

# Comparación de dos métodos de muestreo para el estudio de la comunidad herbácea de Las Lomas

MEYLIN VÁSQUEZ LAM

Laboratorio de Ecofisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática,

Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

Email: Meylinvasquez@yahoo.es

## RESUMEN

La importancia de hallar un método apropiado en el estudio de un ecosistema o comunidad, reside en la elección del método que mejor se adecue a las condiciones de campo y que permita obtener la mayor información sobre la estructura y dinámica de la comunidad. El entendimiento del cómo funciona un ecosistema permite aplicar este conocimiento dentro de la gestión de conservación y manejo adaptativo. Se compararon dos métodos de muestreo (parcela permanente y transecto en banda ancha), durante la época húmeda de las lomas del año 2005; ambos métodos son empleados frecuentemente en la evaluación de comunidades herbáceas de distintos tipos de ecosistemas. Las variables evaluadas fueron: Índices de diversidad de Shannon ( $H'$ ), dominancia de Simpson ( $S$ ) y cualitativo de Sorensen ( $C_s$ ). A pesar de que el periodo de evaluación Junio-Noviembre del 2005 se vio afectado por la época de sequía que se presentó en la costa peruana y chilena, afectando principalmente la riqueza de especies y su cobertura vegetal (densidad) y, por lo tanto la diversidad, los resultados muestran que el método de transecto en banda presenta mayores ventajas para la evaluación de la comunidad vegetal herbácea de las lomas en comparación con el método de parcela permanente.

Palabras clave: Comunidad herbácea, lomas, parcela permanente, transecto en banda.

## ABSTRACT

*The importance of finding an appropriate field method to study an ecosystem or community, resides in choosing the best method could adapt to the field conditions and allows obtaining the greater structure and dynamics data community. Understand how an ecosystem works may allow applying this knowledge into the conservation and adaptative management. Two field methods were compared (permanent parcel and broadband transect), during the wet time hills in 2005 year; both of them are frequently used in the communities grasses evaluation from different ecosystems. The variables measured were: Diversity Shannon index ( $H'$ ), Simpson dominance index ( $S$ ) and Sorensen similarity qualitative index ( $C_s$ ). Although June-November period in*

*2005 year evaluation was affected by the drought that happened in the Peruvian - Chilean coast, affecting mainly species richness and its cover (density) therefore the diversity, the results show that broadband transect displays several advantages to vegetal community grass of hills evaluation in comparison with the permanent plot.*

*Keywords: Herbaceous community, lomas, permanent plot, broadband transect.*

## INTRODUCCIÓN

Las lomas en el Perú son formaciones vegetales, de porte bajo, expansión limitada y fuerte periodicidad, ubicadas en forma dispersa a lo largo de la costa, desde aproximadamente los alrededores de Trujillo, 8° Latitud Sur hasta Coquimbo en el Norte de Chile, 30° Latitud Sur (Torres, 1981 y Brack, 1986). Esta ubicación, dentro del desierto Peruano – Chileno las convierten en los únicos remanentes de recursos naturales renovables de los interfluvios extremadamente áridos (Jiménez y Jiménez, 2000 y Torres y López, 1981), teniendo condiciones ecológicas especiales y apareciendo durante la época de humedad que fluctúa entre los meses de Mayo a Octubre pero que puede ser variable dependiendo de las condiciones climáticas (Tovar, 2003). Existen un aproximado de nueve lomas en el norte, 23 en el centro y 35 en el sur del Perú indicando un área total aproximada de 250,000 ha (Dourojeanni, 1986), sin embargo esta estimación del número y superficie total de las lomas se realizó hace ya 23 años atrás, no existiendo otro trabajo similar; por lo que, muy probablemente ya no refleje un aproximado real de la superficie actual que ocupan las lomas en el Perú; esto debido a actividades antropogénicas, principalmente la urbanización, realizadas dentro del área de las lomas. De estas 69 lomas registradas las más conocidas son las lomas de Lachay (Lima) (único ecosistema de lomas con categoría de Área Natural Protegida), lomas de Mejía (Arequipa), siendo la loma con mayor extensión el Perú, la mayor en riqueza florística y la mejor gestionada en cuanto al aprovechamiento de sus recursos. Otras lomas conocidas son las lomas de Pacta, loma Quebrada Verde y lomas de Lúcumo (Lima), en estas tres lomas se da el aprovechamiento de recursos por parte de los pobladores locales, ya sea para pastoreo, turismo y agricultura respectivamente.

Las lomas de Villa María del Triunfo pertenecieron a un gran complejo de lomas conocida como las lomas de Atocongo y Tablada de Lurín, la cual llegó a abarcar hasta la década del sesenta, una extensión de aproximadamente 25 km<sup>2</sup> (Mendoza y Roque, 1994). Dentro de clasificación de H. W. Koepcke, citado por Brack (1986) de las lomas costera, estas lomas corresponden a la categoría de loma de matorral y hierba, dentro de la subcategoría de loma pedregosa con plantas higrófitas. Hoy en día el área ocupada por estas lomas se encuentra reducida debido al crecimiento urbano. Se sabe que dichas lomas fueron habitadas por pobladores indígenas incluso antes de la época de la invasión española habiéndose encontrado restos arqueológicos (covachas, adornos y utensilios) que datan del 600 D. C, que evidencia la importancia que poseían estas lomas para el desarrollo y sustento de los antiguos peruanos (Loma Verde, 2005. En línea y Engel, 1988).

Desde el año 2002 estas lomas vienen siendo estudiadas por Jiménez *et al.* (2004a y b), estado orientados los estudios a registrar la diversidad florística existente; reportándose la presencia

de las especies *Ismene amancaes* (Amaryllidaceae) y *Carica candicans* (Caricaceae), ambas especies amenazadas que se encuentran dentro de la Lista de Especies de Flora Amenazada del INRENA con categoría de estado vulnerable (VU) y crítico (CR) respectivamente (D. S. No. 043-2006-AG). La principal razón de la disminución en número de las poblaciones de estas dos especies es la reducción de su hábitat por actividades antropogénicas, principalmente por la urbanización.

Además, la vegetación de esta loma sostiene una comunidad de fauna peculiar para el sector urbanizado de Lima, hallándose especies como *Lagidium peruanum* “vizcacha”, *Athene cunicularia* “lechuza arenera”, *Microlophus tigris*, *M. thoracicus* y *M. peruvianus* “lagartijas de la costa”, *Phyllodactylus* sp. “gecko”, *Bothrops pictus* “jergón” y *Sibynoporphus williamsi* “culebra” entre otros. Además, existe una gran variedad de invertebrados que aún no han sido estudiados.

Por las características arriba descritas, estas lomas están consideradas Zona Ecológica del distrito de Villa María del Triunfo desde el año 1997 por Ordenanza N° 015-97/MVMT, apoyado por el D. S. N° 038-2001-AG. Desde el año 2002 con la ONG Loma Verde se empieza una mayor labor para la conservación de esta loma, realizando campañas de educación ambiental y conservación. En el año 2005 la misma organización gestionó, a nivel del municipio, la protección de esta loma convirtiéndola en un parque natural, promoviendo el ecoturismo, conservación y propagación de especies nativas (Loma Verde, 2005. En línea).

Existe una gran diversidad de métodos para la evaluación de la vegetación, estando estos diseñados según el tipo de vegetación, estructura de la comunidad y lo que se desee evaluar. En el caso de las comunidades vegetales cuyas especies dominantes son la herbáceas, los métodos frecuentemente utilizados son los enfocados a medir la abundancia de las poblaciones en función a la cobertura, caracterizándose por medir la riqueza y abundancia de especies dentro de una cuadrícula, siendo los más utilizados la parcela permanente y las diferentes variantes de transectos (Franco *et al.*, 1985).

Resulta por tanto importante el desarrollo de métodos de muestreo adecuados para evaluar los beneficios de su biodiversidad y su ulterior incorporación a los sistemas de contabilidad nacional, ya que resulta un poderoso incentivo para la conservación (CONAM, 1999).

En tal sentido, este estudio tuvo como objetivos incrementar el conocimiento y entendimiento de la diversidad y dinámica del ecosistema de lomas, mediante la comparación de dos métodos de muestreo, abarcando el estudio de la diversidad, ya que la correcta evaluación es una base importante para la conservación, gestión y uso racional de los recursos naturales de un ecosistema en general. La formación de lomas escogida para este estudio fue las lomas de Villa María del Triunfo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

Las lomas de Villa María del Triunfo se localizan en el distrito del mismo nombre, en la ciudad de Lima, departamento y provincia del mismo nombre, Perú (Figura 1). La entrada

a las lomas se da por dos accesos, uno en el asentamiento humano El Manantial y el otro por los límites del cementerio municipal de Villa María el Triunfo “Nueva Esperanza”. Para el estudio se seleccionaron las primeras quebradas de acceso por la entrada del asentamiento humano El Manantial.

### Métodos de muestreo

Se utilizaron dos métodos de muestreo específicos para la evaluación de comunidades vegetales de tipo herbáceo con la finalidad de saber cuál de los dos resulta más efectivo:

- Método de muestreo por parcela permanente, el cual ha sido utilizado por Mendoza *et al.* (2002; 2004a y b); y Jiménez *et al.* (2004a y b) para la evaluación de las lomas de Lima.
- Muestreo por transecto en banda ancha (Franco *et al.*, 1985), el cual es un nuevo método propuesto para la evaluación de lomas.

-Parcela permanente: Los cambios de la flora a lo largo de las estaciones del año, y posiblemente a lo largo de los años, pueden observarse instalando una parcela de muestreo permanente. Una parcela de muestreo de este tipo consiste en una zona rectangular de terreno claramente señalada por medio de hitos u otras señales duraderas. El registro de la vida vegetal y otros factores se hace a intervalos regulares. Este tipo de área de muestreo es conveniente ya que se puede observar el desarrollo de la vegetación durante el periodo de estudio (Franco *et al.*, 1985; Matteucci *et al.*, 1982 y Golsmith y Harrison, 1976).

Para la evaluación se utilizaron 12 parcelas permanentes cuadradas de 10x10 m<sup>2</sup> (100 m<sup>2</sup>) delimitándose utilizando piedras indicando cada vértice y rafia que rodeaba el perímetro de la parcela (Figura 3)

-Transecto en banda ancha: Un transecto en banda es una tira, por lo general de 0.5 ó 1.0 m de ancho, señalada colocando una segunda línea paralela a la del transecto lineal original de 50 metros de longitud (Franco *et al.*, 1985, y Bennett y Humphries, 1981). El transecto como unidad de muestra se utiliza para medir algunas variables como la cobertura (Matteucci *et al.*, 1982). Este método posee la ventaja de abarcar una mayor longitud en el terreno (50 m) y que el tamaño de las tiras permite una rápida evaluación, abarcando una mayor longitud total en comparación de las parcelas que sólo poseen una longitud de 10 m. Bennet y Humphries (1981) designan a este método de muestreo como el más idóneo para la evaluación de comunidades vegetales de tipo herbáceo con una gran cantidad de individuos en un área reducida de terreno, tal como sucede en las lomas.

Para la evaluación se utilizaron 12 transectos de 50 m de longitud, ubicados de manera perpendicular a las isolíneas, en cada uno de los extremos y en la parte media del transecto (25 m) se delimitaron parcelas de 10x1 m<sup>2</sup> colocando el lado de menor longitud paralelo al transecto lineal original y el de mayor longitud perpendicular a este mismo transecto, los transectos se delimitaron con piedras y rafias al igual que en la parcelas tal como se muestra en la Figura 3.

### Zona de estudio

En la zona elegida para el estudio se ubicaron 12 estaciones permanentes, en cada una de estas estaciones se instaló una parcela de  $10 \times 10 \text{ m}^2$  y un transecto en banda, La distancia entre cada parcela y transecto de una misma estación fue de aproximadamente 1.5 m, esta cercanía permitió realizar las comparaciones entre los dos métodos de muestreo con los mismos parámetros físicos, descartando así diferencias en los resultados por estos factores. Las estaciones se distribuyeron en cuatro diferentes pisos, considerando la altitud de cada uno y en tres zonas de quebrada, cresta y ladera ya que lo accidentado de su geografía hace que exista una delimitación muy marcada entre una de la otra, así al evaluar estas tres diferentes zonas se obtiene un resultado claro de cómo varía la composición y estructura de la comunidad vegetal herbácea en las distintas zonas. La distribución de las estaciones por pisos, diferentes zonas y la codificación se muestran en la Figura 2 y Cuadro 1.

### Colección de datos

Se realizaron ocho evaluaciones durante seis meses de Junio a Noviembre del año 2005 permaneciendo un día en cada evaluación (Cuadros 2 y 5).

En cada una de las ocho salidas a campo se evaluó sólo la comunidad vegetal herbácea ya que son las plantas herbáceas las responsables del incremento significativo de la comunidad vegetal durante la temporada húmeda y por ser su número de especies y cobertura muy superior a las especies arbustivas.

Para hallar los datos de abundancia de especies se realizó la medida de cobertura vegetal por especie dentro de cada parcela y transecto, considerando su porcentaje de cobertura vegetal, tomando como el 100% al área total de la parcela ( $100 \text{ m}^2$ ); para el caso del transecto en banda, al estar sus tiras separadas, se consideró a la sumatoria del área de las tres tiras como el área total del transecto ( $30 \text{ m}^2$ ), considerando esta área como el 100%, y se halló el porcentaje total de cobertura vegetal para cada especie en las tres tiras en conjunto.

### Análisis de datos

Se realizó un análisis de la diversidad alfa mediante los índices de diversidad de Shannon y dominancia de Simpson, y la diversidad beta mediante el índice de similaridad cualitativo de Sorensen (Moreno, 2001) en cada una de las ocho evaluaciones de Junio a Noviembre del 2005. Para hallar los valores de los tres índices se utilizó el software PAST (Hammer *et al.*, 2001. En línea), en el caso de los dendrogramas de similaridad cualitativa de Sorensen se utilizó el agrupamiento por pares mediante ligamiento promedio (Unweighted pair-group average UPGMA).

Diversidad alfa: Se refiere a la diversidad dentro de una misma comunidad en un mismo hábitat.

Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ): Mide la formación que encierra cualquier sistema en base a la proporción de cobertura de cada una las especies en una determinada área (Segovia, 1987 y Margalef, 1995), su objetivo es medir la equidad de las distintas poblaciones de una

comunidad; sus unidades son “bits” cuando se expresa en  $\log_2$ . Su valor suele hallarse entre 1.5 y 3.5 y sólo raramente sobrepasa los 4.5 bits/indv. Los valores del índice entre 0.1-2.9 son considerados como bajos, entre 3.0-4.4 valor medio y de 4.5 a más alto; su valor es 0 (cero) cuando sólo se halla una especie (Magurran, 1987). Su fórmula está dada como sigue:

$$H' = -\sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2 p_i \text{ bits/indv.}^{i=1}$$

Donde  $p_i$  es la proporción de cobertura de la especie  $i$ -ésima en toda la muestra ( $p_i = n_i/N$ ), con  $N$  = cobertura total y  $n_i$  = cobertura de la especie  $i$ .

Índice de dominancia de Simpson (S): Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar puedan corresponder a la misma especie (Segovia, 1987, Franco *et al.*, 1985, Matteucci *et al.*, 1982), su valor máximo es 1 cuando sólo se halla una especie; y el mínimo es 0 (cero) cuando existe una alta diversidad, se consideran a los valores entre 0.8 y 1 como altos. Como es un valor de probabilidad no posee unidades (Magurran, 1987 y Moreno, 2001). Para una muestra infinita el índice es:

$$S = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (p_i)^2}$$

Donde  $p_i$  es la proporción de cobertura de la especie  $i$ -ésima en toda la muestra ( $p_i = n_i/N$ ), con  $N$  = cobertura total y  $n_i$  = cobertura de la especie  $i$ .

**Diversidad beta:** Diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales.

Índice de similaridad cualitativo de Sorensen ( $C_s$ ): Mide la similaridad entre una determinada ubicación y otra, considerando la presencia, ausencia, número de especies comunes y totales en dos puntos de muestreo comparados. Este índice está diseñado para ser igual a 1 en caso de similaridad completa e igual a cero en puntos de muestreo sin especies en común además, posee un fácil cálculo matemático (Moreno, 2001; Margalef, 1995; Magurran, 1987; Franco *et al.*, 1985; Matteucci *et al.*, 1982, y Goldsmith & Harrison, 1976). El índice de cualitativo de Sorensen se expresa como:

$$C_s = \frac{2c}{a + b} * 100$$

Donde:  $a$  = número de especies en la comunidad o muestra 1;  $b$  = número de especies en la comunidad o muestra 2;  $c$  = número de especies que se presentan en ambas comunidades o muestras. El resultado de los índices de similaridad de Sorensen se grafican en un dendrograma; se obtuvo un dendrograma por cada una de las ocho evaluaciones por cada método de muestreo.

### Modelo experimental y análisis estadístico

El modelo experimental elegido para evaluar los valores de diversidad  $H'$  y  $S$  fue el análisis de variancia del diseño de bloques completos al azar (DBCA) (Steel y Torrie, 1996) por hallarse tanto las parcelas como los transectos en estratos diferentes (altitudes) y para la comparación de la variación de las diferentes variables a través del tiempo. Se consideró a las tres zonas como tratamientos y a las ocho distintas evaluaciones como bloques. Los resultados significativos se evaluaron con la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1996). Se trabajó con un intervalo de confianza de 95% y nivel de significación al 1% ( $P < 0.01$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el Software estadístico R (Venables y Smith, 2006. En línea).

### RESULTADOS

Los transectos T3 y T12 no presentaron ninguna especie herbácea, por lo que no poseen valores para ningún índice ni figuran en los dendrogramas.

#### Diversidad alfa

De acuerdo con los resultados, el transecto en banda permitió distinguir diferencias entre las tres diferentes zonas, aunque no se pudo observar diferencias en el tiempo en ambos métodos de muestreo.

-Índice  $H'$ : Los dos métodos de muestreo presentaron los valores más altos de  $H'$  en la cuarta y quinta evaluación, para luego ir disminuyendo hasta el final de las evaluaciones (11/11) (Cuadro 2).

Para ambos métodos de muestreo se obtiene que en las zonas de quebrada y en los pisos I y II se observaron los mayores valores de  $H'$ , siendo las estaciones E5 y E7 (piso II) las más representativas (Cuadro 2). Sin embargo, sólo en los transectos se hallaron diferencias significativas entre las zonas de quebrada y ladera, teniendo las zonas de quebrada mayores valores para el índice  $H'$  en comparación con las parcelas. No se hallaron diferencias significativas a lo largo de las ocho distintas evaluaciones ni en parcelas ni en transectos (Cuadros 3 y 4).

-Índice  $S$ : Ambos métodos de muestreo señalan las zonas de quebrada de los pisos I y II como las áreas donde se observó la mayor variación en los valores de  $S$  a través del tiempo, siendo las estaciones E5 y E7 (piso II) las más representativas al igual que en las parcelas (Cuadro 5). Sin embargo, sólo se hallaron diferencias significativas entre zonas de quebrada y ladera de los transectos (Cuadro 7). No se hallaron diferencias significativas entre las ocho diferentes evaluaciones a lo largo del tiempo ni en parcelas ni en transectos (Cuadros 6 y 7).

#### Diversidad beta

-Índice  $C_s$ : En el caso de las parcelas sólo se logró distinguir dos grupos de similitud, durante la cuarta y quinta evaluación (sólo se muestra el dendrograma de la quinta evaluación, Figura 4), el primer grupo correspondió a P1, P5, P7 y P11, el segundo a P2, P3, P9 y P10, mientras que P6 mostró la menor similitud; las parcelas P4, P8 y P12 no presentaron especies herbáceas durante la quinta evaluación, por lo que no parecen en la Figura 4. No se observó, a lo largo

de todo el periodo de evaluación, un patrón de formación de grupos continuo, habiendo similitudes entre parcelas que cambiaban en cada evaluación (datos sin presentar).

Para los transectos se pudo apreciar una clara estructura de la diversidad de la comunidad vegetal herbácea durante el periodo de evaluación de Junio a Noviembre, distinguiéndose tres grupos; en el primer grupo se hallaron los transectos T2, T5 y T7, ubicados en zonas de quebrada (Cuadro 1). El segundo grupo estuvo conformado por los transectos T6, T8, T9 y T10, siendo su ubicación, respecto a las zonas y pisos, variada (Cuadro 1). El tercer grupo correspondió a los transectos T1, T4 y T11, teniendo, al igual que en el segundo grupo una distribución variada (Cuadro 1). La formación de estos tres grupos de similaridad se pudo observar a lo largo de todo el periodo de evaluación, alcanzando sus mayores valores de similaridad, al igual que en parcelas, durante la quinta evaluación (Figura 5).

Los valores de Cs obtenidos por el método de transecto en banda mostraron un patrón de similaridad entre los distintos transectos mediante el transcurso del periodo de evaluación, señalando tres grupos de similaridad; por el contrario, los valores de las parcelas de 10x10 m<sup>2</sup>, no mostraron un patrón de similaridad entre las diferentes parcelas (Figuras 4 y 5).

## DISCUSIÓN

### Diversidad alfa

-Índice H': Para ambos métodos los valores más altos del índice se hallaron entre la tercera y quinta evaluación y en zonas de quebrada (Cuadro 2), esto se debe al que el desarrollo de cobertura vegetal y la riqueza de especies fue mayor en estas fechas para después ir en descenso; por otra parte, el índice H' mide la equidad de las poblaciones de una comunidad, es decir, cuán similares son en cuanto al tamaño poblacional unas con otras, por eso al incrementarse la cobertura vegetal de las especies el valor del índice también lo hace, esto también explica que la parcela y el transecto de la estación E6 hayan tenido valores de H' similares a los de las estaciones ubicadas en quebrada, ya que H' no se determina por la riqueza de especies (que tuvo un valor de dos para P6 y de tres para T6, datos sin presentar), si no por la equidad (Margalef, 1995). Esta equidad en el tamaño poblacional no fue tan homogénea en las zonas de ladera, por lo que los valores del índice fueron más bajos (Cuadro 2).

Los valores bajos de H' en ambos métodos de muestreo se debieron a la baja cobertura y a la poca riqueza registrada durante el periodo de lomas del 2005 debido a la época de sequía que se presentó en la costa peruana y chilena durante este año, registrándose valores bajos de precipitación (SENAMHI, 2006), afectando el normal desarrollo de la comunidad vegetal en las lomas. Sin embargo, los resultados permiten ver que las zonas de quebrada entre los 400 y 650 msnm son zonas favorables para el desarrollo de especies herbáceas durante época adversas (Cuadro 2).

Sólo se halló diferencias significativas en los transectos para las zonas de quebrada y ladera (Cuadro 4), esto indica que existió una mayor riqueza de especies y equidad en el tamaño de las poblaciones en las quebradas, este resultado comprueba lo dicho por diferentes investigadores sobre la mayor riqueza de especies y cobertura vegetal que existen en las quebradas de las lomas (Jiménez *et al.*, 1999; Jiménez y Jiménez, 2000; Jiménez *et al.*, 2004a y b; y Mendoza



*et al.*, 2004a y b). No se hallaron diferencias significativas entre las ocho evaluaciones para ambos métodos (Cuadros 3 y 4) esto debido a la poca precipitación.

De acuerdo a los resultados de  $H'$ , se puede afirmar que las zonas de quebrada ofrecen un ambiente propicio para el desarrollo de especies vegetales, ofreciendo ventajas para su desarrollo durante épocas donde la disponibilidad de agua de niebla es escasa.

-Índice S: En ambos métodos de muestreo se alcanzaron los valores más bajos de S en la segunda y quinta evaluación (09/07 y 28/08), para luego ir incrementándose hasta el final del periodo de evaluación (11/11) (Cuadro 5). Estos valores bajos de S guardan relación con los valores del índice  $H'$ , ya que cuando el valor de S es máximo (1) el valor de  $H'$  es mínimo (0) (Cuadro 5 y Cuadro 2 respectivamente), esto debido a que S expresa la dominancia de una especie, mientras que  $H'$  está relacionado tanto a la riqueza como a la densidad de cada especie (Margalef, 1995 y Magurran, 1987).

Las diferencias no significativas entre las ocho evaluaciones en ambos métodos de muestreo (Cuadros 6 y 7), al igual que los valores no significativos para  $H'$  (Cuadros 3 y 4) se debieron también a la época de sequía. Sin embargo, se logró hallar diferencias significativas por el método de transecto en banda entre zonas de quebrada y ladera dentro de una misma fecha de evaluación (Cuadro 7), esta diferencia significativa hallada en los transectos indicaría, al igual que en el índice  $H'$  (Cuadro 4) que las zonas de quebrada poseen una mayor riqueza y abundancia (cobertura vegetal) de especies, proporcionando un hábitat ideal para el desarrollo de especies vegetales incluso en épocas de sequía.

### Diversidad beta

-Índice  $C_s$ : El método del transecto en banda, permitió hallar valores de  $C_s$  que a lo largo del tiempo permitieron ver la dinámica de la estructura de la diversidad que ocurre durante la época húmeda, hallándose grupos con mayor similaridad en su composición de especies, permitiendo analizar, de manera más rápida e ilustrativa, las similaridades existentes entre transectos ubicados en zonas de quebrada de los pisos I y II, lo cual ya se había observado en los datos de los índices  $H'$  y S. Además, también se pudo observar las similaridades existentes en zonas de ladera de los pisos I y II con zonas de quebrada de los pisos III y IV; estos dos últimos transectos, a pesar de estar ubicados en zonas de quebrada, no mostraron similaridad con las zonas de quebrada de los pisos inferiores debido a la escasa vegetación que se desarrolló en ellos por la sequía.

Este resultado permitió observar que existen diferencias en la composición de especies herbáceas en las diferentes zonas de la loma. Esta diferencia entre zonas de quebrada con las de ladera y cresta se debe a las condiciones especiales en cuanto a disponibilidad de agua y características de suelo que brinda cada zona, desarrollándose una mayor riqueza y abundancia de especies en zonas de quebrada.

Finalmente, en relación a la efectividad de los dos métodos, podemos decir que el transecto en banda permite un mejor análisis de la comunidad vegetal, con respecto a la parcela permanente, permitiendo ver patrones de diversidad dentro de las diferentes zonas. Aunque el método de parcela abarca una mayor área (100 m<sup>2</sup>), no permitió ver una estructura y

dinámica en las diferentes zonas y pisos, en comparación del transecto en banda, aunque este tuvo una menor área (30 m<sup>2</sup>), esto se debe a que el transecto supera a la parcela en longitud (50 m), lo que permite registrar un mayor número de especies que junto con los datos de densidad (cobertura) brindan una mayor información de la dinámica, diversidad y estructura de la comunidad. Por otra parte, el transecto en banda posee la ventaja de ser de mucha más rápida medición al poseer subparcelas de 10 m<sup>2</sup>, siendo más fácil el cálculo de cobertura por especie, mientras que la parcela, con un área de 100 m<sup>2</sup>, demanda una mayor cantidad de tiempo y esfuerzo, siendo mayor el margen de error en la estimación de las coberturas debido a la mayor área.

A pesar de la arriba explicado, debe tomarse en cuenta qué es lo que se desea evaluar, para este estudio se buscó un método óptimo para el análisis la dinámica, diversidad y estructura de la comunidad, existiendo otra variables posibles a ser evaluadas como la biomasa, productividad primaria y cobertura vertical, en los que convendría el uso de parcelas permanentes de 100 m<sup>2</sup>.

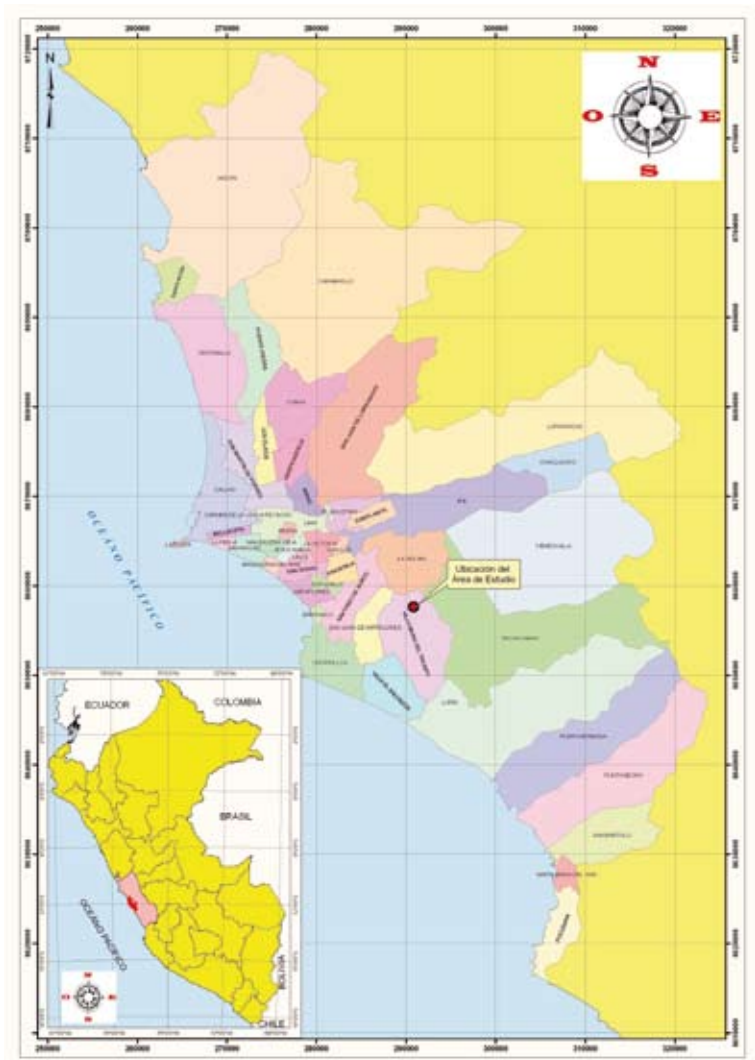
#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bennett, D & D. Humphries.** 1981. Introducción a la ecología de campo. Edit. H. Blume. Madrid. España.
- Brack, A.** 1986. La fauna del desierto costero. En: Marfer-Mejía Baca (Eds.) *Gran Geografía del Perú*. 67; 72-86 Tomo III. Primera edición. Barcelona, España.
- Consejo Nacional del Ambiente CONAM.** 1999. Perú megadiverso. Prioridades en uso y conservación de la biodiversidad para el desarrollo sostenible. CONAM. Lima, Perú.
- Engel, F.** 1988. Ecología prehistórica andina; el hombre su establecimiento y el ambiente de los Andes, la vida en tierras costeras y semiáridos; otras lomas del sur medio-cuevas de Chilca. Edit. Mercurio S. A. Primera edición. Lima, Perú.
- Franco, F., G. De la Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, E. Kato, S. Sánchez, L. Abarca, & C. Bedia.** 1985. Manual de ecología. Edit. Trillas S. A. Segunda edición. México D. F, México.
- Goldsmith, F. & C. Harrison.** 1976. Description and Analysis of Vegetation. In: Chapman, S. B (Eds.) *Method of Plant Ecology*. 86; 105-107. First edition. N. Y city, U. S. A.
- Hammer O., D. Harper, H. Demmark & P. Ryan.** 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Paleontología electrónica*. Revista virtual. 4(1):4-9. [En línea] (Consulta: 12 Nov. 2005) [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Jiménez, R., J. Mansilla, N. Canto & R. La Rosa.** 2004a. Fenología de *Ismene amancaes* (Amaryllidaceae) en las lomas de Villa María del Triunfo (Lima) durante el 2003-2004. En: *Memorias del III Congreso Peruano de Botánica*. Arequipa, Perú.
- Jiménez, R., A. Mendoza, M. La Torre & E. Morales.** 2004b. Estudio comparativo de la flora vascular de las lomas de Lima (casco urbano) 2001-2003. *Memorias del III Congreso Peruano de Ecología*. Arequipa, Perú.
- Jiménez, M. & P. Jiménez.** 2000. Notas preliminares sobre la frecuencia y densidad de las especies anuales de las lomas de Mejía. En: *Memorias del IV Congreso Latinoamericano de*

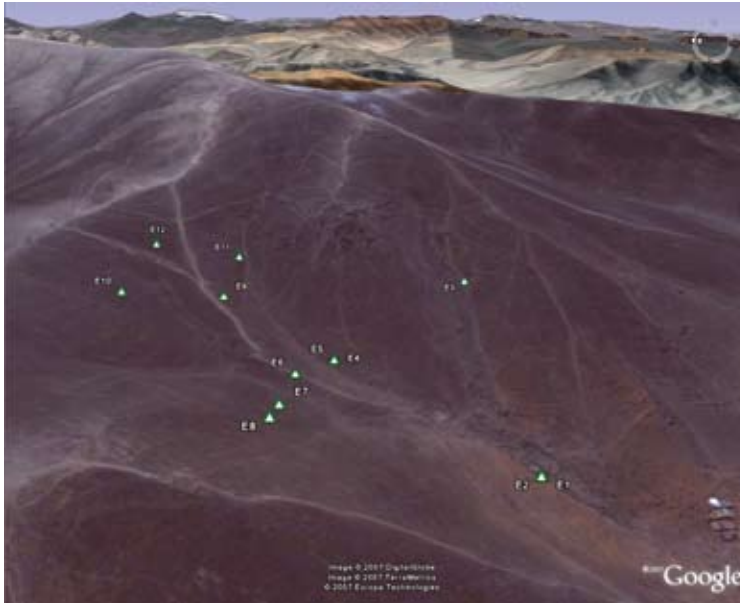
- Ecología*. Instituto Regional de Ciencias Ambientales y UNESCO. Arequipa, Perú.
- Jiménez, P., C. Talavera, L. Villegas, E. Huamán & A. Ortega. 1999.** Condiciones meteorológicas en las lomas de Mejía en “El Niño 1997-98” y su influencia en la vegetación. *Rev. per. biol.* Vol. Extraordinario 133-136. Lima, Perú.
- Loma Verde. 2005.** [En línea] Consulta: 12 Jul. 2005 <http://www.lomaverde.galeon.com/>
- Magurran, A. 1987.** Diversidad ecológica y su medición. Edit. Vedral ediciones. Primera edición. Barcelona – España.
- Margalef, R. 1995.** Ecología. Edit. Omega S. A. Primera edición. Barcelona – España.
- Matteucci, S., A. Colma & F. De Miranda. 1982.** Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. U.S.A.
- Mendoza, A., R. Jiménez & R. La Rosa. 2004a.** Productividad primaria de la vegetación herbácea de las lomas de Amancaes durante 2001-2003 (Lima-Perú). En: *Memorias del X Congreso Nacional de Botánica*. Trujillo, Perú.
- Mendoza, A., R. Jiménez & R. La Rosa. 2004b.** Productividad primaria de la vegetación herbácea de las lomas de Carabayllo durante 2002-2003 (Lima-Perú). En: *Memorias del III Congreso Peruano de Ecología*. Arequipa, Perú.
- Mendoza, A., R. La Rosa, R. Jiménez, C. Sueng, N. Canto, D. Borda, M. Vásquez & M. Atasi. 2002.** Productividad primaria de la vegetación herbácea de las lomas de Amancaes (Lima). En: *Memorias del IX Congreso Nacional de Botánica*. Iquitos, Perú.
- Mendoza, A. & L. Roque. 1994.** Ecología y aspectos sociales de las lomas de Lurín entre 1991 y 1993. *Boletín de Lima* 16(91-96):43-48. Lima, Perú.
- Moreno, C. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. Tomo I. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED. Primera edición. Zaragoza, España.
- Segovia, J. 1987.** Cambios en la estructura de la vegetación en la reserva alto andina de Pampa Galeras, rol de los grandes herbívoros. Tesis para optar el grado de Bachiller en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI. 2006.** Reporte de las actividades de la predicción climática en el Perú durante el año 2005. SENAMHI. Lima, Perú.
- Steel, A. & M. Torrie. 1996.** Bioestadística: Principios y procedimientos. Edit. McGraw-Hill. Segunda edición. México D. F. México.
- Torres, J. & C. López. 1981.** Productividad Primaria en la lomas de la Costa Central del Perú. *Boletín de Lima* 14:54-63. Lima, Perú.
- Tovar, C. 2003.** Análisis de la Resiliencia de las comunidades herbáceas de las lomas de Lachay, provincia de Huaura, departamento de Lima después de la perturbación por el evento El Niño 1997-1998. Tesis para optar el título de biólogo. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Venables, W. & Smith, D. 2006.** An introduction to R. [En línea] (Consulta: 15 Enr. 2006) <http://CRAN.R-project.org>

## AGRADECIMIENTOS

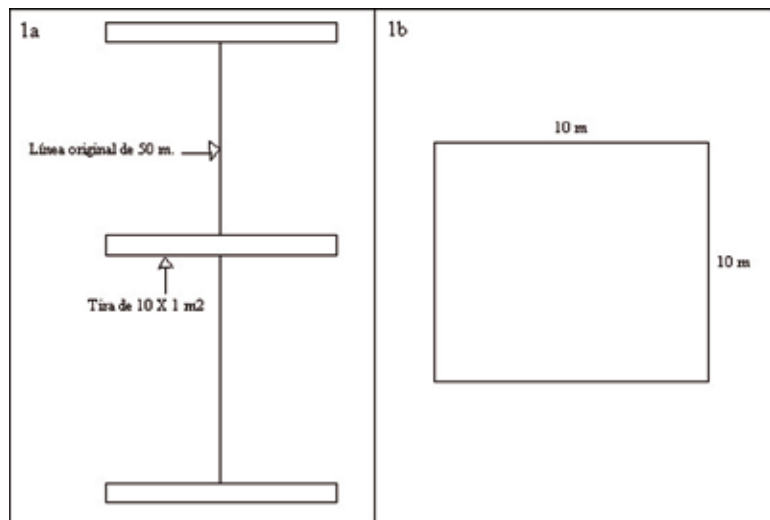
Primeramente a quien en vida fuera el biólogo Augusto Mendoza Valdivia, por brindarme todo su apoyo y facilidades para la realización de este estudio que fuera parte de mi tesis de pre grado, y a los alumnos de Biología de la Universidad Federico Villarreal: C. Aparicio, B. Ávila, T. Bocanegra, C. Conversio, J. Denegri, W. De Paz, M. Frugoni, R. Jiménez, M. Jara, L. Mendoza, C. Poma y I. Turcke, por su invaluable apoyo en la ejecución de la fase de campo de este estudio. A todos ellos muchísimas gracias por su apoyo e interés.



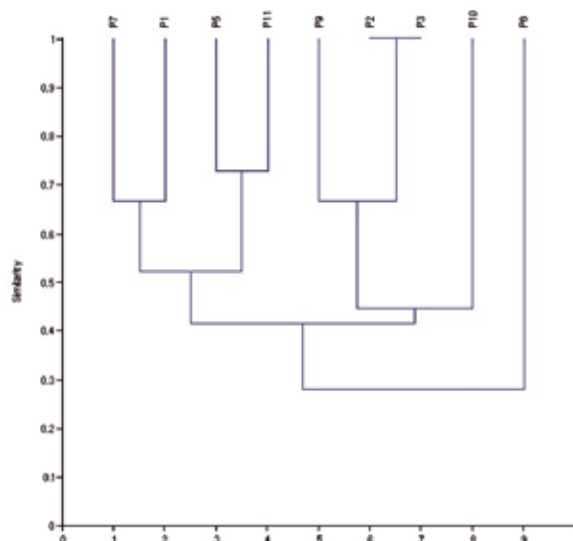
**Figura 1.** Ubicación de las lomas de Villa María del Triunfo .



**Figura 2.** Fotografía satelital del área de estudio indicando las ubicaciones de cada una de las 12 estaciones .

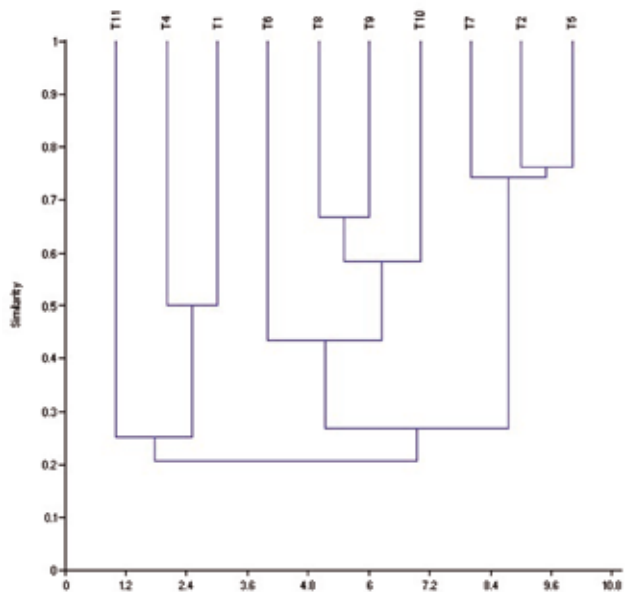


**Figura 3.** Esquema del transecto en banda (1a) y parcela permanente (1b) utilizados para el estudio.



**Figura 4.** Dendrograma de parcelas en la quinta evaluación utilizando el índice de similitud cualitativo de Sorensen con agrupamiento UPGMA.

**Figura 5.** Dendrograma de los transectos en la quinta evaluación utilizando el índice de similitud cualitativo de Sorensen con agrupamiento UPGMA.



**Cuadro 1.** Distribución de las 12 estaciones, parcelas y transectos a lo largo del área de estudio.

Piso	Zona	Estaciones	Parcela	Transecto	Orientación	Ubicación	
						Latitud S	Longitud W
Piso I 600-650 msnm	Ladera	E1	P1	T1	SE 170°	12° 08' 20"	076° 55' 24"
	Quebrada	E2	P2	T2	SW 222°	12° 08' 20"	076° 55' 24"
	Ladera	E3	P3	T3	SW 256°	12° 08' 18"	076° 55' 17"
Piso II 651-700 msnm	Ladera	E4	P4	T4	SE 139°	12° 08' 14"	076° 55' 21"
	Quebrada	E5	P5	T5	SW 215°	12° 08' 14"	076° 55' 21"
	Cresta	E6	P6	T6	SW 213°	12° 08' 13"	076° 55' 22"
	Quebrada	E7	P7	T7	SW 222°	12° 08' 13"	076° 55' 24"
	Ladera	E8	P8	T8	SW 254°	12° 08' 13"	076° 55' 25"
Piso III 701-750 msnm	Quebrada	E9	P9	T9	SW 241°	12° 08' 10"	076° 55' 19"
	Quebrada	E10	P10	T10	SW 246°	12° 08' 07"	076° 55' 20"
Piso IV 751-800 msnm	Quebrada	E11	P11	T11	SW 212°	12° 08' 10"	076° 55' 17"
	Quebrada	E12	P12	T12	SW 215°	12° 08' 07"	076° 55' 17"

**Cuadro 2.** Valores del índice H' de la comunidad herbácea obtenidos en las parcelas y los transectos.

Pisos	Zonas	Estaciones	Parcelas y transectos	Evaluaciones							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				25/06	09/07	22/07	07/08	28/08	17/09	23/10	11/11
Piso I	Ladera	E1	P1	0	0	0,4846	0,6264	0,673	0	0	0
			T1	0,3488	0,6646	0,3595	0,1332	0,1055	0	-	-
	Quebrada	E2	P2	0,1425	0,3123	0,2974	0,2507	0,6365	0	0	0
			T2	0,8919	1,101	1,561	1,9400	2,073	1,7910	1,4970	1,5910
	Ladera	E3	P3	0	0,4506	0,6012	0,6109	0,6109	0	0	0
			T3	-	-	-	-	-	-	-	-
Piso II	Ladera	E4	P4	0	0	0	0	-	-	-	-
			T4	0,2256	0,2004	0,5631	0,5937	0,687	0	0	0
	Quebrada	E5	P5	0,8305	1,233	1,4270	1,3970	1,5460	1,7480	0,6730	0,6730
			T5	0,4438	0,9396	1,293	1,889	2,129	1,894	1,7720	1,7920
	Cresta	E6	P6	0,4506	1,265	1,265	1,241	1,311	1,277	0,9503	1,0990
			T6	0,6931	1,0400	0,8908	1,0690	1,0690	1,0110	0	0
	Quebrada	E7	P7	0,9792	1,4950	1,5090	1,4660	1,0880	0,6931	0	0
			T7	0,5983	0,7265	1,3260	1,6500	1,5210	1,6020	1,5830	0,6365
	Ladera	E8	P8	0	0	-	-	-	-	-	-
			T8	0	0	0	0	0	0	0	0
Piso III	Quebrada	E9	P9	1,2900	1,2900	1,2900	1,2900	1,2900	1,3530	1,4080	0,6931
			T9	0,6730	0,6829	0,6730	0,6931	0,6365	0	0	0
	Quebrada	E10	P10	0,3488	0,3488	0,3488	0,3488	0,3488	0,4101	0	0
			T10	0,9743	0,9433	1,0550	0,6365	0,6365	0,6365	0	0
Piso IV	Quebrada	E11	P11	1,5610	1,6020	1,5810	1,5810	1,6020	1,6460	1,0990	0,6931
			T11	0	0	0	0,5623	0,6730	0,6931	0	-
	Quebrada	E12	P12	-	0,7356	0,6560	0,5004	-	-	-	-
			T12	-	-	-	-	-	-	-	-

**Cuadro 3.** DBCA de las parcelas para el índice H'.

	GL	SC	CM	Fc	P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	2	1,1763	0,5881	2,6091	0,0836
Bloques (evaluaciones)	7	0,9842	0,1406	0,6237	0,7338
Residuales	50	11,2710	0,2254	-	-

**Cuadro 4.** DBCA y prueba de Tukey de los transectos para el índice H'.

	DBCA				
	GL	SC	CM	Fc	P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	2	4,1718	2,0859	9,0366	0,0005
Bloques (evaluaciones)	7	2,7392	0,3913	1,6953	0,1338
Residuales	46	10,6181	0,2308	-	-
Resultados significativos con la prueba de Tukey					
	Comparaciones	Diferencia	Intervalos de confianza		P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	Quebrada>ladera	0,7221	0,3107	1,1335	0,0003



**Cuadro 5.** Valores del índice S de la comunidad herbácea obtenidos en las parcelas y los transectos.

Pisos	Zonas	Estaciones	Parcelas y transectos	Evaluaciones							
				1	2	3	4	5	6	7	8
				25/06	09/07	22/07	07/08	28/08	17/09	23/10	11/11
Piso I	Ladera	E1	P1	1	1	0,7124	0,5781	0,5200	1	1	1
			T1	0,8025	0,5449	0,8174	0,9689	0,9675	1	-	-
	Quebrada	E2	P2	0,9376	0,8821	0,8680	0,8807	0,5556	1	1	1
			T2	0,5809	0,4897	0,3398	0,1920	0,1411	0,2444	0,2806	0,2268
	Ladera	E3	P3	1	0,7222	0,6327	0,5800	0,5800	1	1	1
			T3	-	-	-	-	-	-	-	-
Piso II	Ladera	E4	P4	1	1	1	1	-	-	-	-
			T4	0,9479	0,9475	0,6728	0,6489	0,5062	1	1	1
	Quebrada	E5	P5	0,4922	0,3515	0,3091	0,3338	0,2628	0,1806	0,5200	0,5200
			T5	0,7855	0,6328	0,5117	0,2690	0,1645	0,2001	0,1939	0,1667
	Cresta	E6	P6	0,7222	0,3056	0,3056	0,3223	0,2840	0,3061	0,4400	0,3333
			T6	0,6250	0,5625	0,7933	0,4342	0,4342	0,3889	1	1
	Quebrada	E7	P7	0,5175	0,2840	0,2934	0,3056	0,4259	0,5000	1	1
			T7	0,5918	0,6054	0,4256	0,2562	0,3151	0,2401	0,2500	0,5556
	Ladera	E8	P8	1	1	-	-	-	-	-	-
			T8	-	-	-	-	-	-	-	-
Piso III	Quebrada	E9	P9	0,3681	0,3681	0,3681	0,3681	0,3681	0,2976	0,3281	0,5000
			T9	0,5200	0,5102	0,5200	0,5000	0,5556	1	1	1
	Quebrada	E10	P10	0,8025	0,8025	0,8025	0,8025	0,8025	0,7551	1	1
			T10	0,4063	0,4200	0,3600	0,5556	0,5556	0,5556	1	1
Piso IV	Quebrada	E11	P11	0,2222	0,2500	0,2099	0,2099	0,2500	0,2656	0,3333	0,5000
			T11	1	1	1	0,3750	0,4800	0,5000	1	-
	Quebrada	E12	P12	-	0,5938	0,6429	0,6800	-	-	-	-
			T12	-	-	-	-	-	-	-	-

**Cuadro 6.** DBCA de las parcelas para el índice S.

	GL	SC	CM	Fc	P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	2	0,2189	0,10944	2,3311	0,1077
Bloques (evaluaciones)	7	0,2513	0,03590	0,7647	0,6193
Residuales	50	2,3473	0,04695	-	-

**Cuadro 7.** DBCA y prueba de Tukey de los transectos para el índice S.

DBCA					
	GL	SC	CM	Fc	P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	2	1,3515	0,67577	21,0660	3,202*10 <sup>-7</sup>
Bloques (evaluaciones)	7	0,4181	0,0597	1,8620	0,0981
Residuales	46	1,4757	0,0321	-	-
Resultados significativos con la prueba de Tukey					
	Comparaciones	Diferencia	Intervalos de confianza		P (<0.01)
Tratamientos (zonas)	Ladera>Quebrada	-0,3956	-0,5489	-0,2423	0.0001