

Tamaño de la unidad muestral para determinación de la densidad lineal en sistemas agroforestales del trópico alto en Nariño, Colombia.

Size of the sampling unit for determination of linear density in agroforestry systems of the high tropics in Nariño. Colombia

Luz Amalia Forero Peña¹ y Diego Andrés Muñoz²

¹Profesor titular, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad del Tolima; ²Docente tiempo completo, Universidad de Nariño

laforerop@ut.edu.co

Resumen

Los ecosistemas del trópico de altura en el departamento de Nariño, Colombia, son zonas principalmente de vocación forestal, pero intensamente usados para la agricultura y la ganadería de altos insumos. Estos tienen una alta importancia para la regulación hídrica pero son vulnerables al cambio climático. A inicios de la década del 2000, se implementó el proyecto "Restauración y Protección de Ecosistemas Estratégicos en la Captura de CO₂" con el objetivo de hacer un diagnóstico y caracterización de los sistemas agroforestales presentes en el paisaje de referencia. Se determinó un tamaño de parcela estándar de 1 Km² de superficie y un muestreo de 11 cuadrantes definidos en la misma área objeto de estudio de la imagen, se midió la densidad lineal considerada como la sumatoria en metros de todas las plantaciones lineales dentro del cuadrante. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, determinando una alta variabilidad de la densidad lineal. Así, surgió la necesidad de buscar un tamaño de parcela más estable y compararla con otros tamaños de parcela. El proceso incluyó el análisis de parcelas en cuadrantes de otros tamaños: 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 y 4.0 Km². Al final se determinó el tamaño de cuadrante de varianza mínima y estable, definida como una parcela de 0,25 Km² (0,25 ha) y un número de muestras de 11 parcelas, para un total de 275 ha. En el trabajo de campo se verificó el total de las plantaciones lineales en esta unidad muestral y tamaño de muestra, registrándose un promedio de 1780 m para un total de 7,12 km/km² para el área de estudio que corresponde a 10.870 ha, el total de líneas representa aproximadamente 77,4 km. De éstos el 82% (63,1 km) son líneas vivas compuestas por árboles de siete especies (introducidas y nativas), tamaños y edades, asociadas a cultivos transitorios o perennes, principalmente pastos, cultivos de papa, hortalizas y algunos frutales. El manejo de las producciones es de tipo rotacional.

Palabras clave: Agroforestería, plantaciones lineales, área andina.

Abstract

The ecosystems of the high tropics in the department of Nariño, Colombia, are mainly areas of forest vocation, but intensively used for agriculture and high input livestock. These are highly important for water regulation but are vulnerable to climate change. At the beginning of the decade of 2000, the project "Restoration and Protection of Strategic Ecosystems in the Capture of CO₂" was implemented with the objective to make a diagnosis and characterization of the agroforestry systems present in the reference landscape. A standard plot size of 1 Km² of surface area and a sampling of 11 defined squares in the same area under study of the image was determined, the

linear density considered as the sum of meters of all linear plantations within the quadrant was measured. The results were subjected to an analysis of variance, determining a high linear density variability. Thus, he suggested the need to seek a more stable plot size and compare it with other plot sizes. The process included plot analysis in quadrants of other sizes: 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, and 4.0 Km². At the end, the minimum and stable variance quadrant size was determined, defined as a 0.25 Km² (0.25 ha) plot and a sample number of 11 plots, for a total of 275 ha. In the field work, the total of the linear plantations was verified in this sample unit and sample size, registering an average of 1780 m for a total of 7.12 km / km² for the study area corresponding to 10,870 ha, the Total of lines represents approximately 77.4 km. Of these 82% (63.1 km) are live lines composed of trees of seven species (introduced and native), size and age, associated with transient or perennial crops, mainly pastures, potato crops, vegetables and some fruit trees. The handling of the productions is of rotational type.

Key words: Agroforestry systems, linear plantations, Andean area.

Introducción

El paisaje es el área conformada por un mosaico de parches o elementos; este se caracteriza por una configuración espacial de parches heterogéneos con un patrón que se repite de manera similar. A su vez, el parche es la unidad básica del paisaje el cual puede analizarse en función de su direccionalidad respecto a la pendiente (Urban et al. 1987). La matriz del paisaje está formada por el tipo de parche (clase) de mayor área y conectividad y por tanto juega un papel determinante en la funcionalidad del paisaje. (Forman, 1995). El paisaje puede caracterizarse en términos de su composición y configuración.

Los sistemas agroforestales constituyen un tipo de paisaje muy común en América tropical en los cuales se conservan especies de fauna y flora amenazadas por la deforestación; específicamente arreglos con cultivos perennes (café, musáceas, cacao), huertos caseros y cercas vivas, pueden albergar una cantidad de especies arbóreas que compense los efectos negativos de la fragmentación y degradación de los bosques (Otero & Onaindia, 2009). Estos arreglos representan un gran potencial para la conservación de la biodiversidad local y regional, particularmente de las especies vegetales nativas. Así, las cercas vivas constituyen una de las piezas claves en las

estrategias de conservación de la biodiversidad nativa y regional, en medio de sistemas de producción homogéneos (Pulido-Santacruz & Renjifo, 2011).

Las plantaciones lineales son un tipo de sistemas agroforestal donde las especies leñosas perennes se dispone en el área de manera lineal, aunque la literatura reporta que son conspicuas (Harvey et al. 2003), sin embargo, éstas no son tan visibles en las imágenes porque no constituyen propiamente parches. Por lo tanto un análisis de imágenes convencionales no es tan “a priori” y requiere un trabajo exhaustivo para caracterizarlas. Existen diversos métodos para la representación de los paisajes agroforestales, los cuales van desde un croquis a mano alzada hasta los más modernos sistemas de modelación del paisaje con el apoyo de imágenes satelitales y sistemas de información geográfica, SIG (Mora-Delgado et al., 2009).

En la región andina de Nariño se han presentado procesos de fragmentación y cambios en la cobertura vegetal (Jiménez y Andrade, 2015), ésto como producto de la tala de bosques alto-andinos que constituyen una amenaza para la biodiversidad (Peraza, 2000). Cabe resaltar que en los agro-paisajes se preserva algún tipo de cobertura arbórea, principalmente en arreglos lineales como

cercas vivas, bosques ribereños e incluso árboles dispersos en los potreros, en los cuales se conserva cierta biodiversidad al proveer hábitat, recursos alimenticios y espacios de conectividad entre los relictos de bosque (Laurence y Bierregaard, 1997). Es evidente que existe la necesidad de potenciar la permeabilidad a través de corredores secundarios mediante la recuperación de elementos lineales de vegetación espontánea como sotos de ribera, setos, linderos y vías pecuarias (De Lucio *et al.*, 2002).

En este trabajo se describe una metodología y se describen los resultados parciales de una investigación dentro del proyecto “Restauración y Protección de Ecosistemas Estratégicos en la Captura de CO₂” bajo el Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la alcaldía de Pasto, Empopasto S.A. y la Universidad de Nariño, que tiene como objetivo caracterizar las plantaciones lineales en una matriz del paisaje agrícola del municipio de Pasto (Colombia).

Materiales y métodos

El paisaje estudiado corresponde al área de cultivos de la cuenca alta del río Pasto, la cual se localiza en la vertiente occidental del sistema orográfico de Los Andes, en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, suroccidente de Colombia. La altitud del área está comprendida entre los 2500 y 2900 m, toda la cuenca alta tiene una extensión de 31.287,0 hectáreas, y en el año 2008 el área de cultivos correspondía aproximadamente a 10.780 ha.

Todo el proceso cartográfico se hizo con el programa ArcView 3.3, con las extensiones: “Calcula hectáreas”, “Geoprocessing”, “ET

Vector Grid”, “Random Point Generator”. También se utilizó el programa “Google Earth” del cual se obtuvieron imágenes de satélite Quickbirth de la empresa Digital Globe, sobre las cuales se ubicó el paisaje de referencia, donde se aleatorizaron conjuntos de cuadrantes (parcelas) de tamaños variables (0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 4.0 Km²). Sobre el total de los cuadrantes se trazaron las plantaciones lineales. En cada cuadrante se contó el número de líneas y se midió la longitud de cada una. La longitud total del cuadrante corresponde a la sumatoria. Este proceso se repitió para los restantes cinco tamaños de cuadrantes. Los datos se registraron en un formulario, luego se procesaron en el programa estadístico Statgraphics plus 5.1[®] para obtener la varianza. Se realizaron gráficas de varianza (eje X) versus número de muestras para cada tamaño de parcela (eje Y), con las medianas de la varianza obtenida de estimarla con el conjunto de cuadrantes de cada tamaño.

Sobre esta área, en el terreno se reconoció las características de cada línea, lo que permitió que la información de las plantaciones lineales se descompusiera en tipos: línea viva natural, cerca muerta, lindero maderable y líneas recién establecidas. También se registró la ubicación de la línea: borde de carretera, borde ripario, división interna de usos de la tierra, lindero o cerca entre fincas, o borde de zanjas.

A continuación aparece la imagen satelital (Fig 1), donde se identifica el casco urbano del municipio de Pasto bordeado de amarillo y el área de cultivos delimitada por una línea azul y dentro de ésta, los cuadrantes sorteados.

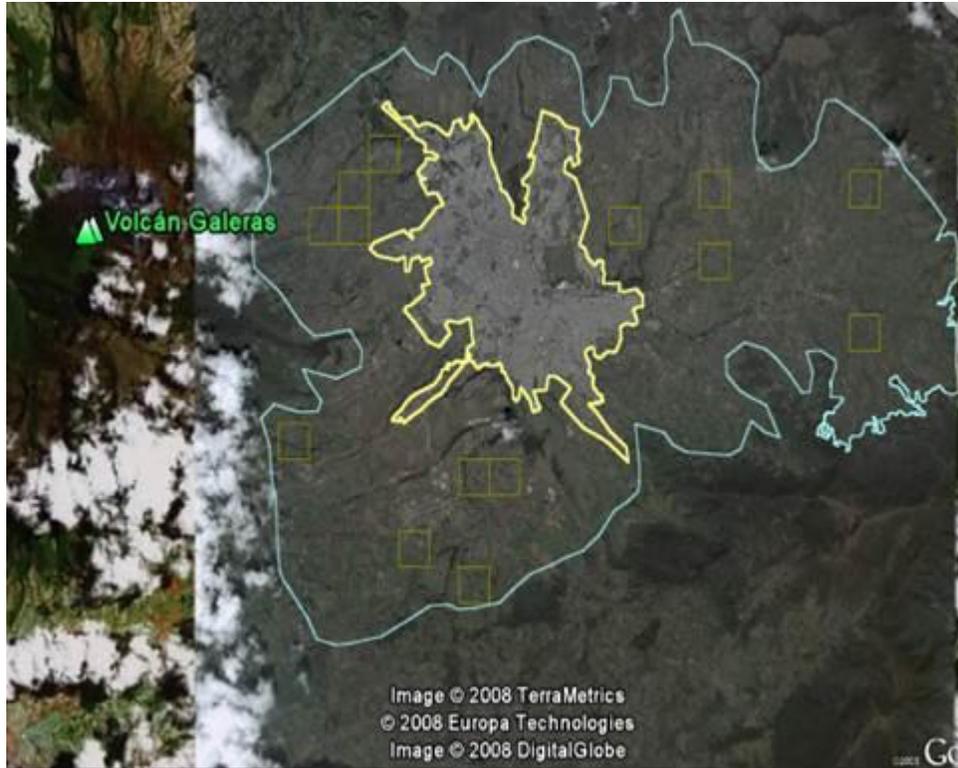


Figura 1. Imagen satelital del área de estudio (Tomado de Google Earth ® 2008)

Se construyó una curva del comportamiento de la varianza que se grafica, en la cual se determinó que la parcela de varianza más estable es la que corresponde a 0.25 Km² (Fig. 2). En el trabajo de campo se

verificó el total de las plantaciones lineales en cuadrantes de 0.25 Km², registrándose un promedio de 2.000 m para un total de 8 Km por Km² (Tabla 1).

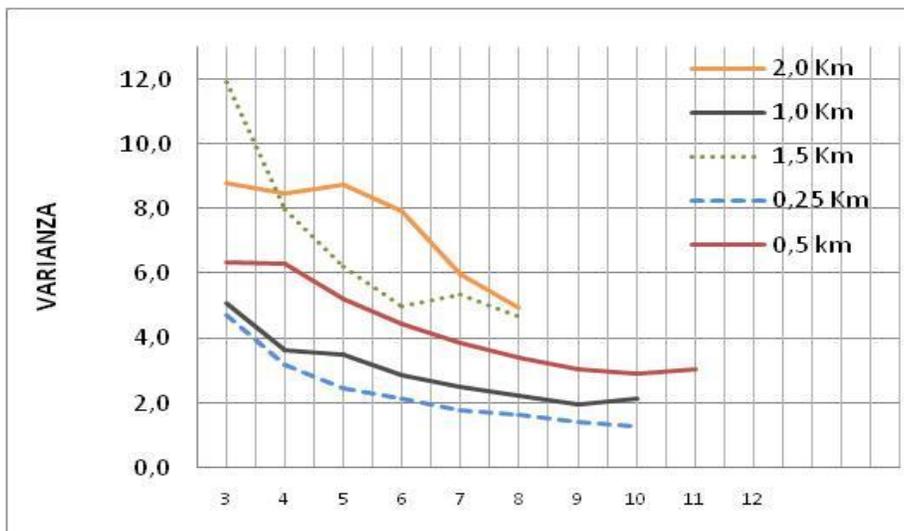


Figura 2 Identificación de la varianza en los 11 cuadrantes del área objeto de estudio.

En el trabajo de campo se verificó el total de las plantaciones lineales en esta unidad muestral y tamaño de muestra, registrándose un promedio de 1780 m para un total de 7,12 km/km². Para el área de estudio que corresponde a 10.870 ha, el total de líneas representa aproximadamente 77,4 km, de las

cuales el 82% (63,1 km) son líneas vivas compuestas por árboles de siete especies (introducidas y nativas), tamaños y edades, asociadas a cultivos transitorios o perennes, principalmente pastos, cultivos de papa, hortalizas y algunos frutales. El manejo de las producciones es de tipo rotacional.

Tabla 1. Densidad y tipo de plantaciones lineales

CUADRANTE	TIPOS DE LINEA						ESPECIE	UBICACIÓN DE LINEA					LONGITUD m	
	LINEA	1	2	3	4	5		6	BC	BR	BZ	DI		LEF
1	1						x					x		36,8
2	2		x		x							x		24,5 73,8
3	3	x			x							x		94,75
4	4						x					x		98
5	5						x		x					54,89
6	6	x			x							x		53,41
7	7						x					x		50,61

Fuente: Esta investigación

- 1= Línea de árboles monoespecíficos plantadas
- 2= Línea de árboles mixta de especies plantadas
- 3= Línea de árboles mixta de especies plantadas y nativas
- 4= Línea recién establecida
- 5= Cerca viva natural
- 6= Cerca muerta

- BC= Borde de carretera
- BR= Borde ripario
- BZ= Borde zanja
- DI= División interna
- LEF= Lindero externo

De los 87 Km que representa el 100% de las líneas, hay un 20% (17,4 Km) que corresponde a líneas de árboles mono-específicos plantadas y un 26% (22,6 km) que son líneas mixtas de especies también plantadas; ambos tipos de líneas están conformadas por especies introducidas. Estas líneas son reconocidas también como linderos maderables y por tanto se seleccionan especies que producen maderas como: Pino (*Pinus patula*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Ciprés (*Cupressus lusitánica*), Acacia Japonesa (*Acacia melanoxylum*), Acacia amarilla (*Acacia decurrens*) y Aliso (*Alnus jorullensis*). De esta manera puede afirmarse que el 46% de las cercas vivas son linderos maderables.

El 27% (23.5 km) son líneas vivas naturales, las cuales suelen encontrarse principalmente como límites de fincas, probablemente porque no generan conflictos vecinales ya que su estructura es de bajo porte, situación que evita problemas de sombra para los cultivos aledaños.

Se entiende por línea viva natural, el conjunto de árboles, arbustos y plantas herbáceas que aparecen espontáneamente, en un área antes ocupada por una cerca muerta, que actuó como percha y favoreció la presencia de aves, reptiles e insectos, que a su vez transportaron semillas para dar lugar a la regeneración natural, constituyendo las actuales cercas. Según Rosas y Salazar (2004) las especies nativas más abundantes en las

cercas vivas regeneradas son de la familia *Melastomataceae*, *Rosaceae*, *Flacurtiaceae* y *Piperaceae*.

El 18% (15.7 Km) corresponde a cercas muertas que se ubica como divisiones internas dentro de la finca, generalmente estas cercas dividen los potreros de los cultivos, entre cultivos y fincas. Los postes utilizados en la cerca muerta, provienen de la corta de árboles en bosques naturales cercanos o de plantaciones de pinos y eucaliptos muy frecuentes en la zona.

Finalmente el 9% (7.8 Km) está constituido por líneas recién establecidas (cercas nuevas), que no se encontraban en el área objeto de estudio antes del 2005 (año de la imagen satelital utilizada para el mismo), las especies de mayor preferencia son Ciprés y Pino y constituyen divisiones internas en la finca, limitando divisiones internas, principalmente.

A continuación se determina la localización de los componentes de la densidad lineal (diferentes tipos de plantaciones lineales), que se identificaron con anterioridad dentro de las fincas ubicadas en los 11 cuadrantes.

Como divisiones internas dentro de las fincas, es decir, linderos entre usos y cercas naturales enriquecidas, hay un 27%. Un 36%, lo conforman linderos externos de las fincas que pueden ser líneas maderables, cercas vivas o cercas muertas. Otro 12%, que corresponde a líneas de árboles establecidas a borde de carreteras y caminos. Un 10%, que se localiza a borde de quebradas o ríos, denominados comúnmente bosques ribereños. Y por último el resto de las plantaciones, que se encuentran a bordes de zanja. En total las plantaciones vivas suman el 82%. El restante valor son muertas (18%).

Composición florística

En cada una de las líneas se inventariaron las especies presentes, encontrando manifestaciones de monoespecificidad y mixtas. Las especies más frecuentemente encontradas en esta área fueron: Aliso (*Alnus*

gorullensis H.B.K.) Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), Acacia amarilla (*Acacia decurrens*), Capulí (*Prunus cerotina*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino patula (*Pinus patula*) y Ciprés (*Cupressus lusitanica*).

Las plantaciones encontradas en la zona, registraron árboles de una sola especie en un 54.7% y el porcentaje restante, es decir 45.3% corresponde a plantaciones mixtas donde se combinan dos especies o más.

Los linderos monoespecíficos están sembrados principalmente con las seis especies arriba mencionadas (Tabla 1).

Se encontró que el 56% de los linderos maderables establecidos están sembrados con Aliso; el corregimiento de Cabrera es donde se encuentra el mayor número de este tipo de linderos, mientras que en Guachucal para la época no se encontraba ninguno.

Conclusiones

Parcelas pequeñas presentan varianzas bajas y estables en la densidad lineal (longitud de las plantaciones lineales), permitiendo que se pueda trabajar en un mayor nivel de detalle.

Las plantaciones lineales están compuestas principalmente por linderos maderables, le siguen las cercas vivas naturales y las cercas muertas.

Los linderos maderables son monoespecíficos y mixtos con una leve preferencia por los linderos monoespecíficos.

Referencias bibliográficas

De Lucio, J.V., Martínez, C. & Sastre, P. 2002. Caracterización de la estructura y funcionalidad de los elementos lineales del paisaje en la cuenca del río Guadamar», en *Resultados del Programa de Investigación del Corredor Verde del Guadamar*. Consejería de Medio

- Ambiente. Junta de Andalucía, pp. 312-323.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaic: The ecology of landscapes and regions. Nueva York: Cambridge University Press.
- Harvey, C.A.; Villanueva, C.; Villacis, J.; Chacón, M.; Muñoz, D.; López, M.; Ibrahim, M.; Gómez, R.; Taylor, R.; Martínez, J.; Navas, A.; Sáenz, J.; Sánchez, D.; Medina, A.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Pérez, A.; Ruiz, F.; López, F.; Lang, I.; Kunth, S.; Sinclair, F.L. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10 (39-40):30-39.
- Jiménez, L. y Andrade, S. 2015. Caracterización de las cercas vivas y la avifauna asociada en la vereda San Felipe, microcuenca Mijitayo, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Trabajo de grado, Universidad de Nariño. Pasto.37p.
- Laurence WF, Bierregaard RO (Eds.) 1997. Tropical forest remnants. Ecology, Management, and Conservation of fragmented communities. The University of Chicago Press. EEUU.
- Mora Delgado, J., Cibils, A. 2009. Análisis de paisajes ganaderos arbolados con el uso de sistemas de información geográfica (SIG). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. v.22 (3) 509 – 509.
- Otero, J. & Onaindia, M. 2009. Landscape structure and live fences in Andes Colombian agrosystems: upper basin of the Cane-Iguaque River. *Revista de biología tropical*, 57 (4), 1183-1192.
- Rosas, W. y Salazar, M. 2004. Estimación de la biomasa y el carbono en el sistema agroforestal, cercos vivos en la vereda Mocondino, municipio de Pasto. Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, Pasto. 81 p.
- Peraza, C. 2000. Determinación y comparación de la dieta de *Atlapetes schistaceus* en bosques andinos continuos y fragmentados del sur occidente de la Sabana de Bogotá. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 85p.
- Pulido-Santacruz, P. & Renjifo, L.M. (2011). Live fences as tools for biodiversity conservation: A study case with birds and plants. *Agroforestry systems*, 81 (1), 15-30
- Urban D.L., O'Neill R.V. and Shugart H.H. 1987. Landscape ecology. *BioScience* 37: 119–127