

Propiedades Estadísticas del Muestreo por Línea Intercepto y Cuadros Cargados en la Estimación de la Cobertura y Densidad Vegetales¹

Dino Ulises González Uribe²

Félix de Jesús Sánchez Pérez³

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Depto. de Estadística y Cálculo, www.uaaan.mx

Abstract. *Statistics Properties of the 'Line-Intercept' and 'Stocked-Quadrat' Sampling in the Estimation of Plant Cover and Density.* The statistical properties of 'unbiased estimator', sufficiency and consistency for the line intercept, and 'stocked-quadrat' sampling were theoretically studied; in both cases the properties in the variables; canopy cover, and density in units of interest were demonstrated. Relative efficiency was proven taking solely the vegetal density for unbiased and consistent estimators, being the highest the estimation for line intercept.

Key words: Canopy cover, density, 'unbiased estimator', 'sufficient e.', 'consistent e.', 'relative efficiency', 'line-intercept' sampling, 'stocked-quadrat' sampling.

Resumen. Se estudiaron teóricamente las propiedades estadísticas de insesgamiento, suficiencia y consistencia para el muestreo por línea intercepto y cuadros cargados; en ambos casos se demostraron esas propiedades para las variables cobertura y densidad en unidades de interés. Tomando únicamente a la densidad vegetal para estimadores insesgados y consistentes se probó la eficiencia relativa, resultando superior la estimación por línea intercepto.

Palabras clave: Cobertura vegetal, Densidad vegetal, Estimador insesgado, Estimador suficiente, Estimador cconsistente, Eficiencia relativa, Muestreo por línea intercepto, Muestreo por cuadros cargados.

Introducción

En los inventarios de vegetación, frecuentemente se utiliza el muestreo estadístico para obtener información rápida, veraz y económica para la toma de decisiones. El objetivo del muestreo, en este caso, es la obtención de una estimación descriptiva de algunas características de la población vegetal en estudio, como lo son la cobertura y la densidad (Burguete y Carrillo, 1972; Lyon, 1968). Esta estimación debe representar suficientemente el parámetro en estudio y permitir detectar con precisión las diferencias entre poblaciones vegetales (Lyon, 1968).

Al muestreo que utiliza líneas rectas para conocer cobertura y densidad se le llama muestreo por **línea intercepto**; se le denomina así por considerar en la

evaluación a aquellos individuos que se cortan por la línea en su parte aérea. Se utiliza porque es de fácil aplicación. Si son cuadros, se cuentan sólo aquellas unidades de muestreo con los individuos de interés para obtener así la densidad vegetal; a este procedimiento se le denomina muestreo por **cuadros cargados**. El rango de aplicación de ambos procedimientos de muestreo es muy amplio (Cochran, 1950; Kaiser, 1983; Swindel, 1983).

Dado que el interés es la estimación de un parámetro de una característica, como la media poblacional de la cobertura y/o la media poblacional de la densidad a partir de una muestra, la estimación está sujeta a riesgo, entre otras razones, debido a la estructura del estimador con la que se infiere el valor del parámetro. Por tal motivo, en un diseño de muestreo se propone un estimador y se analizan sus propiedades como el sesgo, eficiencia, consistencia y otras de relevancia que son señaladas en teoría estadística, como la suficiencia (Burguete y Carrillo, 1972).

¹ Título de la Tesis presentada por el autor para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Estadística Experimental

² Autor

³ Coautor y Asesor Principal de la Tesis

Si el estimador utilizado para calcular la media poblacional de la cobertura y la media poblacional de la densidad vegetal posee el mayor número de estas propiedades deseables, entonces se considera de buena **calidad**, por lo tanto la estimación de ambas variables es satisfactoria y, sin duda alguna, se puede utilizar en la estimación de ambos parámetros (Burguete y Carrillo, 1972; Kisinger et al., 1960). Dada la utilización de los procedimientos de muestreo mencionados, en este estudio se propone como objetivo demostrar las propiedades estadísticas básicas de los estimadores de la línea intercepto y muestreo por cuadros cargados, los cuales son: insesgamiento, suficiencia, consistencia y eficiencia.

Materiales y Métodos

Descripción del Muestreo por Línea Intercepto

El uso de la línea intercepto puede definirse como un procedimiento de muestreo de vegetación basado en la medición de todas las plantas interceptadas por un plano vertical de líneas, localizadas aleatoriamente y de igual longitud (Canfield, 1941). Aunque también puede hacerse la estimación con líneas de diferente longitud (McDonald, 1980; Butler y McDonald, 1983). Con el muestreo por línea intercepto puede determinarse la cobertura de corona y la densidad vegetal (Figura 2.1).

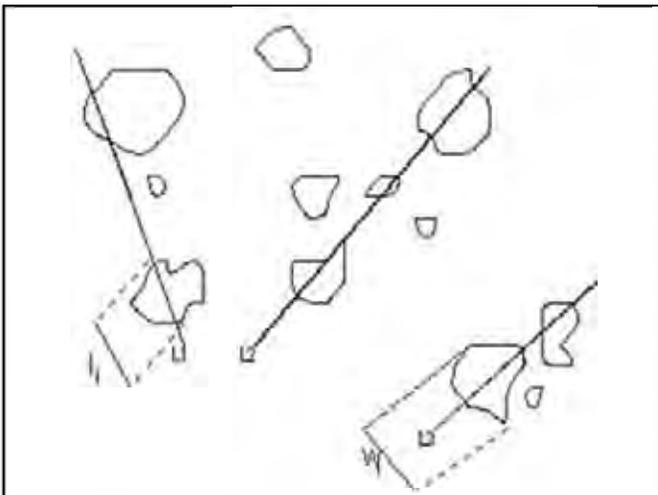


Figura 2.1 Área de estudio con $M= 12$ individuos de interés y $n= 3$ unidades de muestreo

Descripción del Muestreo por Cuadros Cargados

Si tenemos un área **A** que se subdivide en N unidades de muestreo en forma de cuadro, cada uno de ellos de área **a**, a los cuadros con la presencia de individuos de interés serán los cuadros cargados (Figura 2.2). Si se denota por θ el número de cuadros no cargados en una

muestra de unidades de muestreo de tamaño **n**, se puede obtener el número de individuos en el área **A**.

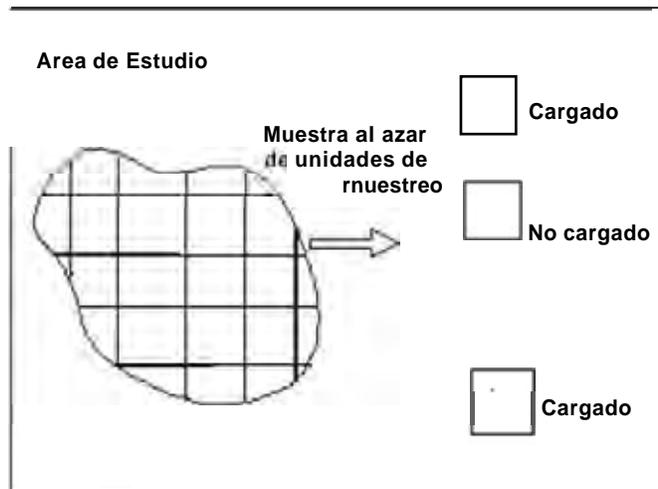


Figura 2.2 Cuadros cargado y no cargado tomados de un área **A**

Estimación y Estimador

Un estimador es una fórmula, la cual establece cómo calcular un valor dado contenido en una muestra aleatoria que se obtiene en campo; un estimador se designa como $\hat{\theta}$ y se toma como si fuera el valor verdadero de una población al cual se le llama parámetro; el parámetro θ sólo se conocerá si se realiza un censo de la población; por esta razón, el estimador es de gran importancia en el muestreo. La acción de utilizar al estimador y conocer las consecuencias de utilizarlo como una función de decisión al tomar el valor del estimador como si fuera el parámetro, es la estimación.

Los estimadores de la cobertura y densidad vegetal en el muestreo por línea intercepto y muestreo por cuadros cargados, estiman a la media poblacional del parámetro, y si el estimador usado posee la propiedad de que su valor esperado, o esperanza matemática sea igual al parámetro se dice que el estimador es insesgado, teóricamente, si

$$E(\hat{\theta}) = \theta.$$

Como la media poblacional se estima, este valor varía de acuerdo con la muestra aleatoria que se tome en campo; si se conoce su varianza se puede estimar su variación con respecto a su media. La consistencia de un estimador se prueba en la varianza, de la media poblacional cuando el tamaño de muestra crece; si al crecer la varianza se hace cero, se dice que la varianza es consistente y ha alcanzado su máxima eficiencia.

También es de interés saber si la muestra aleatoria contiene la información necesaria para estimar el parámetro; cuando esto sucede, se dice que el estimador

posee la propiedad de suficiencia, para lo cual se necesita saber la función de distribución de la variable en un estudio de población, aunque se puede suponer, no obstante que la distribución normal es la de uso más frecuente (Burguete y Carrillo, 1972)

Cuando dos o más estimadores insesgados estiman a la misma media de la población, puede escogerse para su uso aquél estimador que tenga la menor varianza, a lo cual se le llama eficiencia relativa.

Resultados y Discusión

El estimador de la media poblacional de la cobertura vegetal que se usa en el muestreo por línea intercepto es insesgado. Si se quiere estimar la cobertura de corona de alguna especie vegetal, a partir de una muestra aleatoria de n unidades de muestreo en una población, el estimador a usar junto con su varianza es:

$$\hat{c} = 25\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^m l_i}{\sum_{j=1}^n L_j} \right)$$

$$\hat{V}(\hat{c}) = \frac{s_l^2}{nL^2}$$

$$s_l^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n l_i - \hat{c}L \right)^2$$

Si es una cobertura cuadrada o rectangular, se utiliza la expresión dentro del paréntesis (para el caso de la media poblacional); si la varianza estimada de la media de la cobertura es consistente, el estimador de la media también es eficiente.

Si el estimador de la densidad vegetal en el muestreo por línea intercepto estima insesgadamente a la media poblacional, su varianza es consistente y, además, el estimador posee la propiedad de suficiencia. Los estimadores encontrados son los siguientes:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^m w_i}{\sum_{j=1}^n L_j} * area$$

$$V(U) = \frac{s_w^2}{nL^2}$$

$$s_w^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n w_i^2 - \frac{n\hat{D}}{A} \right)$$

En el muestreo por línea intercepto L la suma total de las unidades de muestreo l_i y w_i son el intercepto y ancho máximo, respectivamente, de las coberturas interceptadas (ver Figura 2.1).

El estimador de la media poblacional de la densidad vegetal y varianza del muestreo por cuadros cargados, posee las propiedades deseables de estimación; en este caso, la función de distribución Poisson es la adecuada para el muestreo. Así entonces, se contarán en aquella muestra de n unidades como 0, a los que no tienen presencia de individuos de interés o no cargados, y como 1, a los que sí tienen individuos de interés o cargados (ver Figura 2.2):

$$\hat{D} = -\left(\frac{1}{a}\right) \ln\left(\frac{y}{n}\right)$$

$$\hat{\tau} = N\hat{D}$$

$$\hat{V}(\hat{D}) = \frac{e^{\hat{D}a} - 1}{na^2}$$

Para obtener estimaciones de la media de la población de la densidad vegetal con dos estimadores insesgados, es mejor utilizar el estimador del muestreo por línea intercepto, ya que su varianza es muy pequeña comparada con la del muestreo por cuadros cargados.

Conclusiones

Conocer las propiedades estadísticas de los estimadores que se usan en un trabajo de muestreo, hace que estemos más confiados en las estimaciones que obtendremos con ellos. No basta saber que el estimador es insesgado. Su varianza y consistencia son importantes, puesto que no sólo se conocerá una estimación puntual, sino que también se podrá construir un intervalo de confianza para la media poblacional y se podrá inferir, con menor error, sobre los parámetros de la población.

En el muestreo por línea intercepto, es necesario conocer la forma promedio de la corona del individuo de interés, para saber qué estimador utilizar; el estimador de la media poblacional de la cobertura junto con el de densidad, hacen que este procedimiento de muestreo proporcione más información sobre una población, por lo que su uso es recomendable.

El muestreo por cuadros cargados proporciona, con rapidez, la estimación de la media poblacional de la densidad vegetal; sin embargo, es muy alta con respecto a la de la línea intercepto, por lo que es recomendable un estudio más profundo sobre este procedimiento de muestreo para conocer con amplitud sus aplicaciones.

Literatura Citada

- 1 Burguete, H. J. F. y A. C. Liz. 1972. Algunas propiedades de los estimadores en muestreo por áreas. *Agrociencia*. No. 10. 91-104.
- 2 Butler, A. S. and L. L. McDonald. 1983. Unbiased systematic sampling plan for the line intercept method. *J. Range Management*. 36(4): 463-468.
- 3 Canfield, H. R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *J. of Forestry*. 388-394.
- 4 Cochran, G. W. 1950. Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number". *Biometrics*. 105-115.
- 5 Kaiser, L. 1983. Unbiased estimation in line-intercept sampling. *Biometrics*. 39: 965-976.
- 6 Kisinger, E. F.; R. E. Eckert and P. O. Currie. 1960. A comparison of the line-interception, variable plot and loop methods as used to measure shrub-crown cover. *J. Range Management*. 13: 17-21.
- 7 Lyon, J. 1968. An evaluation of density sampling methods in a shrub community. *J. Range Management*. 21: 16-20.
- 8 McDonald, L. L. 1980. Line-intercept sampling for attributes other than coverage and density. *J. Wildlife Management*. 44(2): 530-533.
- 9 Swindel, F. B. 1983. Choice of size and number of quadrats to estimate density from frequency in poisson and binomially dispersed populations. *Biometrics*. 39: 455-464.