

ECOLOGÍA.

**Métodos de muestreo y análisis de
poblaciones y comunidades.**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. BASES CONCEPTUALES DEL MUESTREO	17
1.1 GENERALIDADES	17
1.2 BIBLIOGRAFÍAS DE REFERENCIA	22
2. PRESENCIA–AUSENCIA	24
2.1 MARCO TEÓRICO	24
2.2 FORMULACIONES	28
2.3 APLICACIONES	30
2.3.1 Estimación del Número de Especies	30
2.3.2 Análisis de Clasificación	32
2.3.3 Ejercicio Propuesto	35
2.3.4 Prácticas Sugeridas	36
2.4 TEMAS DE CONSULTA	38
2.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	38
3. CUANTIFICACIÓN APRECIATIVA	40
3.1 MARCO TEÓRICO	40
3.2 FORMULACIONES	42
3.3 APLICACIONES	44
3.3.1 Cuantificación Apreciativa	44
3.3.2 Gradiente Espacial	45
3.3.3 Ejercicio Propuesto	47
3.3.4 Prácticas Sugeridas	47
3.4 TEMAS DE CONSULTA	48
3.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	48
4. ABUNDANCIAS: OBSERVACIONES O CAPTURAS	50
4.1 MARCO TEÓRICO	50
4.2 FORMULACIONES	55
4.3 APLICACIONES	56
4.3.1 Muestreo por Transecto Lineal	56
4.3.2 Curva de Diversidad Acumulada	59
4.3.3 Análisis de Clasificación	61

4.3.4 Ejercicio Propuesto	68
4.3.5 Prácticas Sugeridas	68
4.4 TEMAS DE CONSULTA	70
4.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	70
5. DENSIDAD DEFINIDA POR EL EQUIPO DE MUESTREO	73
5.1 MARCO TEÓRICO	73
5.2 FORMULACIONES	76
5.3 APLICACIONES	77
5.3.1 Curva de Diversidad Acumulada	77
5.3.2 Estimación de la Densidad	79
5.3.3 Comparación de Resultados	80
5.3.4 Ejercicio Propuesto	83
5.3.5 Prácticas Sugeridas	83
5.4 TEMAS DE CONSULTA	85
5.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	85
6. DENSIDAD EN CUADRANTES, PARCELAS O TRANSECTOS	87
6.1 MARCO TEÓRICO	87
6.2 FORMULACIONES	92
6.3 APLICACIONES	95
6.3.1 Índice de Valor de Importancia	95
6.3.2 Ejercicio Propuesto	97
6.3.3 Prácticas Sugeridas	98
6.4 TEMAS DE CONSULTA	101
6.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	101
7. DENSIDAD ESTIMADA POR MEDICIONES DE DISTANCIA. ORGANISMOS SÉSILES	104
7.1 MARCO TEÓRICO	104
7.2 FORMULACIONES	107
7.3 APLICACIONES	108
7.3.1 Distancia de un Punto Aleatorio al Individuo más Próximo	108
7.3.2 Cuadrantes Centrados en un Punto	110
7.3.3 Distancias de un Punto al Individuo más Próximo y de allí al Vecino más Próximo	112
7.3.4 Ejercicio Propuesto	113
7.3.5 Prácticas Sugeridas	114
7.4 TEMAS DE CONSULTA	115
7.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	115

8. DENSIDAD ESTIMADA POR MEDICIONES DE DISTANCIA. ORGANISMOS MÓVILES	117
8.1 MARCO TEÓRICO	117
8.2 FORMULACIONES	120
8.3 APLICACIONES	121
8.3.1 Transecto Lineal	121
8.3.2 Ejercicios Propuestos	123
8.3.3 Prácticas Sugeridas	125
8.4 TEMAS DE CONSULTA	126
8.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	126
9. DENSIDAD ESTIMADA A PARTIR DE ARRASTRES	127
9.1 MARCO TEÓRICO	127
9.2 FORMULACIONES	129
9.3 APLICACIONES	129
9.3.1 Rastra	129
9.3.2 Ejercicio Propuesto	129
9.3.3 Prácticas Sugeridas	130
9.4 TEMAS DE CONSULTA	131
9.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	131
10. COBERTURA	132
10.1 MARCO TEÓRICO	132
10.2 FORMULACIONES	138
10.3 APLICACIONES	139
10.3.1 Longitud Intercepto	139
10.3.2 Ejercicios Propuestos	141
10.3.3 Prácticas Sugeridas	142
10.4 TEMAS DE CONSULTA	143
10.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	143

11. OBSERVACIONES Y CAPTURAS POR UNIDAD DE ESFUERZO	146	
11.1 MARCO TEÓRICO	146	
11.2 FORMULACIONES	151	
11.3 APLICACIONES	152	
11.3.1 Observación por Unidad de Esfuerzo mediante un		Recorrido Libre 152
11.3.2 Técnica Visual Rápida (RVT)	153	
11.3.3 Ejercicio Propuesto	153	
11.3.4 Prácticas Sugeridas	154	
11.4 TEMAS DE CONSULTA	156	
11.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	156	
12. CAPTURAS POR UNIDAD DE ESFUERZO. EVALUACIÓN PESQUERA	158	
12.1 MARCO TEÓRICO	158	
12.2 FORMULACIONES	161	
12.3 APLICACIONES	164	
12.3.1 CPUE para Artes Iguales	164	
12.3.2 CPUE para Artes Diferentes	165	
12.3.3 Índice de Importancia Pesquera (IIP)	165	
12.3.4 Histograma de Frecuencias	166	
12.3.5 Crecimiento Corporal: Morfometría I, Regresión Tipo I	169	
12.3.6 Crecimiento Corporal: Morfometría I, Regresión Tipo II	177	
12.3.7 Crecimiento Corporal: Morfometría II	177	
12.3.8 Rendimiento Máximo Sostenido (RMS)	179	
12.3.9 Ejercicio Propuesto	182	
12.3.10 Prácticas Sugeridas	183	
12.4 TEMAS DE CONSULTA	183	
12.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	184	
13. MARCACIÓN Y RECAPTURA. MÉTODO DE PETERSEN	186	
13.1 MARCO TEÓRICO	186	
13.2 FORMULACIONES	187	
13.3 APLICACIONES	188	
13.3.1 Método de Petersen	188	
13.3.2 Ejercicio Propuesto	188	
13.3.3 Prácticas Sugeridas	189	
13.4 TEMAS DE CONSULTA	190	
13.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	190	

14. MARCACIÓN Y RECAPTURA. CAPTURAS SUCESIVAS	191
14.1 MARCO TEÓRICO	191
14.2 FORMULACIONES	192
14.3 APLICACIONES	192
14.3.1 Captura y Remoción	192
14.3.2 Método de Schnabel	194
14.3.3 Ejercicio Propuesto	196
14.3.4 Prácticas Sugeridas	197
14.4 TEMAS DE CONSULTA	197
14.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	197
15. MUESTREO INDIRECTO	199
15.1 MARCO TEÓRICO	199
15.2 FORMULACIONES	200
15.3 APLICACIONES	200
15.3.1 Estimación de la Densidad Arbórea a partir del Diámetro a la	
	Altura del Pecho 200
15.3.2 Ejercicio Propuesto	203
15.3.3 Prácticas Sugeridas	203
15.4 TEMAS DE CONSULTA	204
15.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	204
16. PRODUCCIÓN-PRODUCTIVIDAD PRIMARIA	206
16.1 MARCO TEÓRICO	206
16.2 FORMULACIONES	208
16.3 APLICACIONES	209
16.3.1 Producción y Respiración en Fitoplancton	209
16.3.2 Ejercicio Propuesto	211
16.3.3 Prácticas Sugeridas	211
16.4 TEMAS DE CONSULTA	214
16.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	214
17. PRODUCCIÓN-PRODUCTIVIDAD SECUNDARIA	216
17.1 MARCO TEÓRICO	216
17.2 FORMULACIONES	218
17.3 APLICACIONES	220
17.3.1 Diversidad	220
17.3.2 Similitud	220
17.3.3 Preferencia	221
17.3.4 Producción y Productividad en Cultivo de Peces	222
17.3.5 Ejercicios Propuestos	224
17.3.6 Prácticas Sugeridas	226
17.4 TEMAS DE CONSULTA	226
17.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	226

18. ESTADÍSTICA E INTERVALOS DE CONFIANZA	228
18.1 MARCO TEÓRICO	228
18.2 FORMULACIONES	230
18.2.1 Distribución Normal	230
18.2.2 Distancia desde un Punto Aleatorio al Individuo más Próximo (Cap. 7)	231
18.2.3 Cuadrantes Centrados en un Punto (Cap. 7)	231
18.2.4 Distancia de un Punto al Individuo más Próximo y de allí al Vecino más Próximo (T-square, Cap. 7)	231
18.2.5 Marcación y Recaptura, Método de Petersen (Cap. 13)	232
18.2.6 Poblaciones que Siguen una Distribución de Poisson	232
18.2.7 Análisis de Regresión	232
18.2.8 Comparación de 2 Promedios	233
18.3 APLICACIONES	234
18.3.1 Cálculos Básicos	234
18.3.2 Pruebas de Hipótesis y Error de Muestreo	235
18.3.3 Distancias de un Punto Aleatorio al Individuo más Próximo	237
18.3.4 Cuadrantes centrados en un Punto	238
18.3.5 Distancia de un Punto al Individuo más Próximo y de allí al Vecino más Próximo (T-Square)	238
18.3.6 Marcación y Recaptura por el Método de Petersen	239
18.3.7 Distribuciones de Poisson	239
18.3.8 Análisis de Regresión	240
18.3.9 Ejercicios Propuestos	240
18.3.10 Prácticas Sugeridas	241
18.4 TEMAS DE CONSULTA	242
18.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	242
19. MUESTREO POR PROPORCIONES	243
19.1 MARCO TEÓRICO	243
19.2 FORMULACIONES	244
19.3 APLICACIONES	245
19.3.1 Cálculos Básicos	245
19.3.2 Ejercicio Propuesto	247
19.3.3 Prácticas Sugeridas	247
19.4 TEMAS DE CONSULTA	247
19.5 BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	248
ANEXO I. RESUMEN TÉCNICAS DE MUESTREO	249
ANEXO II. ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN	252
ANEXO III. TABLAS ESTADÍSTICAS	265

INTRODUCCIÓN

Los estudios ecológicos abarcan una innumerable cantidad de propósitos cuya única limitante es la inquietud científica del profesional. Entre sus objetivos incluye conocer tópicos como:

- La dinámica de una población, su distribución mundial, regional o local, en relación con procesos de especiación y radiación adaptativa, con registros medio ambientales o con características del hábitat
- La abundancia y composición de una comunidad o un taxón y sus cambios ante gradientes naturales o problemas de contaminación
- La toxicidad aguda o crónica de múltiples compuestos
- Los organismos indicadores de diferentes condiciones ambientales
- Las condiciones fisicoquímicas de diferentes ecosistemas
- Los procesos de sucesión secundaria y recuperación natural de ecosistemas degradados, así como las medidas que puede implementar el hombre para favorecer dicho proceso
- Los niveles de aprovechamiento sostenible de comunidades o poblaciones
- La estructura trófica y las relaciones interespecíficas
- El control químico o biológico de plagas y sus efectos en los ecosistemas
- Las tasas de deterioro, contaminación o deforestación de hábitat por causas humanas o naturales.

A veces la ecología simplemente busca resolver inquietudes básicas de investigación como las que se refieren a:

- Los tipos y la concentración de pigmentos en diferentes plantas
- La función de características anatómicas específicas
- La descripción de comportamientos individuales o de grupo y su relación con ventajas de supervivencia
- La comparación de características morfométricas entre especies o edades
- La identificación de convergencias anatómicas como respuesta a ambientes semejantes
- Las respuestas fisiológicas a ciclos diarios, mensuales o anuales, entre otros.

Cada uno de los ejemplos expuestos encierra variados objetivos que necesitarán de metodologías de campo y laboratorio específicas, así como equipos y materiales definidos. Pueden ser tan complejos que requieren de satélites, equipos de telemetría, geoposicionadores o microscopios electrónicos, o tan sencillos que basta con un papel y un lápiz para anotar registros u observaciones.

La pregunta que motiva una investigación y los diferentes objetivos específicos que ésta encierra, determinan las variables que se van a registrar. El diseño metodológico resuelve la estrategia más eficiente para hacer las distintas mediciones, teniendo presente el tiempo, los costos, el número y el tipo de personas que se requieren, los equipos y los procedimientos de campo y laboratorio. Las herramientas de análisis como son los cálculos numéricos y los análisis estadísticos también están ligados al estudio en sí y, día a día, se han hecho más necesarios dado que ellos permiten demostrar si los resultados de una investigación obedecen a procesos ecológicos y no son producto del azar y, por tanto, pueden ser explicados mediante variables bióticas, variables ambientales o por condiciones de prueba en laboratorio.

El presente texto busca ofrecer lineamientos para el muestreo de poblaciones y comunidades. En las poblaciones se estudia una única especie (*autoecología*) o algunas variables particulares de ellas como talla, peso, tasa de crecimiento o de supervivencia y, de manera general, tópicos propios de la dinámica de poblaciones que incluyen también clases de edad, proporción de sexos o épocas de reproducción.

En el estudio de las comunidades, por otro lado, se estudia el ensamblaje de las especies que comparten un hábitat, así como las relaciones y los procesos que establecen entre sí (*sinecología*). Así, por ejemplo, en el bentos de un río se observan insectos, moluscos, gusanos, crustáceos o incluso peces. La *taxocenosis* constituye un caso particular del estudio de las comunidades que se refiere a un único grupo taxonómico, como corales, ictiofauna, fitoplancton, manglares o macrófitas. En uno u otro caso, el mayor interés recae generalmente en el conocimiento de su estructura la cual incluye aspectos como importancia, densidad o biomasa, distribución espacial y temporal, e interrelaciones entre ellas y el medio ambiente. El cálculo de alguna expresión de riqueza o diversidad queda implícito en las anteriores.

Una diferencia importante entre el estudio de las poblaciones y de las comunidades recae, por lo regular, en la cantidad de variables que se evalúan. En las primeras se cobija un número bajo y muchas de ellas se analizan de manera independiente por lo que se acude a las formulaciones propias de la estadística uni o bivariada. En las comunidades, por el contrario, el total de especies, morfoespecies o grupos taxonómicos encontrados, en ocasiones supera el centenar y por ende se acude a índices o técnicas multivariadas.

Cabe referir que por imposibilidades técnicas o económicas generalmente no se contabilizan todos los individuos de una población o comunidad (Ej.: plancton en una bahía), es decir, no se realizan censos, por lo que se debe acudir a muestras, las cuales deben ser *representativas* de sus comunidades. Es posible evaluar la bondad de las muestras mediante gráficas sencillas o a través de cálculos estadísticos, aunque naturalmente la precisión varía, así como varían las circunstancias en que pueden ser aplicados unos u otros procedimientos.

De manera general, el estudio de las variables bióticas define connotaciones ecológicas importantes, ya que son el resultado de las condiciones ambientales, por lo que permite conocer no solamente la forma en que los gradientes naturales las moldean, sino también, posibilita en sentido inverso, hacer inferencias sobre las condiciones del medio cuando se manifiestan.

Esta obra parte de ejemplos muy simples de muestreo y explica los procedimientos y sus alcances más comunes para distintas investigaciones. Vale destacar que sobre una comunidad o taxocenosis particular, pueden ser aplicadas metodologías disímiles que difieren en las técnicas e instrumentos de muestreo y en los cálculos numéricos, por lo que el lector deberá elegir el que le resulte más apropiado para cumplir con sus propósitos y alcances específicos. El libro está enfocado hacia un curso básico de muestreo y análisis numérico en ecología y por ello no refiere temas como ordenación, análisis de varianza, regresión múltiple u otros, propios de cursos más avanzados. Sin embargo, el texto está diseñado para que quienes lo lleven a término puedan continuar en temáticas más profundas de la ecología estadística.

Cada tópico es abordado con una aplicación hipotética que se desarrolla paso a paso y, por tanto, puede ser seguida con una calculadora. Continúa con un ejercicio a resolver por el lector antes de la implementación de dicha técnica en campo, ya que ello le proporcionará la confianza necesaria para el análisis de sus propios resultados. Finalmente, se exponen ejemplos de prácticas que pueden ser realizadas con procedimientos y metas similares. Las técnicas de muestreo son muy variadas e incluyen anotaciones de presencia-ausencia, conteo de individuos, estimación de densidades, capturas u observaciones por unidad de esfuerzo, coberturas o inferencias a partir de terceras variables.

Diversos tipos de cálculos pueden realizarse con los datos de muestreo, pero se sugieren en particular los análisis de diversidad, clasificación y ordenación, así como la aplicación de diferentes pruebas de hipótesis que constituyen herramientas de gran aporte a las investigaciones. Se recomienda al investigador, así mismo, familiarizarse previamente con la identificación de las especies y las comunidades a estudiar, así como realizar muestreos de prueba o premuestreos de manera previa al desarrollo de las investigaciones, de tal modo que conozca las bondades y las limitaciones de cada diseño, técnica y equipo de muestreo.

La importancia de las técnicas e instrumentos de muestreo en ecología radica, por un lado, en la certidumbre de la información colectada y analizada en cada estudio particular, necesaria hoy día para programas de monitoreo que buscan estudiar la estructura de las comunidades, los cambios que en ellas ocurren y las tendencias que experimentan y, por otro, en el hecho de que la ecología es una ciencia y, como tal, debe dar especial significación a todos los aspectos metodológicos que a ella conciernen, pues desde un enfoque epistemológico, los métodos proporcionarán resultados que permitirán construir o deconstruir leyes y teorías ecológicas, cimientos de esta ciencia que no pueden quedar al vaivén de procedimientos imprecisos, dudosos o sesgados.

El presente libro busca entonces contribuir con el conocimiento y la difusión de la metodología de muestreo de poblaciones y comunidades, apoyando el rigor de una ciencia cuyos procedimientos deben estar insertos en el método científico.