cualquier unidad muestral (UM) que sea circular, hexagonal o hasta irregular. Existen dos problemas asociados con la forma.

- 1.** El efecto del borde que es mínimo en cuadrantes circulares y máximo en cuadrantes rectangulares. La razón o la relación numérica del largo del borde al área dentro del cuadrante cambia de menor a mayor progresivamente de manera siguiente: círculo < cuadrado < rectángulo. El sesgo se origina cuando debe decidir si el organismo en el borde se le considera adentro o afuera del cuadrante; muchos ecólogos se le consideran adentro del cuadrante y este provoca sesgo. En realidad, no se sabe cómo cuantificar esto ya que depende del tipo del organismo y el hábitat. En término general, debe escoger un cuadrante con mínima razón borde/área (Tabla 2). Hay una sobreestimación (sesgo) debido al efecto del borde de cuadrante pequeño (1 m<sup>2</sup>) y por tanto, se elimina este cuadrante chico (Tabla 2).

Tabla 2. Sesgo debido a efecto del borde en cuadrantes chicos (Wiegert, 1962).

Tamaño (m <sup>2</sup> )	Peso seco de zacate (gr)
1	4.65
3	3.82
4	3.90
12	3.60
16	3.75

2. Cuadrantes largos y poco anchos son mejores que los circulares o cuadrados de menos longitud pero del mismo tamaño, esto se debe a la heterogeneidad del hábitat. Los cuadrantes largos cruzan más parches lo cual está asociado con la distribución de contagio del organismo en un área heterogénea. Clapham (1932) contabilizó el número de *Prunella vulgaris* en cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> de dos dimensiones: 1m x 1m y 4m x 0.25m. Este autor usó 16 cuadrantes y obtuvo los siguientes datos (Tabla 3). Los datos de ésta tabla indican la mejor eficiencia para los cuadrantes rectangulares. Sin embargo, esto no es así para todo tipo de muestreo, es decir, el cuadrante de tipo rectángulo largo es mejor y por tanto, hay que considerar cada caso por separado. Por ejemplo, Bormann (1953) indica esto para área basal de árboles, en otras palabras la “desviación estándar observado =  $DE_{obs}$ ” se reduce inversamente con el tamaño del cuadrante (Tabla 3). Sin embargo, si se muestra “un área igual”, entonces, la máxima precisión (mínimo error estándar =  $Min. EE_m$ ) resulta tomando 70 cuadrante de “4m x 4m” en lugar de dos cuadrantes de “4m x 10m”. En contrario, si se escogen igual número de cuadrantes, uno prefiere el cuadrante rectangular largo.

Tabla 3. Efecto del tamaño de cuadrante en  $EE_m$ .

Tamaño de cuadrante (m)	$DE_{obs}$ . (por 4m <sup>2</sup> )	Tamaño de muestra (n)	$EE_m$ de (n)
4m x 4m	50.7	70	6.06
4m x 10m	47.3	28	8.94
4m x 20m	44.6	14	11.92
4m x 70m	41.3	4	20.65
4m x 140m	34.8	2	24.61

## Referencias

- Badii, M.H. & J.A. McMurtry. 1990. Field experiments on predation, dispersión, regulation and population changes. *Publ. Biol.* 4(1-2): 43-48.
- Badii, M.H. & M.D. Moreno. 1992. Patrón de dispersión espacial y fluctuación poblacional de tres especies de barrenadores del fruto del tomate. *Publ. Biol.* 6(2): 184-188.
- Badii, M.H. & J. Castillo. 2009<sub>a</sub>. Muestreo Estadístico: Conceptos y Aplicaciones. UANL, Monterrey, 225 pp.
- Badii, M.H. & J. Castillo. 2009<sub>b</sub>. Distribuciones probabilísticas de uso común. *Daena*, 4(1): 149-178.
- Badii, M.H., A. Guillen & L.A. Araiza. 2010. Estimaciones estadísticas: Un acercamiento analítico. *Daena*. 5(1): 237-255.
- Badii, M.H., A. Guillen, E. Cerna & J. Landeros. 2011<sub>a</sub>. Dispersión espacial: El requisito esencial para el muestreo. *Daena International J. of Good Conscience*. 6(1): 40-71.
- Badii, M.H., A. Guillen, E. Cerna & J. Valenzuela. 2011<sub>b</sub>. Nociones introductorias de muestreo estadístico. *Daena International J. of Good Conscience*. 6(1): 89-105.
- Bormann, F.H. 1953. The statistical efficiency of sample plot size and shape in forest ecology. *Ecology*, 34: 474-487.
- Clapham, A.R. 1932. The form of the observational unit in quantitative ecology. *J. Ecol.* 20: 192-197.

- Cottam, G. & J.T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37: 451-460.
- Diggle, P.J. 1983. *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns*. Academic press, London.
- Gates, C.E. 1969. Simulation study of estimators for the line transect sampling method. *Biometrics*, 25: 317-328.
- Johnson, R.B. & W.J. Zimmer. 1985. A more powerful test for dispersion using distance measurements. *Ecology*, 66: 1084-1085.
- Jolly, G.M. 1965. Explicit estimates from captur-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biométrica*, 52: 225-247.
- Kogan, M. & D.C. Herzog. 1980. *Sampling methods on soybean entomology*. Springer-Varlag, N.Y.
- Kono, T. 1953. On estimation of insect population by time unit collecting. *Res. Popul. Ecol.* 2: 85-94.
- Lincoln, F.C. 1930. Calculating waterfowl abundance on the basis of banding returns. *U.S.D.A. Circ.* 118: 1-4.
- Ludwig, J.A. & J.F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology*. John Wiley y Sons, N. Y.
- Moran, P.A.P. 1952. The statistical analysis of gamebird records. *J. Anim. Ecol.* 21: 154-148.
- Pringle, J.D. 1984. Efficiency estimates for various quadrat sizes used in benthic sampling. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 1485-1489.
- Southwood, T.R.E. 1966. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman & Hall, N. Y.
- Southwood T.R.E. & P.A. Henderson. 2000. *Ecological Methods* Blackwell Science, Abingdon.
- Symmons, P.M., G.J.W. Dean & C.W. Stortenberer. 1963. The assessment of the size of populations of adults of the red lacust, *Nomadacris septemfasciata* (Serville), in an outbreak area. *Bull. Ent. Res.* 54: 549-569.
- Yapp, W.B. 1956. The theory of line transects. *Bird Study*, 3: 93-104.
- Zippin, C. 1956. An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*, 12: 163-189.