
Tema: Dinámica poblacional y distribución de una población vegetal en Unimagdalena

1. Densidad de una población. La cuantificación del número de individuos de una especie, es el primer paso requerido, si se quiere conocer aspectos ecológicos de una población. En caso de que la estimación se realice, con relación a una unidad de superficie o de volumen, se puede hacer una estimación de la densidad de los individuos de esa población.

Al evaluar la densidad de una población, de manera más sencilla, existen dos formas: **(1) densidad absoluta** que corresponde al número de individuos por unidad de área o volumen, por ejemplo, cuando se intenta relacionar la densidad de una población con su tasa reproductiva u otro estadístico vital y el análisis demanda tener información de los individuos en términos absolutos. **(2) la densidad relativa** que es la densidad de una población relativa a otra, puede estimarse con base a algún índice biológico que se correlacione con este tipo de densidad. Esta densidad es más adecuada para resolver problemas ecológicos además de ser más sencilla y económica de realizar que la densidad absoluta. Por ejemplo, algunas poblaciones suelen presentar una mayor abundancia en áreas con diferente grado de alteración natural o antrópico.

2. Patrones de distribución. De acuerdo a Krebs (1998), dos preguntas centrales en estudios ecológicos de poblaciones, se centran en saber *cuántos individuos hay (densidad)* y *como están distribuidos (posicionamiento)*. Si se decide utilizar un pesticida para combatir una población de insectos plaga, es importante saber, cuáles son sus proporciones o densidades y cómo viven o se distribuyen estos organismos en las plantas hospederas. Si se desea conocer el impacto de un depredador sobre una población de presas, es importante conocer su densidad y distribución espacial.

Conteos de plantas o animales en áreas de tamaño conocido están entre las técnicas más antiguas de la ecología (Krebs, 1998). Los muestreos son fáciles de realizar y pueden ser utilizados en una gran variedad de organismos. Se requiere de dos requisitos principales: (1) que el área (o volumen) es requerida para el conteo y (2) que los organismos sean poco móviles o fáciles de contar. El muestreo en cuadrantes ha sido utilizado extensamente en plantas y algunas poblaciones de animales semi-sésiles. En poblaciones de mayor movilidad es necesario tener un buen entrenamiento.

En cuanto a la pregunta relacionada a la distribución de los individuos, debemos hacernos la idea de que tan dispersos o agrupados están los individuos de las poblaciones naturales, lo cual puede proporcionar una idea de las interacciones y asociaciones potenciales intraespecíficas. Los organismos pueden distribuirse espacialmente en la naturaleza de manera *aleatoria*, *agrupada* o *uniforme* y una primera decisión que se puede hacer es determinar el índice ecológico o análisis estadístico que identifique a estos tres patrones.

Para la detección en campo de estos patrones de distribución de la población en estudio, se pueden presentar dos situaciones distintas, primero tener un mapeo espacial completo de la población en estudio. Esta es la situación ideal pues se pueden aplicar modelos matemáticos robustos y precisos de mapeos espaciales. Con estos mapas enumerados podemos conocer correctamente la densidad de las poblaciones. La segunda situación se presenta cuando se requiere muestrear poblaciones extensas que no han sido mapeadas ni enumeradas completamente.

Alle et al. (1949) afirman que las distribuciones agrupadas o contagiosas son una regla en la distribución de las poblaciones naturales. Esto se debe a numerosos factores a los que se puede atribuir el contagio de la distribución de los animales en el espacio. Una vez identificados estos factores, se está en condiciones de

describir cuantitativamente los diferentes arreglos espaciales con base a modelos matemáticos, así como la bondad estadística en su descripción (pruebas de bondad Chi-Cuadrado y Kolmogorov-Smirnov).

(1) *La distribución Aleatoria o azarosa (random)*, corresponde al arreglo más simple de los individuos en el espacio, es decir, que implica el menor número de supuestos y no necesita suponer mecanismos especiales de ningún tipo o proceso. Esta distribución parte de considerar dos tipos de supuestos (a) todos los puntos en el espacio tienen la misma probabilidad de ser ocupados por un organismo. (b) La presencia de un organismo en su ubicación espacial no afecta a la ubicación de otro organismo. Esto implica homogeneidad del ambiente, en un espacio que no solo pierde su continuidad, sino que también debe presentar las mismas condiciones de habitabilidad, lo cual impone condiciones pocas veces encontradas en sistemas naturales.

(2) *La distribución agrupada, contagiosa o en parches (clumped)*, refleja un patrón de heterogeneidad de los individuos y su ambiente (ej. Disposición de recursos como luz, temperatura, alimento, parejas, etc.). En un espacio con discontinuidades los factores ambientales varían de manera irregular, pero en límites en los cuales habrá zonas con óptima concentración de individuos, zonas de condiciones intermedias donde el número de individuos será intermedio y zonas con las mínimas condiciones la presencia de individuos.

(3) *La distribución uniforme o regular (uniform)*, se presenta en situaciones en donde existe un medio físico-biótico constante a lo largo del espacio, genera una interacción negativa entre los individuos, y puede deberse a la competencia entre los miembros de la población por cierto recurso que en la mayoría de los casos es el espacio o el alimento.

3. Tablas de vida y modelación matricial. En los censos poblacionales, la densidad de individuos, también puede cuantificarse por categorías de edades o de otra variable de estado (ej. por tamaños de individuos), deben ser organizado en formatos, que posteriormente son complementados con ecuaciones, para conocer tasas de supervivencia y de reproducción o fecundidad. En caso de que se cuente con la anterior información, se podrá organizar en tablas de vida, que permitan visualizar patrones demográficos de los individuos en sus diferentes edades o estados.

Las tablas de vida, sirven de apoyo a biólogos dedicados a estudios de conservación, el control de especies, amenazadas o invasoras o también, a la modelación ecológica. Estas tablas de vida, permiten resumir la información relacionada a la densidad, supervivencia, mortalidad o fecundidad de los individuos en diferentes clases de estado o de edad, entre otros atributos demográficos (ej. la esperanza de vida, la distribución estable de edades o el valor reproductivo).

Con esta información se pueden calcular diferentes indicadores que miden la estructura y el estado de conservación de las poblaciones, a partir de sus tasas vitales, su supervivencia y de sus ciclos de vida. Adicionalmente se puede proyectar el crecimiento de la población en cada estado o edad, mediante modelos numéricos y gráficos, a partir de esquemas matriciales como los propuestos a mediados del siglo XX por Leslie y Lefkovitch (Caswell, 2001).

A partir de estas matrices y algunas operaciones algebraicas, es posible resolver preguntas de investigación orientadas al patrón ecológico y aumento demográfico de poblaciones animales y vegetales, en diferentes periodos de tiempo futuro (días, semanas, años, dependiendo de la tasa de crecimiento de la población).

Cuando intentamos modelar el crecimiento de poblaciones de fauna o de flora, en los que la supervivencia y la reproducción se relacionan con la edad de los individuos, o con la estacionalidad, se puede asumir la población se encuentra estructurada, por diferentes tipos de estado, como la edad, tamaños, estadios. En este sentido, existen modelos, que permiten simular o proyectar los principales parámetros demográficos de las poblaciones a lo largo de sus ciclos de vida.

Para lo anterior, se suelen utilizar “tablas de vida” en donde los organismos de la población son organizados por clases de edad (x) o de estados (i). Estas tablas de vida consisten en arreglos de diferentes parámetros demográficos que afectan al incremento o disminución de las densidades poblacionales, con base en parámetros de supervivencia y de reproducción.

Una manera de representar la dinámica poblacional en cuanto a la fecundidad (F_x) y la supervivencia por cada clase de edad (S_x), consiste en organizar los datos de la tabla de vida, en una matriz, teniendo en cuenta a la estructura de edades o estados en columnas (tiempo t) y filas de contribuciones o de supervivencia (tiempo t+1).

Los modelos matriciales de estructuras de estado como las edades (x), son desarrollados a partir de matrices de Leslie (Leslie, 1954, 1958), consisten en la organización parámetros demográficos obtenidos de tablas de vida por edades (t_0), en tiempos futuros (t_1, t_2, \dots, t_n) o de los ciclos de vida. Las matrices pueden ser construidas a partir de censos previos a la etapa reproductiva (pre-reproductivos o prebreeding) o pos-reproductivos (postbreeding). Para el primer caso la fecundidad $F_x = S_x \cdot m_{x+1}$, para el segundo caso $F_x = S_0 \cdot m_x$, donde x es la edad del individuo y x+1 es la edad en un tiempo siguiente. Ejemplo de una matriz post-reproductiva:

$$L = \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_n \\ S_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_q & 0 \end{bmatrix}$$

Una vez que los datos son organizados en matrices de Leslie (L), se puede realizar una proyección multi-estado (multi-edad) del crecimiento poblacional, multiplicando a L por un vector columna (N_t), que representa a la densidad de la población en diferentes edades (x). Con lo anterior podremos calcular la densidad poblacional en un siguiente tiempo (N_{t+1}). Matricialmente $L \cdot N_t = N_{t+1}$, así:

$$L \times N_t = N_{t+1} = \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_n \\ S_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_n & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \\ n_2 \\ \dots \\ n_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{0+1} \\ n_{1+1} \\ n_{2+1} \\ \dots \\ n_{n+1} \end{bmatrix}$$

Para proyectar la población en tiempos siguientes, la L permanece constante, por lo que se asume que las tasas de fecundidad (F_x) y supervivencia (S_x) no cambian, la densidad en los siguientes periodos de tiempo.

Finalmente, el presente taller está orientado a la evaluación demográfica de una población vegetal de interés para su conocimiento ecológico, que se ubique en la parcela de bosque seco de la Universidad del Magdalena o en sus alrededores y que se encuentre preferiblemente en fase reproductiva, lo cual favorezca la evaluación de atributos reproductivos. Es necesario que cada grupo de estudiantes, realice sus mediciones en campo, para valorar la densidad de individuos, su patrón de distribución y organización de los datos en tablas de vida. Luego, con la información anterior, se procederá a realizar la proyección poblacional mediante modelación matricial. Complementario a lo anterior, es necesario, realizar una investigación exhaustiva, relacionada con aspectos como la ecología, la fenología y la fisiología de la especie en estudio, al igual que referentes de estudios demográficos realizados en esta especie en Colombia y a nivel local. Lo anterior mejorará el enfoque biológico en el análisis y discusión de los resultados del informe a presentar.

Objetivos de la actividad

Realizar un estudio demográfico de una población vegetal ubicada en la parcela de bosque seco – Unimagdalena.

Objetivos específicos.

- 1) Determinar la densidad poblacional de una muestra de individuos de una especie vegetal.
- 2) Determinar el patrón de distribución espacial de la población, con base a pruebas estadísticas (Poisson y Binomial Negativa) e índices de dispersión.
- 3) Determinar el carácter morfométrico que mejor se correlacione con el crecimiento y la reproducción de la especie en estudio.
- 4) Realizar una proyección de la población, para aproximar las densidades por clases de estado a futuro.

Metodología.

Tala 1. Materiales requeridos

Item	Material/equipo	Cantidad	Ubicación
1. Valoración de densidad y patrón de distribución			
1	Cinta métrica de modistería	1 por grupo	
2	Cinta métrica de albañil	1 por grupo	
3	Bolsa para colecta de material reproductivo (50 cm)	1 por grupo	
4	Madeja de hilo de color, metreada (200 m aprox.)	1 por grupo	
5	Tabla de acrílico con formatos para toma de información.	1 por grupo	
8	Estacas de madera (Longitud aprox.: 60 cm)	2 por grupo	
9	Croquis de la parcela a evaluar	1 por grupo	
10	Calculadora científica	1 por grupo	
11	Cinta de enmascarar	1 por grupo	
12	Brújula	1 por grupo	
6	Autorización de ingreso por Facultad	Estudiantes	Facultad
7	Decámetro	1 por grupo	Granja
13	Termómetro	1 todo el curso	Lab. Aguas
14	Luxómetro	1 todo el curso	Lab. Aguas
2. Tabla de vida y modelación matricial poblacional			
1	Cinta métrica de modistería	1 por grupo	
2	Cinta métrica de albañil	1 por grupo	
3	Tabla de acrílico con formatos para toma de información.	1 por grupo	
4	Dendrómetro o Ipsómetro. Para mediciones de altura.		Docente
3. Recomendaciones generales			
1	Vestimenta adecuada para trabajar en parcela (botas de caucho, pantalón y camisa manga larga, impermeable)		
2	Agua suficiente para beber, repelente y bloqueador solar.		
3	Apartar laboratorio de biología, para conteo de semillas		

1. Valoración de la densidad y patrón de distribución poblacional.

1.1 Diseño del muestreo. La siguiente figura (figura 1) esquematiza el diseño de muestreo para responder las preguntas relacionadas con la abundancia o densidad (transectos lineales) y la distribución de las especies (parcelas).

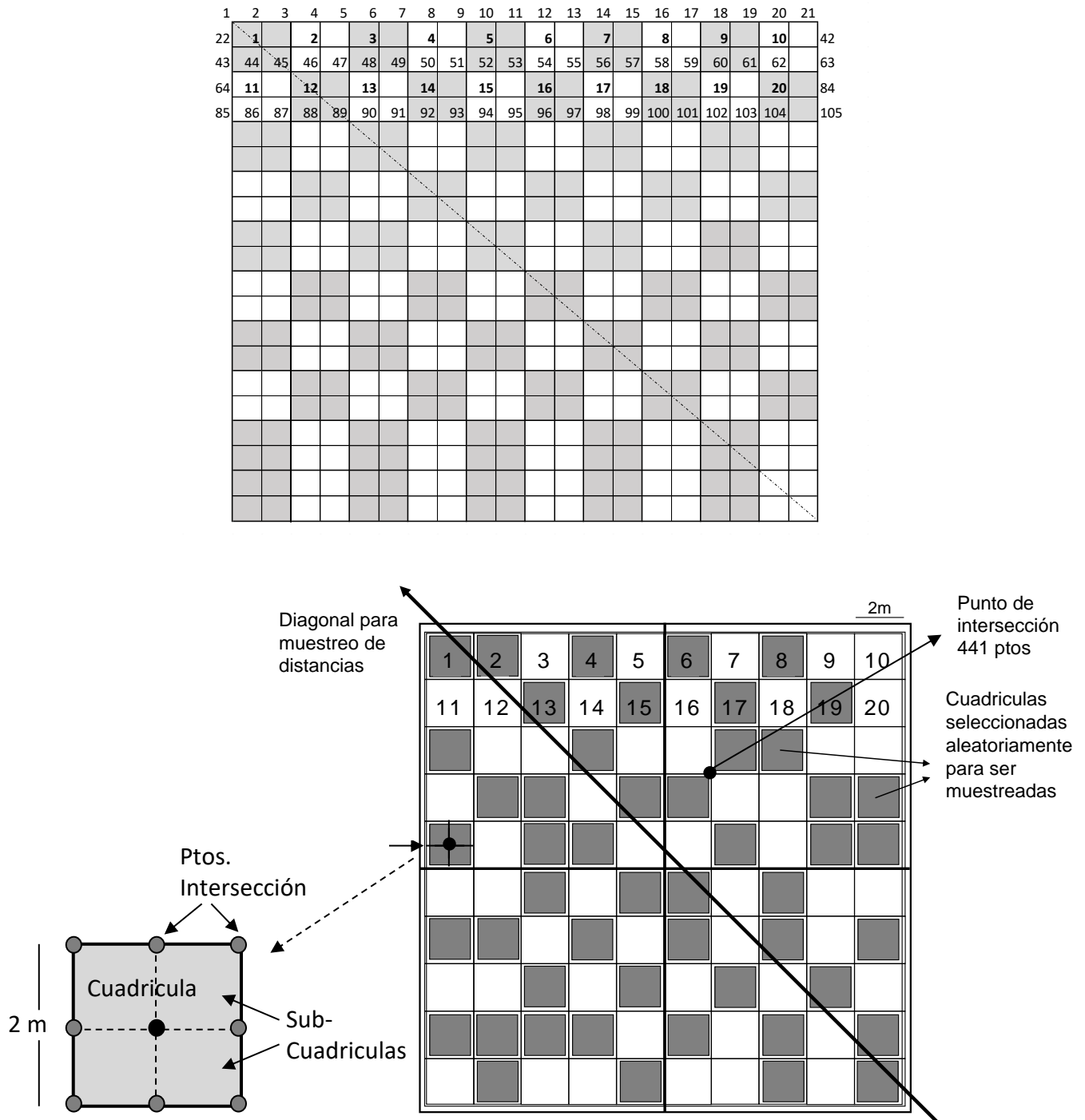


Figura 1. Diseño del croquis y de la parcela de muestreo, para la selección de cuadrantes de 2 x 2 m y puntos de intersección. Modificado de Bonilla & Guillot (2003).

Un grupo de dos a tres personas debe elaborar en papel, un croquis de un lote cuadrado con dimensiones de 20 x 20 m (400 m²) dividido en cuadrículas de 2 x 2 m (100 cuadros) y numerarse de marea secuencial contando hasta las 100 cuadrículas (figura 3). En estas cuadrículas deben realizarse sub-divisiones en su periferia a cada metro para obtener 441 puntos de intersección (200 subcuadrículas de 1m²).

Para estimaciones de distribución cada grupo escogerá 12 cuadrículas de manera azarosa (n= 12 UM) y para la densidad se escogerán 60 puntos de intersección aleatoriamente (20 para cada grupo de trabajo). La selección se realizará con ayuda de una tabla de números aleatorios.

Estimación de la distribución espacial de la población: con la ayuda de estacas y cuerdas debe delimitarse en campo el perímetro de muestreo del lote (lados de 20 x 20m = área de 400m²), ayudándose con brújulas para que todo quede lo más recto posible. Una vez delimitado se subdivide este en 4 cuadrantes por medio de cuerdas móviles las cuales servirán como guía para la ubicación de las 48 cuadrículas metros.

Se realizará un conteo de los individuos en las 12 cuadrículas (cuadrantes)/grupo, incluyendo a las plántulas de la población en estudio tabulando los siguientes datos: altura de la planta, diámetro de la roseta, longitud de la hoja más larga y estado fenológico (vegetativo o reproductivo: flor o frutos en dispersión) (tabla 2). Esta información también servirá para estimar densidad promedio de indvs.

Estimación de la densidad poblacional mediante distancias: Adicional al conteo de individuos por cuadrante, se realizará la estimación de densidad por puntos de intersección de la siguiente forma: (a) Medir la distancia en centímetros de los dos individuos más cercanos a cada uno de los 20 puntos de intersección de cada grupo de estudiantes. Cada grupo se encargará de medir 40 distancias (tabla 3). (b) Registrar la distancia perpendicular (en *cm*) de todos los individuos al transecto diagonal en una franja de 2m a cada lado de la línea, incluyendo a los individuos que caen debajo de la línea cuya distancia será cero. Anotar en planillas separadas los datos para plántulas y para adultos (tabla 4).

Como parte de los datos de campo se debe hacer una descripción del área de estudio, incluyendo relacionada a: inclinación o pendiente (puede medirse con un clinómetro), temperatura promedio, intensidad lumínica, posición de piedras grandes, charcos, presencia de otras especies vegetales, etc. *Hacer planillas de registro separadas para: (a) los conteos por cuadrículas, (b) medidas de distancias a puntos aleatorios y (c) medidas de distancia al transecto diagonal, como en las tablas 2 a 4.*

Tabla 2. Conteo de individuos en las cuadrículas.

Cuadrícula	Abundancia	Altura	Diámetro Roseta	*Fenología	
	(cm)	(cm)	(cm)	Vegetativo	Reproductivo
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Tabla 3. Distancia de los dos individuos más cercanos a los puntos de intersección

Punto de intersección	Individuo	Distancia (x_i)	Punto de intersección	Individuo	Distancia (x_i)
		(cm)			(cm)
1	1		11	1	
	2			2	
2	1		12	1	
	2			2	
3	1		13	1	
	2			2	
4	1		14	1	
	2			2	
5	1		15	1	
	2			2	
6	1		16	1	
	2			2	
7	1		17	1	
	2			2	
8	1		18	1	
	2			2	
9	1		19	1	
	2			2	
10	1		n= 20	1	
	2			2	

Tabla 4.1. Distancia de individuos (Plántulas) al transecto diagonal en franja de 4 m

Individuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Distancia (d_i) (cm)										

Tabla 4.2. Distancia de individuos (Adultos) al transecto diagonal en franja de 4 m

Individuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Distancia (d_i) (cm)										
Individuo	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Distancia (d_i) (cm)										

Análisis de los datos.**Tabla 5.** Resumen de procedimientos para evaluar el patrón de *distribución* y de dispersión de una población

Objetivo	Actividad de Campo	Patrón	Índice
Determinar la distribución espacial de la población (Aleatorio, Agrupado, Uniforme)	Cuento de individuos en cuadrículas (12 cuadrículas/grupo)	Distribución	Probabilidad Poisson
			Probabilidad Binomial negativa
		Dispersión	
			Razón Varianza/Promedio (ID)
			Agrupamiento (IC)
			Coef. Green (IG)
			Holtage (IH)
			Morisita (Id)

Tabla 6. Resumen de procedimientos para evaluar la abundancia y *densidad* de una población

Objetivo	Actividad de Campo	Método/Índice
Determinar la densidad de individuos	Conteo en cuadrículas (12 /grupo)	Promedio de indvs./área
	Distancia de 2 indvs. a pto de intersección (20/grupo)	Estimador - N
	Distancia perpendicular de indvs. Al Transecto Lineal (Diagonal)	King (D)
		Hayne (D)

1.2. Análisis de datos.

(a) Estimación estadística de la distribución espacial de la población.

Consiste en desarrollar un procedimiento que permita comparar la distribución espacial de frecuencias observadas en los cuadrantes muestreados contra una distribución espacial de frecuencias esperadas (tabuladas) que se genera aleatoriamente (técnicas estadísticas). Con ello probamos la hipótesis nula (H_0) mediante una prueba de bondad de ajuste Chi Cuadrado (χ^2) la cual infiere: $H_0 =$ *la distribución de la población es aleatoria* y se presenta cuando la probabilidad de que ambas distribuciones de frecuencia (observada y esperada) se ajustan o corresponden a la misma población estadística. Si, por el contrario, el patrón de frecuencia observado difiere significativamente del esperado (no se ajusta), rechazamos a la H_0 y el patrón podrá ser agrupado o uniforme. En esta última opción aceptamos la hipótesis alterna (H_1 : *la distribución de la población no es aleatoria*) y aplicamos índices o coeficientes de dispersión para determinar si el patrón es agregado o uniforme (algunos de estos índices se verifican con pruebas de bondad de ajuste).

a.1. Diseño estadístico de Probabilidad Poisson. Por medio de este modelo matemático se evaluará si el patrón de distribución de la población que satisface mejor las condiciones de un arreglo al azar o aleatorio. Representa a la distribución aleatoria de acuerdo a las siguientes consideraciones: (a) Cada unidad muestral (UM) tiene igual probabilidad de contener a un individuo, (b) la ocurrencia de un individuo en una UM no es influenciada por la presencia de otro, (c) igual disponibilidad de espacio entre cada UM y (d) el número de individuos es relativamente bajo al máximo posible. Los pasos para desarrollar esta prueba son los siguientes:

Paso 1. Establecer la hipótesis de estado: $H_0 =$ los individuos de cada UM presentan distribución Poisson, pues se distribuyen aleatoriamente. Si la hipótesis es rechazada pueden presentarse patrones agregados o uniformes.

Paso 2. Calcular la distribución de frecuencias observadas (F_x)=N: con datos de individuos por UM: ($x= 0, 1, 2, 3, \dots, r$ individuos), F_x es el número de UM observadas que contienen a los x individuos. El número mínimo de UM > 30 (ej. 30 hojas, 30 sub-parcelas, etc.) para muestras de menor tamaño aplicar índices de dispersión.

Paso 3. Encontrar las probabilidades Poisson (P_x): es la probabilidad de encontrar x individuos en una UM y está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{(x)} = \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu}$$

Donde, $e = 2.7183$

$x!$ = factorial de x (ej. Para $x = 3! = (3)(2)(1) = 6$)

μ = media paramétrica de la distribución Poisson. El estimador de μ es el estadístico

computado para las probabilidades $x= 0, 1, 2, 3, \dots, r$ individuos.

La probabilidad para los 4 primeros individuos es:

Prob. \ Indv	0	1	2	3	4
P_x	$e^{-\mu}$	$\mu e^{-\mu}$	$\frac{\mu^2}{2} e^{-\mu}$	$\frac{\mu^3}{6} e^{-\mu}$	$\frac{\mu^4}{24} e^{-\mu}$
P_x	$e^{-\mu}$	$(\mu)(P_0)$	$(\mu/2)(P_1)$	$(\mu/3)(P_2)$	$(\mu/4)(P_3)$

$$P_x = P_{x-1} \left(\frac{\bar{x}}{x} \right)$$

$$E_0 = (N_0)P_{(0)}, E_1 = (N_1)P_{(1)}, E_2 = (N_2)P_{(2)}, \dots, E_r = (N_r)P_{(r)}.$$
$$x^2 = \sum \left[(F_x - E_x)^2 / E_x \right]$$

Tabla 7. Los datos de la prueba Poisson deben ser tabulados de la siguiente manera:

[illegible]

(b.1) Razón Varianza Promedio o Índice de Dispersión (ID). Calcula la relación *varianza – promedio* la cual debe ser igual a 1, cuando la población presenta una distribución aleatoria. El índice de dispersión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$ s^2 es la varianza del número de individuos por cada UM (cuadrículas)
 \bar{x} corresponde a la media del número de individuos en las UM.

$$s^2 = \left(\frac{1}{N-1} \right) \left[\sum_{x=0}^{10} (x^2 F_x) - (\bar{x} \cdot N) \right]$$

x_i es el número de individuos en cada UM.

$$IC = (s^2 / \bar{x}) - 1$$

$$IC = ID - 1$$

IC Presenta limitaciones para medir el agrupamiento por su dependencia de n .

Guía de taller en aula viva. Docente: Javier Rodríguez – Biología Unimagdalena

Larsen & Bliss (1998) este índice es demasiado sensible al efecto de borde. Dicho índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IH = \frac{\sum \frac{d^2}{d'^2}}{n} - 0.5$$

Donde, n = total de puntos aleatorios de intersección muestreados.
 d = distancia desde el punto aleatorio al primer individuo más cercano.
 d' = distancia desde el punto aleatorio al segundo individuo más cercano.
 $IH = 0$ la distribución es aleatoria
 $IH > 0$ la distribución es agrupada
 $IH < 0$ la distribución es uniforme.

(c) Evaluación de la densidad de la población.

(c.1) Estimación de la densidad poblacional mediante distancias. Estimar la densidad de los individuos con los datos de distancias (tabla 2) utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\hat{N} = \frac{n}{\pi \sum (x_i^2)}$$

n = número UM (cuadrículas muestreadas – tabla 3)
 x_i = distancia desde un punto aleatorio al individuo más cercano
 $\pi = 3.141592654$

$$D = \frac{n^2}{2L \sum d_i}$$

1 Método de King (con transecto diagonal – tabla 4)
 D = Densidad de la población (*hacerlo para plántulas y adultos)
 n = Número de individuos contados en el transecto.
 d_i = Distancia (m) de los individuos al transecto
 L = Longitud del transecto en metros (calcular hipotenusa, con lados de 20 y 18 metros)

$$D = \frac{\sum (1/d_i)}{2L}$$

2. Método de Hayne (evita subestimaciones del método de King)
 * Para las tres ecuaciones, los datos deben estar en metros.
 * La idea es comparar diferencias entre métodos

2. Tabla de vida y modelación matricial.

2.1. Diseño del muestreo. Inicialmente se realizará el reconocimiento del área de estudio, mediante recorridos, para seleccionar los individuos a evaluar. La población debe cumplir con los siguientes requisitos: (1) frecuencia de aparición significativa, (2) variabilidad de tamaños o coberturas, (4) deben encontrarse en fase reproductiva, preferiblemente con flores y frutos.

Posteriormente se deben escoger al azar los individuos (plántulas, juveniles o adultos) de la población a censar. A cada individuo se le tomarán algunas mediciones que se asocien con su estado de crecimiento y que permitan tabular sus datos por clases de tamaño (ej. Altura total, cobertura promedio por mediciones de diámetros). Adicionalmente se realizará una estimación del número total de semillas, a partir de una muestra evaluada.

2.2. Análisis de la información. Con la información colectada se realizará una tabla de vida estática o vertical, que inicie con clases de estado (i), que relacionen a la frecuencia de individuos por tamaños, así como el resto de atributos demográficos requeridos, incluida su esperanza de vida, distribución estable y el valor reproductivo. Posteriormente se debe elaborar una *matriz de Lefkovitch* que permita proyectar a la población en diferentes periodos de tiempo, para lograr encontrar la distribución estable de estados (λ).

Finalmente se debe dar respuesta a la pregunta de investigación que sea planteada por el grupo, incorporando elementos del contexto en el lugar evaluado y posibles efectos que pueden presentarse si continua la proyección calculada por el taller realizado.

Tabla 8. Ejemplo de plantilla de campo (deben llevarse a campo copias impresas con más filas)

Nombre del colector: Fecha:				Nombre de la Especie: Nombre común:			
GENERALES				REPRODUCTIVOS			
Individuo	Long. Total - L (cm)	Diámetro - D (cm)	Cobertura - C (cm ²)	No. Frutos (muestra)	No. Semillas - B (muestra)	B Total	Observaciones
1							

Se debe escoger la medida más relacionada con los atributos reproductivos, esto puede realizarse por medio de **correlaciones** entre tamaños, diámetros, o coberturas vs. Número de semillas (Bx). La variable con mayor correlación, será utilizada para construir las clases de estado, de la primera columna de la tabla de vida.

Requerimientos del informe.

Todas las tablas y figuras realizadas, deben presentarse en el documento de Word. El documento debe ser presentado en formato de informe técnico (<http://guillermoperdomo.blogspot.com/2011/06/guia-para-la-elaboracion-del-informe.html>). **Fecha de entrega del informe: lunes 23 de octubre.**