



**CONCEPTOS GENERALES PARA LA EVALUACIÓN Y
MONITOREO DE POBLACIONES DE AVES MARINAS**

Esteban Frere y Patricia Gandini

ISSN N° 0328 – 462X

1996

Permitida la reproducción total o parcial citando a la fuente

*Plan de Manejo
Integrado de la
Zona Costera
Patagónica*

GEF / PNUD
WCS / FPN

“ Los Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica implementado por Fundación Patagónica Natural (F.P.N.) y Wildlife Conservation International (W.C.S.) constituyen una herramienta de difusión de información no publicada que estas instituciones consideran de utilidad para la protección de la naturaleza de la región. La misma podrá ser utilizada con fines de enseñanza, divulgación y entretenimiento, y como material de referencia para el manejo de los recursos, citando la fuente. Las opiniones expresadas en estos Informes Técnicos son las de los autores v no reflejan necesariamente la opinión de las

PARTE 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Características de las aves marinas

Las aves marinas presentan características de historia de vida que son importantes a tener en cuenta al iniciar estudios biológicos sobre ellas y elaborar estrategias de conservación. Por lo general poseen una baja mortalidad de individuos adultos, una alta mortalidad durante los primeros años de vida y una baja productividad anual. Por lo tanto, cualquier factor que incremente la tasa de mortalidad de individuos adultos podría tener un gran efecto sobre el tamaño de dicha población. Por otro lado, poseen una baja tasa de reproducción, trayendo como consecuencia que éstas no pueden recuperarse fácilmente de reducciones poblacionales catastróficas, como podría ser el resultado de un derrame de petróleo cerca de las colonias.

Debido a las características mencionadas anteriormente, podría argumentarse que una disminución en el éxito reproductivo (producción anual), o incluso el fracaso reproductivo de toda la colonia, podrían tener un efecto poco importante sobre la población. Sin embargo, estos efectos deberían tenerse en cuenta en el caso que algún factor de origen antrópico produzca una reducción del éxito reproductivo de manera crónica (durante muchas temporadas sucesivas), especialmente si dichos efectos se encuentran acoplados a una disminución de la tasa de supervivencia adulta.

Las aves marinas presentan una marcada estacionalidad en su ciclo anual reproductivo, nidificando en las costas del litoral marítimo patagónico durante los meses de primavera-verano. En esta época, las aves marinas se congregan en las áreas de reproducción o en sus cercanías, no sólo los individuos reproductores sino también una parte de los adultos no reproductores e inmaduros. Fuera de la temporada reproductiva (otoño - invierno), la mayoría de las aves marinas se dispersan ampliamente a lo largo de la costa y/o mar adentro, haciendo muy difícil su evaluación.

Otra característica de muchas especies de aves marinas es la nidificación colonial, que agrega otro factor a tener en cuenta al intentar evaluar sus poblaciones. Esta agrupación en tiempo y espacio de grandes números de aves hace que algún impacto provocado por la presencia humana en las áreas de nidificación se vea amplificado. El efecto de una misma visita o cualquier tipo de perturbación en el área de reproducción, afecta a un mayor número de parejas y, en muchos casos, resulta en una respuesta en cadena de los integrantes de la colonia.

1.2 Términos importantes a definir

Población:

Es un conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un área dada, en la que existe un intercambio genético entre los mismos (reproducción) y presenta propiedades propias tales como: tasa de natalidad, tasa de mortalidad, proporción de sexos, distribución de edades, etc., las cuales son típicas de este nivel de organización (Rabinovich 1980). En aves marinas se utiliza en muchos casos este término como sinónimo de colonia aunque es importante tener en cuenta que estrictamente no lo son.

Tamaño poblacional

Se define como el número de individuos que componen la población reproductora en un determinado momento.

Colonia:

Una colonia es una agregación reproductiva caracterizada por muchos individuos que nidifican uno cerca de otro, se alimentan fuera del área de nidificación y están organizados por una estimulación social (Crook 1965, Gotmark & Anderson 1984). Las colonias pueden tener una estructura interna en la cual hay elementos de territorialidad y sincronía social .

Territorio:

Se define como cualquier área defendida o exclusiva de uno o más individuos (Noble 1939, Schoener 1968). Davis (1978) define el término sugiriendo que cuando el espaciamiento entre individuos o grupo de individuos es mayor que lo esperado por el azar, nos encontramos frente a un territorio.

Apostadero:

Sitio utilizado para descanso o tránsito, durante o fuera de la estación reproductiva, donde no existe reproducción.

Nido activo:

Se considera un nido como activo a aquél ocupado por una pareja que posee huevos o pichones.

Términos estadísticos

En todo trabajo de campo hay un cierto error involucrado con las observaciones a campo o bien con resultados experimentales. Este error puede deberse en parte a que no se cuenta con el equipo necesario y, aún más importante, al desconocimiento de la variación siempre encontrada en el material biológico. Así, es necesario saber si la diferencia entre, por ejemplo, el número de nidos entre dos parcelas es una diferencia real que refleja alguna variación en el ambiente o si esa diferencia está relacionada con un error en la toma de los datos. En orden de determinar la realidad de estos resultados es necesario comparar la diferencia entre ellas con una estimación del error o, en otras palabras, hacer un test que mida la significación del resultado. Normalmente es imposible contar todos los individuos de un área y se toma entonces una muestra de la densidad de la población total.

Densidad

Es una de las formas más comunes de indicar el grado de abundancia de una población y se expresa como el número de individuos por unidad de área.

Densidad media

Cada medida de densidad se la llamará D_i Así la primer medida será D_1 , D_2 , y hasta..., D_n .

La densidad media se calculará como la sumatoria de los D_i o sea ($D_1 + D_2 + \dots + D_n$) dividido el número total de densidades medidas.

$$D = \frac{\left(\sum_{i=1}^n D_i\right)}{N}$$

Donde N es el tamaño de la muestra, es decir el número total de muestras donde se midió la densidad.

Varianza y Desviación Estándar

Estos parámetros indican cual es la dispersión de los datos alrededor del valor medio. La varianza se calcula como: $S^2 = \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{N-1}$ donde (N-1) se conoce como grados de libertad y se calcula como el número de muestras menos uno.

La desviación estándar (s) se calcula como la raíz cuadrada de la varianza. $S = \sqrt{S^2}$

Intervalo de Confianza

Este intervalo indica la precisión de una muestra estadística. La precisión aumenta al aumentar el número de muestras tomadas. En otras palabras el intervalo de confianza, que comúnmente se calcula para el 95 %, nos indica que con un 95 % de certeza el valor real de la densidad estará comprendido dentro del intervalo calculado. Se calcula como: $\bar{D} \pm t_{(N-1)} * ES$; donde $t_{(N-1)}$ es el valor crítico que se obtiene de la tabla del test de Student (ver Anexo 1) para una probabilidad (F) del 0.95 y (N-1) grados de libertad (número de muestras menos uno) y ES es el error estándar que se calcula como la desviación estándar dividido la raíz cuadrada del número de muestras: $ES = S/\sqrt{N}$

PARTE 2

ESTIMACIÓN DE TAMAÑO POBLACIONAL

2.1 Consideraciones Generales

Al iniciar un estudio de una población silvestre, uno de los primeros pasos consiste en determinar el número de individuos que la componen, es decir su tamaño poblacional. Este último es uno de los parámetros más importantes a medir.

El censo total, es decir el conteo de todos sus individuos, surge como una primera idea para poder evaluarlo. Sin embargo existen muchas razones que pueden transformar esta alternativa como no viable: falta de tiempo, dinero y/o personal suficiente, destrucción del hábitat e inaccesibilidad a todos los individuos entre otras muchas razones. Por esta razón, en la mayoría de los casos se realizan muestreos para estimar el tamaño de una población, a través de la obtención de una muestra significativa de la población en estudio.

Para el caso especial de poblaciones de aves marinas, las cuales tienen características muy particulares, son varias las pautas a tener en cuenta. Las aves marinas son generalmente monógamas y mantienen un mismo nido durante una estación reproductiva, por lo tanto la unidad de conteo en este caso es casi siempre el nido activo, el cual equivale a una pareja reproductiva.

Para la estimación del tamaño de una colonia de aves marinas un punto importante a tener en cuenta es la disposición espacial, es decir cómo se ubican los individuos (en este caso los nidos activos) en el espacio.

2.2 Disposición Espacial

Existen tres tipos distintos de arreglos en el espacio: a) Azar, b) Regular o Uniforme y c) Contagiosa o Agrupada (Fig.1).

a) Disposición al Azar

Todos los puntos en el espacio tienen igual probabilidad de ser ocupados y la presencia de un individuo (nido) en cierto punto del espacio no afecta la ubicación de otro individuo.

Teniendo en cuenta las dos condiciones mencionadas, para que ocurra una disposición de este tipo, vemos que toda el área que ocupa la población en estudio debe poseer las mismas condiciones de habitabilidad o sea que todos los factores físicos, químicos y biológicos que afecten a los individuos deben permanecer constantes a lo largo del área ocupada por las aves. Por otro lado, el segundo requisito implica que los diversos individuos de una población son indiferentes a la presencia de otros individuos, o sea no existe ningún tipo de interacción social. Este tipo de disposición rara vez se encuentra en la naturaleza.

b) Disposición regular o uniforme

Este tipo de disposición se observa cuando todos los puntos en el espacio tienen igual probabilidad de ser ocupados, pero la presencia de un individuo afecta en forma negativa la presencia de otro individuo. En general este tipo de interacción negativa ocurre cuando existe competencia en algún eje del recurso (espacio, alimento, etc.). En aves marinas, es común observar este tipo de disposición (p.e.: cormorán imperial).

c) Disposición contagiosa y/o agrupada

Este tipo de arreglo se observa cuando todos los puntos en el espacio tienen la misma probabilidad de ser ocupados pero la presencia de un individuo afecta en forma positiva la presencia de otro individuo ó cuando nos encontramos en un área de tipo heterogénea donde existen "parches" habitables y otros que no lo son (p.e.: pingüino de Magallanes, gaviotas).

¿Cómo detectar el tipo de disposición espacial que presenta una población?

La prueba más común es la razón o cociente varianza sobre media. Por lo tanto es necesario tomar una "muestra piloto" en la que se calculará dicha razón.

Los pasos son los siguientes:

1) Tomar "n" muestras (podrán ser parcelas, puntos, etc., según el método de muestreo que se haya seleccionado), contando el número de individuos (nidos activos) en cada muestra. Para el caso de aves marinas, con un "n" = 10 es posible evaluar el tipo de disposición espacial.

2) Calcular la media (\bar{x}) y la varianza (s^2) de la muestra y calcular la razón varianza sobre media, Si:

$s^2/\bar{x} < 1$ la disposición es uniforme ó regular

$s^2/\bar{x} = 1$ la disposición es al azar

$s^2/\bar{x} > 1$ la disposición es contagiosa o agrupada

El tipo de arreglo espacial que presenten los individuos (nidos) en el área será de suma importancia para seleccionar el tipo de muestreo a utilizar.

2.3 Errores

El número de aves en un lugar particular o la densidad media de aves en un hábitat para una estación determinada, cualquiera sea el método de muestreo que se utilice, tienen un valor preciso o valor verdadero que en general es desconocido por nosotros (salvo casos triviales) y un valor estimado que presenta algunas diferencias con el valor real (Bibby et al. 1993).

Al aumentar el número de muestras la precisión incrementa en proporción a la raíz cuadrada de la muestra. Por ejemplo para aumentar al doble la precisión en una muestra de 10 se requiere tomar otras 30 y para volver a duplicar otras 120 (Fig. 2). Pero acercarse al valor real puede resultar poco realista y tiene que balancearse en función de la pregunta a contestar y del tiempo disponible.

Al buscar una precisión mayor, estamos trabajando con errores al azar que disminuyen al aumentar el tamaño de la muestra, pero también existen otro tipo de errores que son los sistemáticos que no desaparecen al aumentar el tamaño de la muestra y se conocen como "sesgos" (Bibby et al. 1993). Los sesgos pueden ser identificados y se puede tratar de evitarlos al hacer el diseño de muestreo.

2.4 Fuentes de sesgo

1) Observador: Uno de los principales problemas es la percepción personal y la motivación. No todos los observadores tienen la misma experiencia, entrenamiento y motivación para llevar a cabo censos o muestreos en aves. Por lo tanto, se recomienda realizar un entrenamiento y en lo posible prácticas previas.

2) Método de muestreo: Este sesgo aparece cuando se selecciona en forma incorrecta la técnica de muestreo a aplicarse. Se reduce o se evita utilizando un método estándar predefinido de acuerdo a la situación a enfrentarse (teniendo en cuenta la disposición espacial, tamaño de la colonia, objetivo, costos, etc.).

3) Esfuerzo y velocidad: Este tipo de sesgo se comete comúnmente al realizar conteos de aves que nidifican en diferentes terrenos (áreas planas, terrenos escarpados, etc.). Puede reducirse empleando el mismo esfuerzo de muestreo, o el mismo esfuerzo por unidad de área en áreas distintas. No existe ninguna fórmula para solucionar esta fuente de sesgo, pero interviene algo muy importante que es la intuición y juicio del experto.

4) Hábitat: Las aves son más detectables en hábitats abiertos respecto de los más vegetados. La única manera de evitarlo es a través del entrenamiento y la experiencia del observador.

5) Especie: No existen métodos generales para todas las especies pero es muy importante tener en cuenta: época de reproducción, susceptibilidad de los individuos y características biológicas

6) Densidad: Cuando las densidades son muy altas el observador puede enfrentarse al problema de pasarse por alto nidos y/o territorios y, por el contrario, cuando las densidades son muy bajas muchos nidos podrían no ser encontrados.

7) Actividad de las aves: La actividad está relacionada con el clima, la hora del día y la época del año. El conocimiento de la biología de la especie es muy importante para evitar este tipo de sesgo.

8) Estación: La mejor manera de evitar este sesgo es poder elegir un período corto donde puedan realizarse comparaciones. Se evita eligiendo el período de acuerdo al calendario del ave y no a las fechas del investigador. Para el caso de aves marinas es recomendable realizar los muestreos durante la etapa final del período de incubación de los huevos.

9) Tiempo o momento del día: La actividad de las aves varía a lo largo del día, por lo tanto es necesario realizar observaciones para determinar los ritmos diarios. Para evitar este sesgo también es muy importante conocer los patrones de comportamiento de la especie en estudio.

10) Clima: La mejor decisión es realizar los muestreos en días promedio (ni muy malos ni muy buenos). La actividad de las aves puede estar condicionada a condiciones extremas.

Muchas de estas fuentes de sesgo, para aves marinas, se evitan o se minimizan a través del conocimiento de la biología e historia de vida de la especie en estudio. También es importante realizar el muestreo durante la época en la que la mayoría de las parejas se encuentran incubando sus huevos. De esta manera la evaluación se realiza sobre la población reproductiva, la cual es la responsable de las variaciones poblacionales en el tiempo.

2.5 Selección del programa de muestreo

Cuando un investigador y/o técnico debe optar por un cierto tipo de muestreo debe suponerse que el mismo está familiarizado con la biología y ecología de la especie a estudiar y las características ambientales del hábitat ocupado por la misma. La decisión que se tomará dependerá de la especie, la época del año, el hábitat, el propósito del estudio, etc. De manera muy general podemos decir que deben seguirse los siguientes pasos:

a) Definir la unidad de muestreo

b) Seleccionar el número de muestras o unidades a tomar

c) Seleccionar el tipo de muestreo

Unidad de muestreo: Es el instrumento empleado para obtener las muestras de **la población en estudio**. Ej. Redes para peces, parcelas ó puntos para nidos, trampas para mamíferos, etc.

Número de muestras ó tamaño de la muestra: Es el número de unidades a tomar, el cual se obtiene mediante un muestreo piloto ó preliminar. Este número dependerá de la disposición espacial de los individuos de la especie en estudio.

Tipos de muestreo:

* **Muestreo al azar simple:** Es aquel que se aplica cuando en un área la población se dispone al azar o bien en forma uniforme, ubicándose las unidades de muestreo en forma aleatoria (al azar) en toda el área.

* **Muestreo al azar estratificado:** Es aquel que se aplica cuando en un área dada, los individuos de una población ocupan subáreas dentro de las cuales se disponen en forma aleatoria.

* **Muestreo regular ó sistemático:** Es aquel que se realiza en áreas donde los individuos se disponen en forma regular ó bien en forma aleatoria y las unidades muestrales se ubican según un criterio espacial, en forma sistemática.

Cualquiera de estos tipos de muestreo podrán ser aplicados en cada uno de los métodos de muestreo presentados en la Sección 2.6.2.

2.6 Evaluación de tamaños poblacionales

En forma general existen dos formas de evaluar el tamaño de una población, realizando conteos directos ó utilizando alguno de los ya mencionados programas de muestreo.

2.6.1 Conteo Directo o Censo

Es un conteo o enumeración completa de los individuos sobre un área determinada o un intervalo de tiempo para un punto específico.

Los censos pueden llevarse a cabo de diferentes formas según la conveniencia del investigador. Por ejemplo, para aves marinas es conveniente el conteo de nidos activos. Otra técnica de censo utilizado en algunas aves es el conteo de territorios (p.e.: Skúas).

Estos censos se realizan comúnmente en colonias pequeñas donde todos los nidos o territorios pueden ser fácilmente visualizados. En colonias de gran tamaño, muy densas o de muy difícil acceso, como son las colonias de por ejemplo el cormorán imperial y el gaviotín pico amarillo, frecuentemente se utilizan censos a través de fotografías aéreas. Esta técnica también puede utilizarse para especies muy sensibles al disturbio humano, como es el caso de algunos gaviotines. De esta manera se evita el disturbio causado por el investigador al ingresar a las colonias.

2.6.2 Métodos de Muestreo

2.6.2.1 Métodos areales

a) Parcelas de área conocida (circulares o cuadradas)

Para poder aplicar este método se debe calcular o conocer previamente el área ocupada por la colonia.

Muestreo regular:

El método consiste en ubicar parcelas, a lo largo de transectas imaginarias, a distancias regulares de manera de cubrir todas aquellas áreas que sean representativas de la colonia. Si la disposición de los individuos en el espacio se aparta levemente del azar o de una disposición uniforme, debe aumentarse el número de muestras para mejorar la estimación. Si la disposición de los individuos presenta un patrón altamente agrupado debe procederse a una estratificación.

En cada uno de los puntos de muestreo se hace un círculo o cuadrado de superficie conocida (p.e.: 100 m²). En caso de elegir parcelas circulares, una persona se coloca en el punto de muestreo sosteniendo el extremo de una soga de 5.64 m (que corresponde al radio de un círculo de 100 m²) y otra camina alrededor del punto al otro extremo de la misma contabilizando el número de nidos activos

delimitados por el círculo generado.

El siguiente paso es calcular la densidad promedio para todas las parcelas muestreadas y luego se extrapola a toda el área.

Muestreo al Azar:

La diferencia con el método anterior es la forma de ubicar las parcelas en el terreno. En este caso, el mapa de la colonia debe cuadrícularse previamente por completo y se numera cada una de las parcelas. Posteriormente se seleccionan, en forma aleatoria, las parcelas a muestrear en el terreno, utilizando una tabla de números al azar, dados o bien con el generador de números al azar de una calculadora científica.

Ejemplo:

Área de la colonia 25 ha. = 250.000 m²

Parcelas circulares de 100 m² Parcelas: N = 20

Nidos activos por parcela: 5, 7, 4, 5, 6, 3, 8, 6, 4, 7, 5, 8, 6, 5, 7, 4, 3, 8, 5, 6

Densidad media: 5.6 nidos por cada 100 m²

Varianza (s^2) = 2.46

N = 20

Desviación estándar (s) = 1.57

ES = $s / \sqrt{N} = 0.35$

Grados de libertad = N - 1 = 19

t (19) = 1.729 (ver Anexo 1)

Intervalo de confianza: $5.6 \pm 0.60 = [5.0 - 6.2]$

En este intervalo con un 95 % de confianza se encuentra el valor real de densidad media.

Número de nidos totales:

$250.000 \text{ m}^2 \times 5.6 \text{ nidos} / 100 \text{ m}^2 = 14.000 \text{ nidos}$

b) Bandas de área conocida

Este método es muy similar al de parcelas, ya que cada banda representa una gran parcela de ancho y largo conocidos. El procedimiento consiste en realizar un conteo de nidos activos a lo largo de cada una de las bandas. Luego, en cada banda, se calcula el promedio de nidos por m². Este promedio se calcula dividiendo el número total de nidos presentes en una banda por la superficie de terreno ocupada por dicha banda. Finalmente este valor se extrapola a toda el área de la colonia. Por lo tanto, para poder aplicar este método también es necesario conocer la superficie ocupada por la colonia.

2.6.2.2 Métodos no areales

Dentro de esta categoría existen varios métodos diferentes, los cuales se basan en mediciones de distancias desde puntos, líneas o individuos (nidos) a el o los individuos (nidos) más cercanos. Los más utilizados para la estimación de poblaciones de aves marinas son los siguientes:

a) Método de los cuartos

El método consiste en medir la distancia desde un punto al individuo (nido) más cercano en cuatro cuadrantes. Generalmente se muestrea sobre transectas paralelas entre sí, alejadas una de otra a una distancia regular. Sobre las mismas se ubican los puntos a distancias regulares o bien sobre la transecta en forma aleatoria. En cada punto de muestreo se obtienen los cuatro cuadrantes trazando una línea imaginaria perpendicular a la transecta, y se mide la distancia del punto al nido más cercano en cada uno de los mismos (Fig. 3).

En cada punto se calcula una densidad, la cual va a ser función de la distancia. Así una menor distancia implicará una mayor densidad de nidos en ese punto. Para mayor detalle ver (Cottam and Curtis 1956; Eberhardt 1967). La densidad en cada punto se calcula como:

$$a_i = \frac{\pi}{4}(Y_{12} + Y_{22} + Y_{32} + Y_{42}) \quad ; \quad \hat{D} = \frac{3}{a_i}$$

Donde $i=1, \dots, n$ (puntos de muestreo)

Luego se calcula la densidad promedio con todos los puntos y se extrapola a toda el área ocupada por la colonia.

Donde la densidad promedio es:

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^N \hat{D}_i}{N} \quad ; \quad S^2 = \text{varianza de } \hat{D}_1, \dots, \hat{D}_N$$

$$ES(\bar{D}) = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad ; \quad \text{Intervalo de confianza} = (t_{N-1}) \cdot (ES)$$

Donde: $t_{(N-1)}$ = Valor crítico obtenido de la tabla del test de Student, N = número de puntos muestreados. ES = Error estándar

Finalmente: $\bar{D} \pm$ Intervalo de confianza

Ejemplo:

Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8
Y1	20.15	11.6	7.34	11.16	6.6	17.05	21.4	7.8
Y2	18.1	11.7	18.5	20.51	13.65	18.35	18.72	8.75
Y3	5.0	24.7	16.65	14.35	23.35	8.6	5.35	14.2
Y4	16.75	10.6	5.26	6.9	10.05	10.0	29.5	25.7
ai	816.2	780.6	550.6	627.3	688.1	629.4	1340.9	785.03
Di	0.00368	0.00384	0.00545	0.00478	0.00436	0.00476	0.00224	0.00382

Donde: $D_i = 3/a_i$ para cada punto $i=1 \dots N$ y $a_i = \pi/4 (Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)$

$\bar{D} = .004412$ nidos por $m^2 = 44.1$ por hectárea (1 ha = 10000 m^2)

$s^2 = 9.3755 \times 10^{-7}$

$SE(\bar{D}) = .0003423$

$\bar{D} \pm (t_{N-1}) (SE\bar{D}) = .004412 \pm (2.365) (.0003423) = .00412 \pm .0008095$

$= 44.1 \pm 8.1$ por hectárea.

b) Línea de transecta

Es un método que se utiliza comúnmente para el conteo de individuos de especies que no nidifican

en la región. También puede utilizarse para hacer conteos de aves fuera de la temporada de reproducción y es de mucha utilidad para la estimación de números poblacionales en aves marinas pelágicas (albatros, petreles, etc.). En este último caso las transectas y los conteos se llevan cabo desde una embarcación (barco, bote neumático, etc.).

Este método consiste en caminar a lo largo de una línea imaginaria o transecta e ir contando aves de la o las especies de las que se quiere estimar su densidad (Fig. 4). Antes de comenzar el muestreo se debe prefijar un ancho de banda (W) dentro de la cual se pueda contar y visualizar con precisión todos los individuos de la especie a estudiar. En forma paralela se contabilizan todas las aves que se detectan dentro y fuera de la banda prefijada. Así por lo tanto N_1 será el número de individuos contabilizados dentro de la banda W y N será el número total de individuos contabilizados dentro y fuera de la banda W (ver ejemplo). Utilizando este método se pueden obtener grandes tamaños muestrales fácilmente y así por ejemplo, transectas de gran longitud pueden ser divididas en estratos según los tipos de hábitat (Bibby et al. 1993).

La detectabilidad de las aves a lo largo de una transecta puede ser una fuente de sesgo, pero se soluciona de acuerdo a la experiencia y calidad del observador. Deberían elegirse las transectas lo suficientemente espaciadas entre sí para evitar conteos dobles, en caso de existir ahuyentamiento. Otro factor importante a tener en cuenta es que la detectabilidad de las aves varía de acuerdo a como varía su comportamiento a lo largo de la estación reproductiva, a las condiciones climáticas y a la cantidad de vegetación presente.

¿Cómo seleccionar la transecta?

La ruta en general se selecciona de acuerdo a los objetivos del estudio, pero en general se restringe a la accesibilidad. Este factor puede ser una fuente de sesgo importante ya que en general se tiende a elegir rutas fáciles de transitar, y en general las aves evitan las zonas de borde.

Caminar varias veces sobre la misma línea de transecta, no aumenta la precisión, ya que los conteos no son independientes. Por lo tanto si se desea mejorar la estimación se debe aumentar el número de transectas.

En este método existen 2 formas de estimar la densidad media, donde:

Largo de la transecta = L Total de aves = N

Ancho de la banda = W Total de aves dentro de W = N_1

Proporción $p = N_1/N$ Densidad de aves/ha = D

a) Modelo lineal

En forma teórica la probabilidad de detectar un ave a x metros es igual

$p = KW(2-KW)$; K = constante desconocida (Fig. 5a)

Por lo tanto $K = \frac{(1 - \sqrt{1-p})}{W}$; D = $10 NK/L$

b) Modelo exponencial negativa:

En forma teórica la probabilidad de detectar un ave a x metros es $= e^{-ax}$ por lo tanto

$p = 1 - e^{-aw}$ (Fig. 5b). $a = (-\ln(1-p))/W$ D = $5 a N/L$

Ejemplo:

Largo de la transecta (L) = 150 km = 150000 metros ;

Ancho de la banda (W) = 25 mts.

Total de aves contadas (N) = 119

Dentro de la banda (N_1) = 17

$$p = 0.1428$$

Para el modelo lineal la densidad de aves (D):

$$K = \frac{(1 - \sqrt{1 - 0.1428})}{25} = 0.00297$$

$$D = 10NK/L = 10 \times 119 \times 0.00297 / 150000 = 0.00002356 \text{ aves por } m^2 \text{ o bien } = 23.56 \text{ aves por } km^2.$$

Para el modelo exponencial negativo:

$$a = (-\ln(1 - 0.1428))/25 = 0.00616$$

$$D = 5aN/L = 5 \times 0.00616 \times 119 / 150000 = 0.0000245 \text{ aves por } m^2 \text{ o bien} \\ = 24.5 \text{ aves por } km^2.$$

Para ambos modelos es imprescindible, al hacer los cálculos correspondientes, tener en cuenta las unidades de distancia, las que deben ser expresadas en las mismas unidades (metros o kilómetros). La elección de uno u otro modelo dependerá del criterio del profesional en determinar como varía la probabilidad de detección de las aves en función de la distancia.

Existen otros métodos no areales, como el que se describe en el Anexo 2, el cual necesita la utilización de un programa de computación específico.

2.6.3 Cálculo del área ocupada por la colonia

Para estimar la superficie que ocupa una colonia de aves es necesario medir el perímetro de la misma. La forma más rápida de hacerlo dependerá del método de muestreo utilizado. Así por ejemplo, si se utilizan transectas es conveniente que las mismas sean ubicadas a una distancia regular a lo largo de toda la colonia. Posteriormente en el gabinete se grafican las transectas a escala y luego se procede a unir los puntos extremos (o de densidad cero) de cada transecta, obteniéndose un mapa aproximado y a escala de la colonia (Fig. 6a).

Una vez obtenido el mapa de la colonia, la superficie de la misma se puede calcular de diferentes maneras: 1) Método gráfico; 2) Utilizando un planímetro; 3) Pesando y 4) Utilizando computadora.

1) Método gráfico: Se divide el área en subáreas de superficie conocida (triángulos, rectángulos, cuadrados, etc.) y se suman las superficies parciales.

2) Planímetro: Es un aparato que cuenta con un índice que al recorrer el contorno de la colonia se mueve una roldana que al recorrer sobre el papel va indicando sobre un tornillo noninus la superficie. Luego se calcula la superficie en función del recorrido del planímetro, realizando una proporción directa respecto del recorrido realizado por el mismo aparato sobre una superficie conocida. Es el método más rápido y exacto.

3) Pesaje: Si no se posee el planímetro es posible calcular dicha superficie utilizando una balanza de precisión. Para ello se debe recortar el mapa y pesarlo en la balanza. Posteriormente se debe recortar un cuadrado de superficie conocida (dibujado con la misma escala y sobre el mismo tipo de papel), se pesa

en la balanza y por proporción directa se estima la superficie del mapa de la colonia.

4) Computadora: A través de programas de diseño (Corel Draw, Sketch, Surfer, etc.) es posible confeccionar el mapa de la colonia y calcular el área ocupada por la misma. Estos programas permiten graficar polígonos con las distancias y los rumbos tomados en el campo, pudiéndose trabajar con la escala que uno desee. El mismo programa calcula la superficie ocupada por el mapa confeccionado.

En cambio, si el método utilizado fue en base a parcelas (método areal), el perímetro de la colonia debe ser calculado en el campo. Para esto es necesario utilizar un compás (brújula) y una cinta métrica. El borde de la colonia debe ser mapeado midiendo distancias en forma rectilínea y tomando el rumbo (dirección) de cada una de estas líneas (Fig. 6b). Luego, en el gabinete, se vuelcan los datos del mapeo sobre el papel y se obtendrá el esquema de la colonia a una escala determinada. Para el cálculo de la superficie pueden usarse las cuatro técnicas antes mencionadas (gráfico, planímetro, balanza o computadora).

PARTE 3

TRABAJO EN EL CAMPO

3.1 La Toma de Decisión en el Campo

Uno de los aspectos más difíciles en el muestreo de las poblaciones de aves marinas es la decisión que el profesional debe tomar en el campo en cuanto a la elección del método a aplicar. El método de muestreo a elegir dependerá del objetivo del relevamiento, la especie en cuestión, el área a cubrir, la disposición en el espacio de los nidos o individuos, el tiempo y presupuesto con el que se cuenta, etc.

Como ya se mencionó anteriormente, al trabajar con aves marinas existe la dificultad de establecer la proporción de aves reproductivas y no reproductivas. Existe un período clave durante el ciclo reproductivo (incubación de los huevos), en el cual podemos estar seguros que la mayoría de los ocupantes son individuos reproductivos y es el momento en el que se encuentra el mayor número de reproductores. Por lo tanto es muy importante llevar a cabo los muestreos durante el período de incubación una vez pasado el pico de puesta de huevos.

En el Anexo 3, se presenta un diagrama de flujo el cual resume las preguntas que debe hacerse un profesional al elegir el método de muestreo.

3.2 Información importante a registrar en el relevamiento y censo de colonias de aves marinas

Los datos que se enumeran a continuación son los que deberían registrarse al arribar a una colonia o sitio donde nidifiquen aves marinas y en el laboratorio una vez finalizado el trabajo de campo. Esta información es importante para que cualquier otra persona pueda repetir el mismo muestreo en un futuro y así poder comparar resultados.

1) Nombre de la colonia: Deben registrarse todos los nombres con los que se conoce el sitio de estudio.

2) Localización: Registrar la latitud y longitud, esta información puede obtenerse a través de un GPS (posicionador satelital) o bien se puede ubicar el lugar sobre una carta náutica o localizar puntos de referencia para luego poder ubicar el sitio sobre una carta náutica.

3) Estatus: Registrar si el lugar corresponde a una de las siguientes categorías: Reserva Natural, Municipal, Provincial o Nacional, Parque Nacional, propiedad privada y/o tierra fiscal.

4) Descripción general del Lugar: Detalle de las principales características de la colonia como pendientes, proporción de roca, altura, vegetación (tipo y porcentaje de cobertura). Si es posible deben tomarse fotografías.

5) Acceso: Debe indicarse el nombre del propietario del campo, indicaciones de como llegar al lugar de la costa, necesidad de solicitar permiso para el ingreso al área, estado de los caminos de acceso y cualquier otra información que sea de utilidad para el acceso a la misma.

6) Historia: Cualquier información sobre el sitio como conteos previos, lista de especies presentes, etc., con la cita bibliográfica o mención de la fuente de información.

7) Descripción detallada del método de muestreo utilizado: Es importante contar con una buena descripción en este punto para poder llevar a cabo comparaciones en el futuro.

8) Descripción completa del lugar de relevamiento: Esta descripción debe ser lo más detallada

posible para poder repetir en el futuro el muestreo. Si es posible debe dejarse un punto de referencia para que otro profesional pueda reconstruir el muestreo realizado desde ese punto, siguiendo la misma metodología.

9) Problemas de conteo: Es importante registrar los puntos detallados a continuación para tener en cuenta en relevamientos futuros y poder disminuir el disturbio sobre las aves.

a) Reacción de los animales al ingresar al área y distancia de reacción.

b) Tipo de hábitat dentro de la colonia: por ejemplo si existe una zona arenosa donde el ingreso puede provocar desmoronamiento o roturas de nidos.

c) Si la colonia se encuentra en un acantilado se debe especificar qué proporción de la colonia puede contarse desde tierra y qué proporción desde una embarcación, etc.

10) Bibliografía existente: Recopilación de trabajos publicados y/o informes técnicos que se hayan desarrollado en la zona.

Es importante realizar a la brevedad el informe correspondiente al relevamiento de manera que la información obtenida por el profesional pueda ser aprovechada por otras instituciones o personas interesadas.

PARTE 4

MONITOREO DE POBLACIONES DE AVES MARINAS

4.1 Introducción

Este tipo de estudios son de particular interés cuando se trabaja en conservación y en manejo de recursos naturales. Los estudios de monitoreo se realizan para poder detectar cambios a lo largo del tiempo. Al realizar estudios de monitoreo se pueden evaluar las tendencias poblacionales a través del seguimiento de áreas de reproducción, (aumento o disminución en el tamaño de las colonias), o a través de números poblacionales o ciertos parámetros reproductivos.

Los cambios pueden producirse por efectos conocidos causados por el hombre como destrucción del hábitat y efectos de hidrocarburos u otros contaminantes. Pero un factor muy importante a tener en cuenta es que las variaciones pueden producirse por efectos naturales como, por ejemplo, causas climáticas que actúan sobre la reproducción y la supervivencia por efectos densodependientes propios de los niveles poblacionales. Para poder distinguir entre estos diferentes tipos de causas es fundamental complementar el monitoreo con estudios más profundos a largo plazo.

Un segundo punto a tener en cuenta al realizar monitoreos es que los métodos utilizados deben ser perfectamente repetibles año tras año, por cualquier persona. Comúnmente se dejan señales fácilmente localizables como estacas o cintas resistentes al paso del tiempo.

4.2 Parámetros a medir

Los parámetros reproductivos que se siguen más comúnmente al estudiar aves marinas son: el número de nidos activos (parejas reproductivas), el éxito de eclosión y el éxito reproductivo (Fig. 7). Se pueden llevar a cabo monitoreos más intensivos si se pretende obtener información más completa sobre la totalidad del sistema. Así pues, podrían estudiarse a largo plazo parámetros como: peso de los individuos reproductivos al momento del arribo a las colonias, la predación de huevos y pichones, peso de los pichones al momento de la independencia, composición de la dieta, peso de los adultos luego de la muda, cronología reproductiva (fecha pico de postura de huevos, fecha pico de nacimiento e independencia de los pichones), duración del viaje de alimentación, tasa de crecimiento de pichones, etc.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en parte con el apoyo del P.M.I.Z.C.P. (Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica), un proyecto financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (G.E.F.) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (U.N.D.P.) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas para el Servicio de Proyectos (U.N.O.P.S.).

REFERENCIAS

- Bibby, C.J., Burgess, N.D., and D.A. Hill. 1993. Bird Census Techniques. Academic Press. Pp. 1:255.
- Cottam, G. and J.T., Curtis 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology 37: 451-480.
- Crook, J.H. 1965. The adaptative significance of avian social organization. Symp. Zool. Soc. London. 14: 181-218.
- Davis, N.B. 1978. Ecological questions about territorial behaviour in Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach, Krebs, J.R. and Davies, N.B. (eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, Pp. 317-350.
- Eberhardt, L.L. 1967. Some developments in "distance sampling" Biometrics 23: 207-216.
- Gotmark, F. and M., Anderson. 1984. Colonial breeding reduces nest predation in the Common Gull (*Larus canus*), Anim. Behav. 32: 485-492.
- Noble, G.K.. 1939. The role of dominance in the social life of birds. Auk 56: 263-273.
- Rabinovich, J.E. 1980. Introducción a la ecología de poblaciones animales. Compañía editorial continental S.A.. Pp. 1-313.
- Schoener, T.W. 1968. Sizes of feeding territories among birds. Ecology 49: 123-141.

Figura 1: Arreglos en el espacio



Figura 2: Aumento de la precisión con el tamaño de la muestra

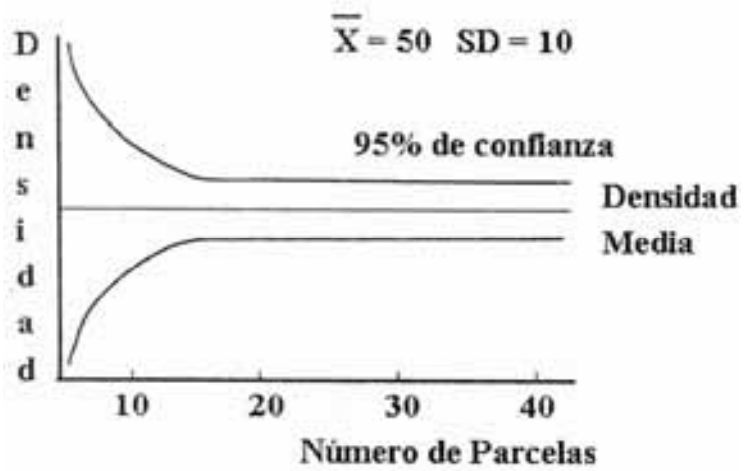


Figura 3: Método de los cuartos

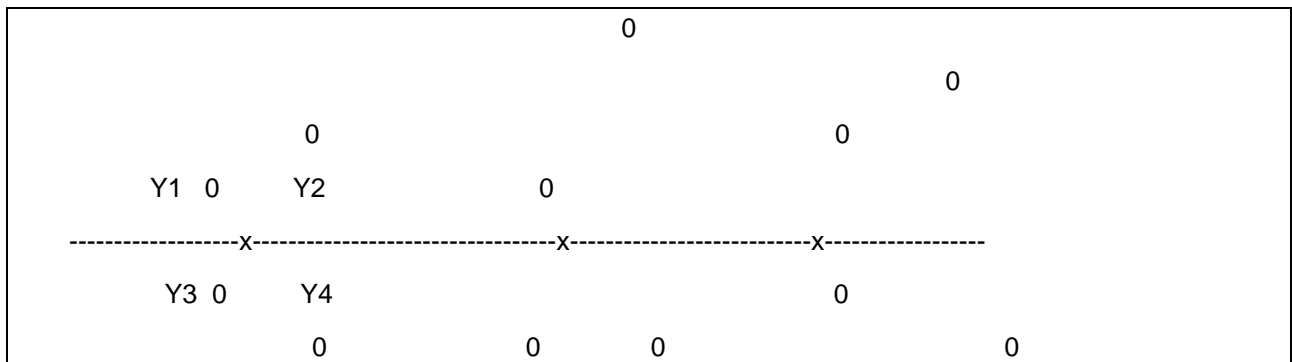


Figura 4: Línea de transecta

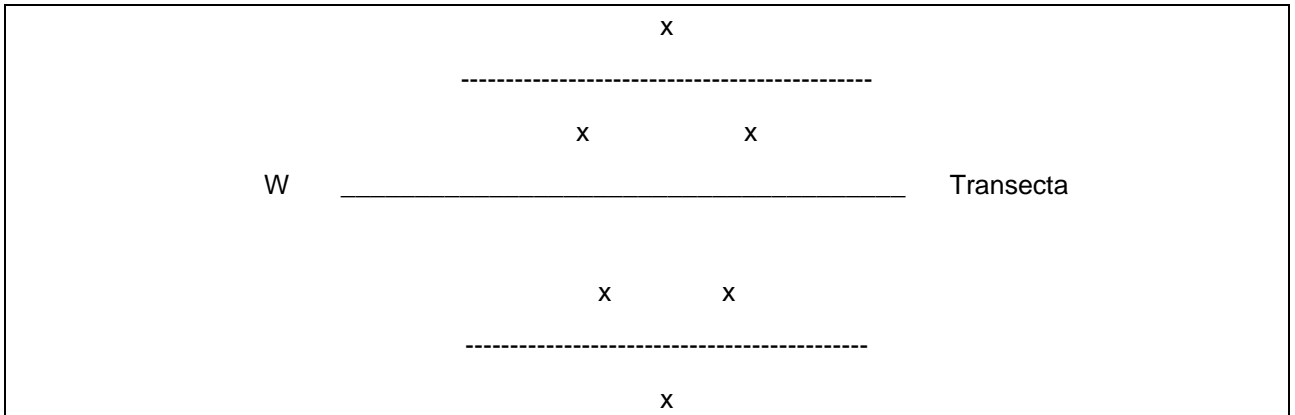
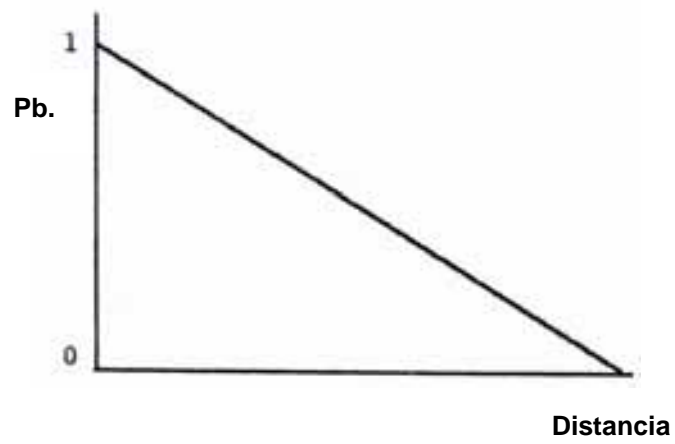


Figura 5: Modelo (a) lineal y (b) exponencial negativo

a)



b)

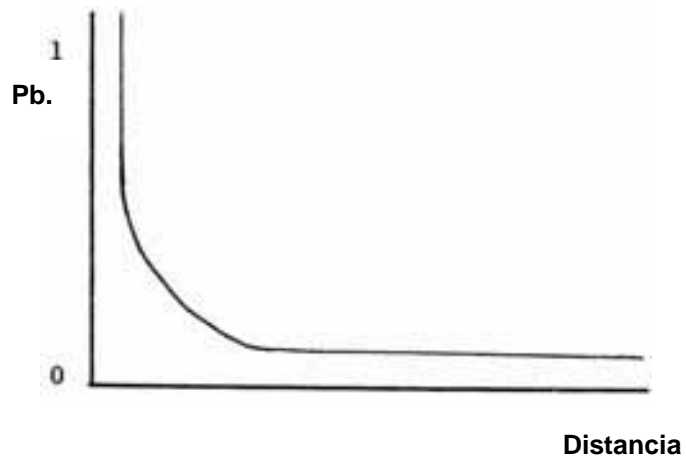
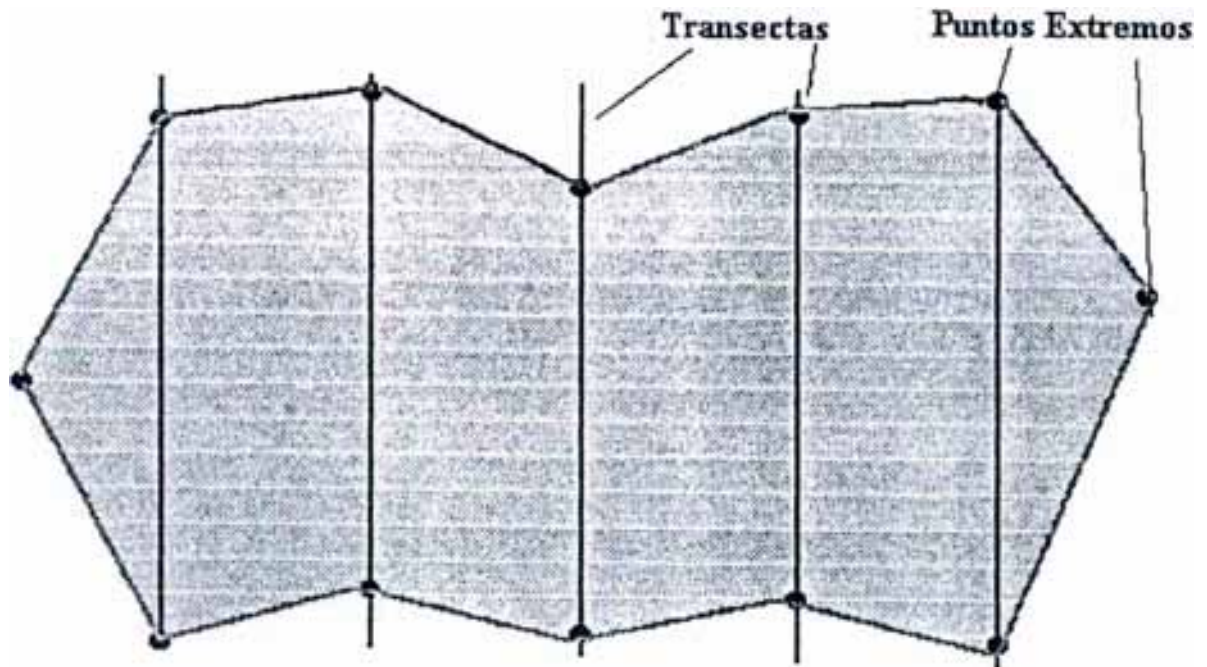


Figura 6: Construcción del mapa de la colonia

a)



b)

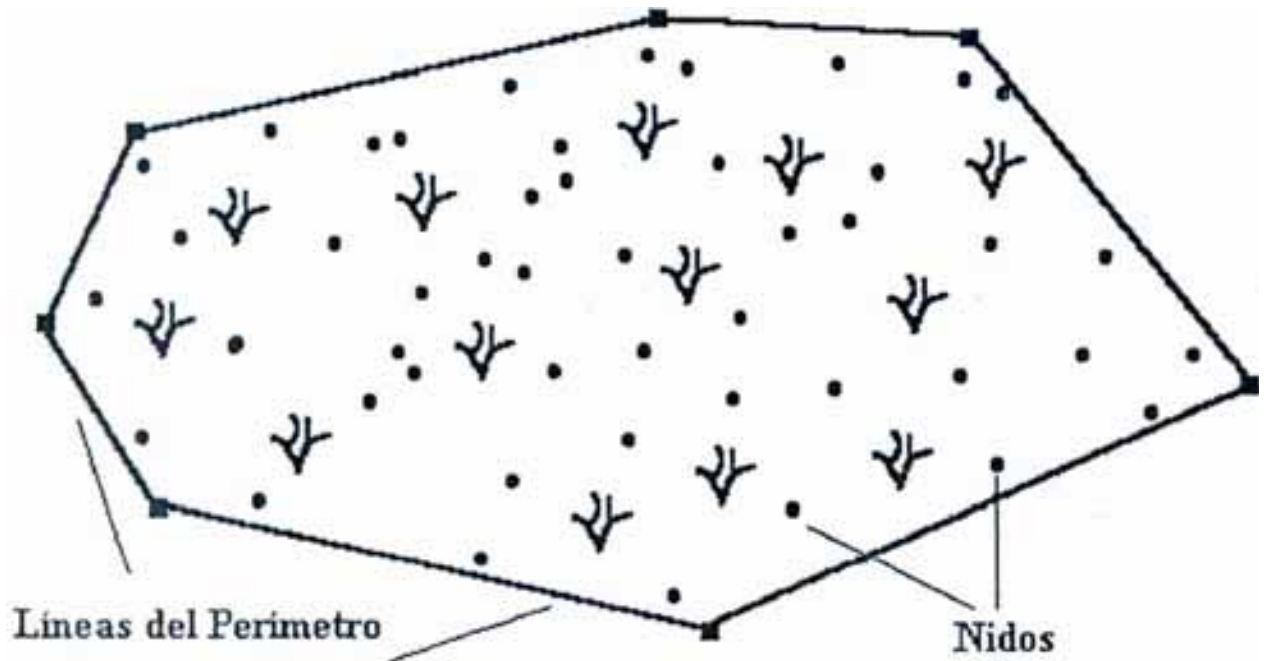
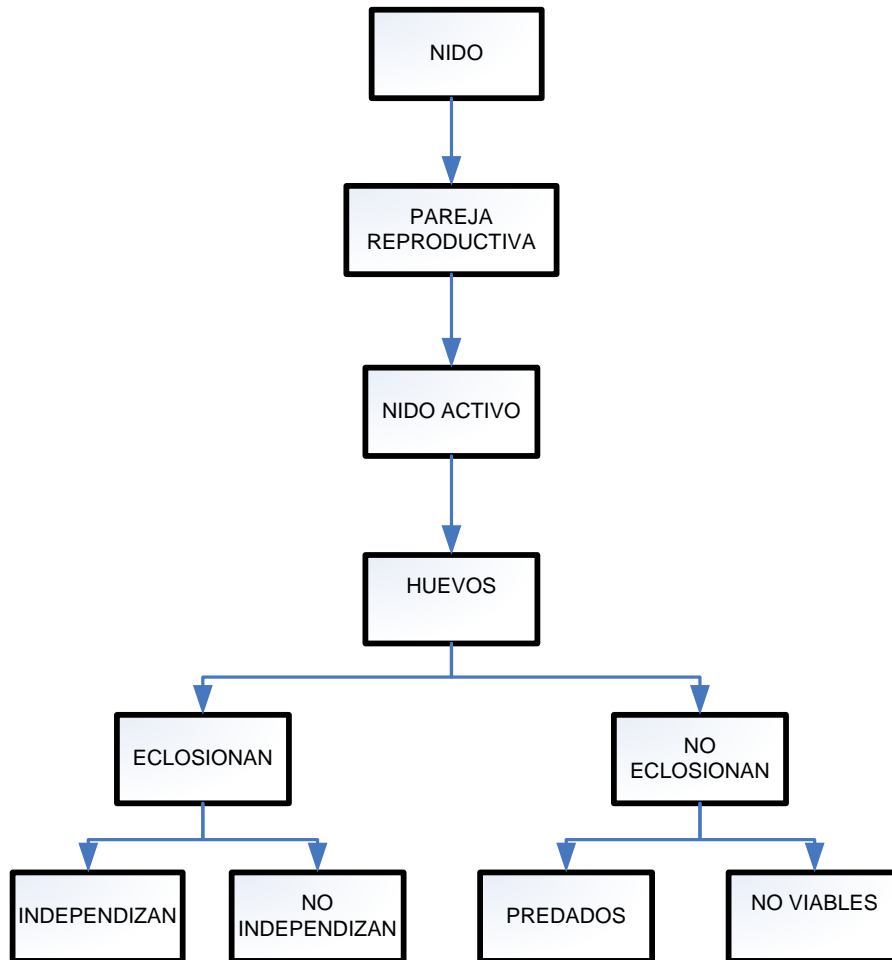


Figura 7: *Parámetros reproductivos a estudiar en aves marinas*



ANEXO 1: VALORES CORRESPONDIENTES A UNA DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT PARA EL 95% DE CONFIANZA.

Grados de libertad	Valor Critico (95%)
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,160
14	2,145
15	2,131
16	2,120
17	2,110
18	2,101
19	2,093
20	2,086
21	2,080
22	2,074
23	2,069
24	2,064
25	2,060
26	2,056
27	2,052
28	2,048
29	2,045
30	2,042
40	2,021
60	2,000
120	1,980
α	1,960

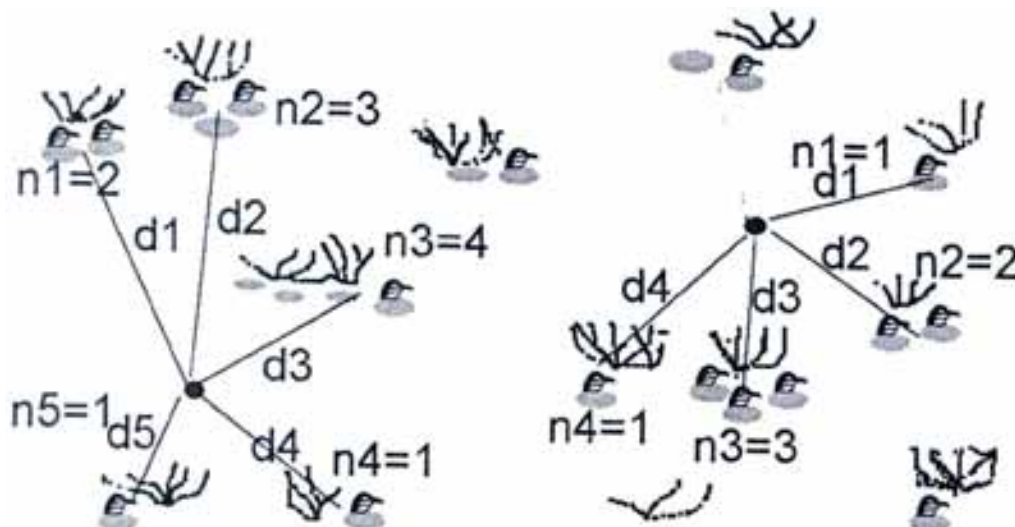
ANEXO 2: TRANSECTO DE PUNTOS

Dr. Adrián Schiavini

Los transectos de puntos son una extensión de los transectos lineales. Mientras que en los transectos de línea se recorren trayectos rectos y se toman las distancias perpendiculares a los individuos desde la recta, en el transecto de puntos se trabaja como si la transecta se acortara tanto hasta llegar a ser un punto. Desde ese punto se toman distancias radiales a los objetos de interés. Los datos de distancias se trabajan de forma análoga a lo realizado con los transectos lineales.

Los transectos de puntos se utilizan cuando el hábitat es muy heterogéneo y en terrenos donde el relevamiento es difícil debido a las características del mismo. Como ejemplo, se aplicó esta técnica en algunas colonias de pingüino de Magallanes en la provincia de Santa Cruz (Monte León, Monte Entrance e Isla Leones). En estas pingüineras se halló que los nidos se disponían debajo de grandes arbustos espinosos de molle. Estos arbustos se hallan agrupados formando parches de un tamaño de hasta 10x5 metros y una altura de hasta 2 metros. En este ambiente hubiera sido difícil trabajar con transectos lineales, lo que exige conservar con precisión la posición de la línea en un ambiente como el descrito. Se decidió entonces utilizar los transectos de puntos, ubicando una serie de puntos al azar en el área de la pingüinera. Desde cada punto se tomó la distancia al centro de un arbusto o grupo compacto de arbustos que contuviera nidos activos, y se contó el número de nidos activos correspondiente al arbusto o grupo de arbustos. Esta operación se repitió varias veces por punto. El número de observaciones que se toma en cada punto (distancias al grupo de nidos activos) depende de un balance entre la densidad de nidos en el área, el tiempo o esfuerzo que hay que invertir en relevar cada punto. Normalmente, en metodologías que utilizan distancias como fuente de información de muestreo, se considera que con unas 100 observaciones se puede realizar una estimación precisa de la densidad de nidos (una observación es la medida de la distancia al grupo de nidos, acompañada del número de nidos). Los datos se analizan como grupos de nidos obteniéndose mediante el programa DISTANCE la densidad de nidos en el ambiente, la densidad de grupos (arbustos con nidos activos) y el tamaño medio del grupo (número medio de nidos por arbusto).

La figura ejemplifica la toma de datos en dos puntos de la pingüinera. En el punto de la izquierda, se han tomado cinco observaciones, cada una consiste en una distancia al arbusto (d_1 a d_5), con el número de nidos activos que se hallaron debajo de ese arbusto (n_1 a n_5). De modo análogo, en el caso del punto de la derecha, se realizaron cuatro observaciones.



ANEXO 3: DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MUESTREO

