

## Método EMLLEN para estimación de densidad de las especies cinegéticas objetivo en el aplicativo de Seguimientos Cinegéticos (SeCi) – Planes cinegéticos

### 1. Descripción general

El **método EMLLEN** (Emlen, 1971; 1977) es una técnica de censo de fauna silvestre, especialmente aves, diseñada para **estimar densidades poblacionales** a partir de **transectos lineales** y la **distribución de distancias de detección** de los individuos observados. Se basa en el principio de que **la probabilidad de detectar un individuo disminuye conforme aumenta su distancia respecto al observador**.

A diferencia de los conteos simples, el método EMLLEN incorpora una **corrección por detectabilidad**, lo que permite ajustar los resultados a la verdadera densidad de la población, reduciendo el sesgo causado por la visibilidad, la estructura del hábitat y la capacidad del observador.

Durante el recorrido, el censador formado responsable registra todos los individuos detectados (por vista) y mide o estima su **distancia perpendicular al transecto**. Con estos datos se construye una **curva de detectabilidad**, que refleja la disminución de las observaciones con la distancia. Posteriormente, se delimita una **anchura efectiva de muestreo** ( $W_e$ ), que representa la distancia hasta la cual la densidad de detecciones dentro de la franja equivale a la densidad real en todo el rango de observación.

### 2. Objetivo

Estimar la **densidad de individuos por unidad de superficie ( $D$ )** a partir de conteos visuales realizados mediante **transectos lineales**, considerando la variación en la probabilidad de detección con la distancia al observador.

### 3. Materiales y equipo

La aplicación de escritorio SeCi incluye en el apartado de *Metodología* una descripción detallada del material y equipo necesario para la realización del muestreo. Del mismo modo, en el *Manual del censador formado* (en formato PDF) se describe el material y equipo.

## 4. Procedimiento

### 4.1. Diseño del muestreo

La aplicación de escritorio SeCi incluye en el apartado de *Incorporar transectos* una descripción detallada del diseño del muestreo estructurado en tres puntos: con las condiciones del archivo a generar con los transectos del espacio cinegético.

- Condiciones del archivo a generar con los transectos del espacio cinegético.
- Condiciones de diseño de los transectos.
- Modificar transectos por ampliación, reducción u otros.

### 4.2. Registro de datos

La aplicación de escritorio SeCi incluye en el apartado de *Metodología* una descripción detallada del registro de datos a durante la realización del muestreo. Del mismo modo, en el *Manual del censador formado* (en formato PDF) se describe este proceso.

### 4.3. Cálculo de la densidad

La densidad ( $D$ ) se estima mediante la ecuación:

$$D = \frac{n}{2 \cdot L \cdot W_e}$$

Donde:

- $D$  = densidad (individuos por unidad de superficie, p. ej. ind./100ha)
- $n$  = número total de individuos observados
- $L$  = longitud total de los transectos (m)
- $W_e$  = anchura efectiva de detección (m)

La **anchura efectiva ( $W_e$ )** se obtiene gráficamente o por ajuste de una función de detectabilidad a los datos empíricos, según la siguiente relación:

$$W_e = \frac{\sum(n_i \cdot d_i)}{\sum n_i}$$

Donde:

- $W_e$  = anchura efectiva de detección (m)
- $n_i$  = número total de individuos observados en la **distancia i**
- $d_i$  = distancia de observación perpendicular al transecto (m)

En la aplicación SeCi se usa como valor de  **$W_e$**  el punto donde se acumula el 90% de las detecciones como límite práctico de detección, ordenado por distancia y acumulando conteos, como método heurístico al objeto de evitar la influencia que generan las observaciones cercanas, mejoran el ajuste de la función de detección y la estabilidad de la estimación.

## 5. Ventajas del método

- Permite obtener estimaciones de densidad **más realistas** que los conteos sin corrección.
- Es **reproducible** y **comparable** entre estudios, hábitats o periodos distintos.
- No requiere captura de individuos, por lo que es **no invasivo**.

## 6. Limitaciones del método

El método EMLLEN presenta una limitación cuando el **número de observaciones registradas es muy reducido**, especialmente en situaciones donde se obtiene **una única detección o un conjunto de detecciones concentradas cerca de la línea del transecto**. Dado que el cálculo de la anchura efectiva de detección ( $We$ ) depende directamente de la **distribución de las distancias perpendiculares**, un tamaño muestral insuficiente impide ajustar de manera fiable la curva de detectabilidad. Esto puede conducir a una **sobreestimación artificial de la densidad**, distorsionando la interpretación ecológica de los resultados.

## 7. Referencias básicas

- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., & Thomas, L. (2001). *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press.
- Distance package / workshop materials (St Andrews; documentation and workshop PDFs).
- Emlen, J. T. (1971). *Population densities of birds derived from transect counts*. The Auk, 88(2), 323–342.
- Emlen, J. T. (1977). *Estimating breeding season bird densities from transect counts*. The Auk, 94(3), 455–468.
- Matsuoka, S. M., Bayne, E. M., Sólymos, P., Fontaine, P. C., Cumming, S. G., Schmiegelow, F. K. A., Song, S. J. (2012). *Using binomial distance-sampling models to estimate the effective detection radius of point-count surveys across boreal Canada*. The Auk, 129, 268–282.
- Thomas, L., Buckland, S. T., Rexstad, E. A., Laake, J. L., Strindberg, S., Hedley, S. L., Bishop, J. R. B., Marques, T.A. & Burnham K.P. (2010). *Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size and density*.
- Distance package / workshop materials (St Andrews; documentation and workshop PDFs).