



Evaluación de la diversidad y composición florística en relación a factores edáficos en dos localidades en la región Madidi, La Paz - Bolivia

Evaluation of the diversity and floristic composition in relation to edaphic factors in two locations in the Madidi region, La Paz - Bolivia

Pablo Soliz Navarro y Daniel Alanes Romero.

RESUMEN:

El presente estudio muestra la influencia de los factores edáficos en la composición, diversidad de la vegetación, en las localidades de Santa Ana y Culi de la región Madidi. El objetivo fue evaluar la diversidad y composición florística en relación a factores edáficos. El método empleado fue parcelas temporales de muestreo de 0,1 ha, 9 parcelas temporales en la localidad de Santa Ana y 9 parcelas temporales en la localidad de Culi, se realizó el inventario correspondiente, encontrando un total de 5777 individuos, entre árboles, palmeras, arbustos y lianas con dap \geq 2.5 cm, pertenecientes a 655 especies, 249 géneros y 124 familias. El análisis estadístico utilizado fue el método no paramétrico NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico) en relación a los índices de diversidad alfa, en donde se observó claramente una fuerte división de las parcelas por localidad, en ambas localidades existe una tendencia bien marcada por los índices debido a la variabilidad de especies, como lo refleja el análisis Cluster. Se analizó la importancia ecológica de las especies y familias en base a los datos de abundancia, dominancia, índice de valor de importancia por familia y especie (IVI). Los factores edáficos tuvieron una gran influencia en la diversidad de especies, en las localidades de Santa Ana donde se registraron suelos con menor cantidad de materia orgánica lo que limita la cantidad de nutrientes asimilables. La localidad de Culi presenta mayor cantidad de materia orgánica debido a que los suelos son aluviales con mayor cantidad de nutrientes asimilables. Reflejando la variabilidad de la diversidad y composición de las especies en ambas localidades.

PALABRAS CLAVE:

Factores Edáficos, Importancia Ecológica, Diversidad y Composición.

ABSTRACT:

The present study shows the influence of edaphic factors on the composition and diversity of vegetation in the localities of Santa Ana and Culi in the Madidi region. The objective was to evaluate floristic diversity and composition in relation to edaphic factors. The method used was sampling plots of 0.1 ha, 9 temporary plots in the locality of Santa Ana and 9 temporary plots in the locality of Culi, the corresponding inventory was realized, finding a total of 5777 individuals, among trees, palm trees, shrubs and lianas with dap \geq 2.5 cm, belonging to 655 species, 249 genera and 124 families. The statistical analysis used was the non-parametric method NMDS (Multidimensional Non-Metric Scaling) in relation to the indices of alpha diversity, where it was clearly observed a strong division of the plot by e locality, in both localities there is a tendency well marked by the indices due to species variability, as reflected in the Cluster analysis. We analyzed the ecological importance of species and families based on data on abundance, dominance, importance index by family and species (IVI). The edaphic factors had a great influence in the diversity of species, in the localities of Santa Ana where soils with less amount of organic matter were registered which limits the amount of assimilable nutrients. The locality of Culi presents greater amount of organic matter because the soils are alluvial with greater amount of assimilable nutrients. Reflecting the variability of the diversity and composition of the species in both localities.

KEY WORDS:

Edaphic factors, Ecological importance, Diversity and Composition.

AUTORES:

Pablo Soliz Navarro: Herbario Nacional de Bolivia (LPB), 2 Real Jardín Botánico – CSIC (España). pablosoliznavarro@gmail.com

Daniel Alanes Romero: Herbario Nacional de Bolivia (LPB).

Recibido: 15/02/2018. **Aprobado:** 30/03/2018.

DOI: <https://doi.org/10.53287/mbpr8979fu16b>

INTRODUCCIÓN

Bolivia es uno de los países que integra la cadena montañosa de los Andes. En esta región se encuentran ubicados los bosques montanos (bosques de montaña) del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado (PN-ANMI) Madidi. Esta región ocupa aproximadamente 12.000 Km² donde se incluyen los pisos ecológicos subandinos, andinos montanos y ceja de monte, entre los 800 y más de 4.000 m. de altitud (Kessler & Beck, 2001).

El conocimiento de la ecología y en especial de la relación que existe entre factores medio ambientales y la distribución de especies vegetales es de gran importancia para conocer la distribución y dinámica ecológica en un bosque (Peña, 1999; Clark, 2002; Tuomisto *et al.*, 2003). Las relaciones que existen entre clima, topografía, altitud, factores edáficos, junto con la historia evolutiva de los taxones, definen las formaciones vegetales existentes y su composición (Peña, 1999).

Por mucho tiempo se ha tratado de estudiar si componentes en el suelo determinan la relación suelo-planta, y se ha tratado de establecer si los factores edáficos influyen en la distribución de las especies vegetales, en qué medida y cuáles son las propiedades del suelo más relevantes (Sollins 1998, Clark 2002).

Bolivia contiene alguna de las regiones menos exploradas y en un buen estado de conservación, sobre todo entre 1.000 y 3.000 m de altitud (Kessler & Beck 2001), donde los inventarios florísticos son prioritarios, principalmente en las áreas protegidas. Esta es una de las razones por las que se implementó a mediados del 2001 el Proyecto: “Inventario florístico de la Región del Madidi”, gracias al apoyo del Missouri Botanical Garden (EEUU), en colaboración con el Herbario Nacional de Bolivia y el Real Jardín Botánico de Madrid (España).

La región Madidi combina los tres criterios primordiales en conservación: gran riqueza de especies, especies amenazadas y especies endémicas, unos criterios que solo el 2,5% de la superficie forestal del mundo cumplen (Orme 2005).

El presente estudio contribuirá al conocimiento de la diversidad y composición florística del bosque montano, abarcando la máxima variabilidad ambiental presente, con el fin de estudiar la composición florística y diversidad. Se prestó especial atención al estudio de la influencia de los factores edáficos sobre composición florística, que el mismo a un no se encuentra suficientemente estudiado con rigor científico en la región.

Objetivo de la investigación: Evaluar la diversidad y composición florística en relación a los factores edáficos en dos localidades en la Región Madidi.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El área de estudio forma parte de la cadena montañosa de los andes, en la provincia Franz Tamayo, dentro la Región Madidi al noroeste del departamento de La Paz (Bolivia), en las localidades de Santa Ana y Culi, estas localidades se encuentran sobre la senda antigua muy conocida como Pelechuco-Amántala que sigue

el curso del río Pelechuco. Esta senda era una ruta alternativa para el comercio o intercambio de productos, entre Pelechuco y Apolo.

Las zonas de evaluación, Santa Ana y Culi se encuentran ubicadas geográficamente 14°46' S 68°58'W a una altitud entre 2000-2300 y 14°44' S 68°51'W a una altitud entre 1200-1500. (Informe de la expedición Santa Ana-Pelechuco del proyecto Madidi Mayo 2009).

Se usó un diseño de investigación “no experimental descriptivo”, a través de un muestreo al azar estratificado, este tipo de investigación es sistemático y empírica, donde las variables de estudio no se manipulan ni tienen intervención o influencia directa, porque ya han sucedido. Es por tal motivo que dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural, para después analizarlas, es decir no hay condiciones o estímulos de los cuales se expongan los sujetos de estudio (Hernández *et al.*, 2003).

La evaluación se realizó en dieciocho parcelas temporales, fueron distribuidas en dos localidades de acuerdo con su altitud, en la primera “Culi”, se instaló nueve parcelas temporales en un rango altitudinal de (1200-1500 m), la segunda localidad “Santa Ana” ubicada en el rango altitudinal de (2000-2300 m) con nueve parcelas respectivamente.

Las parcelas temporales fueron instaladas tipo Gentry (1982b) y modificadas de 0.1 ha, a parcelas de 50 × 20 m divididas en diez subparcelas de 10 × 10 m por el Proyecto Madidi (2002), estas parcelas temporales han demostrado ser un método más eficaz que las permanentes de 100 x 100 m, permitiendo registrar mayor diversidad, con costos y tiempo reducidos (Phillips, 2003; Jørgensen *et al.* 2005).

Para su instalación de las parcelas temporales de muestreo (PTM), se tomó en cuenta el grado de accesibilidad a los sitios de investigación ya que la mayoría de las parcelas en ambas localidades se encontraban en lugares no accesibles.

El método exacto de instalación de parcelas temporales siguió el Protocolo estandarizado para el

establecimiento de parcelas temporales de 0.1 ha en bosques tropicales de Gabriel Arellano y Manuel J. Macía (Arellano & Macía en preparación) y en función a dos rangos altitudinales que abarcan desde 1.200-1.500 m para la localidad de Culi (9 PTMs) y de 2.000-2.300 m para la localidad de Santa Ana (9 PTMs) para los cuales se estableció la posición geográfica con un GPS y la altitud con altímetro.

Como los bosques montanos tienen variación altitudinal relevante Gabriel Arellano y Manuel J. Macía proponen la “regla de los 300 m” donde las

parcelas en estudio, estaban separadas de parcela a parcela por 300 m (Arellano & Macía en preparación), los mismos autores indican que las parcelas deben tener 50 x 20 m. En cada parcela (PTMs), se tendió una línea eje central de 50 m, determinándose el rumbo con una brújula, y realizando marcaciones en 10 subparcelas marcadas con cintas de color naranja (Flagen), cada subparcela tenía un área 10 x 10 m, también se estableció números del 1 al 10 para su mejor control y toma de datos.

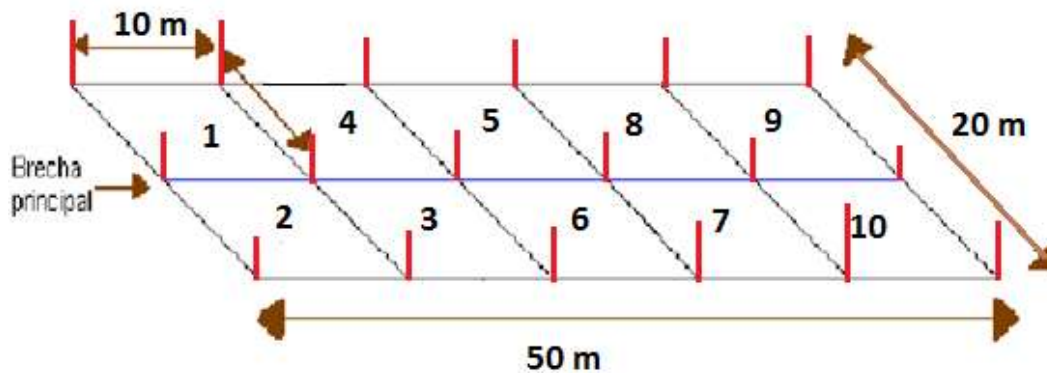


Figura 1. Diagrama de la forma de las parcelas instaladas.

El relevamiento florístico en las parcelas temporales se midió todos los árboles, lianas, helechos arbóreos y palmeras en planillas de campo, con dap mayor o igual a 2.5 cm que se encontraban o enraícen dentro las parcelas de estudio, el dap fue medido a 130 cm, desde el pie de cada individuo previa limpieza de musgos, hojarasca etc., que pueda entorpecer la precisión de medida. En individuos que presentaran aletones, troncos bifurcados o raíces tubulares, deformaciones, en el tronco a la altura de la medición (dap) se efectuó unos centímetros más arriba donde el tronco se formaba regular (dallmeier 1992, duque et al. 2001).

La identificación de las muestras incluye el procesamiento de las muestras, la introducción de datos en formato digital, y la identificación de las

especies (Gentry y Conservación Internacional, 1996).

El muestreo de los suelos se realizó a 30 cm de profundidad. Se tomó una muestra compuesta por parcela tras mezclar 5 submuestras colocadas en zigzag en 5 de las 10 subparcelas. Se tomó el color en fresco (en campo) como en seco (en laboratorio) siguiendo la notación estandarizada de códigos Munsell. Las muestras fueron secadas al aire, tamizadas en un tamiz de 2 mm de luz y enviadas a los laboratorios del Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica de la Universidad Autónoma de Madrid (España), donde se realizaron los análisis químicos. El pH real del suelo se midió en una solución 1:2,5 suelo: agua, y el pH potencial en una solución 1:2,5 suelo: KCl 1M. El contenido de carbono orgánico total se determinó por el método Walkley & Black (Walkley y Black 1934). Se midió

con un espectroscopio de plasma (ICP, *Inductively Coupled Plasma*) en los extractos obtenidos tras la aplicación del método de extracción Mehlich III (Mehlich 1984). La textura se midió con el método del hidrómetro (Day 1965) tras una dispersión con hexametáfosfato.

El análisis de los datos se realizó con el programa R versión 2.11.1 y versión 2.15.1 con la extensión R Commander para Windows 7. (R Development Core Team. 2009), para encontrar las diferencias estadísticamente probables entre las diferentes especies dentro de cada localidad. calculamos el análisis de conglomerados (cluster) para establecer los diferentes grupos de especies, y finalmente se realizó el análisis multidimensional no métrico (NMDS) para ver el comportamiento de los índices de diversidad en las dos localidades.

Para determinar la identificación de parcelas relacionadas, se usaron los análisis multivariados: NMDS (Escala Multidimensional No-métrico), y el análisis de cluster y por análisis de similitud se evidencio la agrupación de las parcelas en relación a los niveles de disponibilidad de nutrientes los cuales marcaban la presencia o ausencia de las especies en una zona.

RESULTADOS

En el inventario realizado en las localidades de Santa Ana y Culi de la región del Madidi se logró evaluar 18 parcelas temporales de 0,1 ha, donde se registró un total de 5777 individuos, entre árboles, palmeras, arbustos y lianas con $dap \geq 2.5$ cm, pertenecientes a 655 especies, 249 géneros y 124 familias.

Para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos, estos son presentados en tres partes: la **composición florística por localidades**, la **diversidad alfa – beta** y **análisis de los factores edáficos** que influyen en la diversidad y composición.

La composición florística se analizó a nivel de familia y especies para cada formación vegetal.

En la localidad de Santa Ana en sus nueve parcelas, en total se registraron 2778 individuos que corresponden a 58 familias, 99 géneros y 224 especies.

En las parcelas correspondientes (nueve parcelas) a la localidad de Culi, en total se registraron 2999 individuos que corresponde a 66 familias, 150 géneros y 431 especies.

En la localidad de Santa Ana las familias presentes y dominantes son: Rubiaceae, Clusiaceae, Melastomataceae y Lauraceae, que son característicos de bosques a 1.500 y 2.900 m, de elevación. En general, a medida que se incrementa la altitud se incorporan familias importantes como: Chloranthaceae, Clethraceae y Asteraceae. La familia Clusiaceae es dominante debido a la presencia del género *Clusia*, típico de bosque montano.

En la localidad de Culi se encontró un elevado número de especies leñosas, tratándose de una área con una importante diversidad vegetal. Las familias dominantes en esta formación son: Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae, sin embargo, también encontramos familias dominantes de tierras bajas, como ser: Moraceae, Burseraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Monimiaceae, Urticaceae, Piperaceae.

El alto IVIF de Rubiaceae en la localidad de Santa Ana, se explica principalmente por su elevado número de individuos, de los cuales un mayor porcentaje es de la especie *Psychotria carthagenensis* que presenta mayor concentración de individuos en algunas parcelas, es decir no se encuentran en todas las parcelas.

La familia Clusiaceae es la segunda más importante para la localidad de Santa Ana, aunque tiene un número de individuos moderadamente bajo, pero su área basal es alta por sus tallos de diámetro mayor, Asteraceae es otra de las familia entre las diez más importantes por su diversidad relativa, sin embargo, aunque también posee un elevado número de

individuos su área basal es mínima, es decir, con tallos de diámetro menor.

La localidad de Culi presenta a la familia Lauraceae como la primera más importante, por su elevado valor de diversidad relativa que es muy representativo, tiene individuos con valores altos de área basal por sus tallos de diámetro mayor y su elevado número de individuos y la familia Melastomataceae es la segunda más importante en la localidad de Culi.

En la comparación de las dos localidades (figuras 12 y 13), muestran que en la localidad de Santa Ana y Culi la composición de las familias son diferentes una es más diversa que la otra, en cuanto a su área basal (tallos de diámetro mayor) la localidad de Culi tiene a las familias más dominantes y Santa Ana presenta a individuos con tallos de diámetro menor, pero sus valores de abundancia son elevados y sus valores de dominancia son muy bajos.

La especie *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae), es sin lugar a dudas la especie leñosa más común en Santa Ana, presenta el mayor índice de valor de importancia atribuible principalmente al elevado número de individuos. En seguida se encuentra *Hedyosmum angustifolium* (Chlorantaceae) que exhibe una dominancia y densidad relativa considerablemente mayores a los de otras especies, aunque no fue encontrada en todas las parcelas. *Clusia cf. sphaerocarpa* (Clusiaceae) es la tercera especie arbórea ecológicamente más importante principalmente por los valores de sus áreas basales.

Para analizar y entender mejor la diversidad alfa a continuación se presenta los siguientes índices:

Índice de Shannon-Wiener y Simpson

Los resultados obtenidos del índice de diversidad, son $2,79 \pm 0,54$ para Santa Ana y $3,95 \pm 0,17$ para Culi con una probabilidad de 1%.

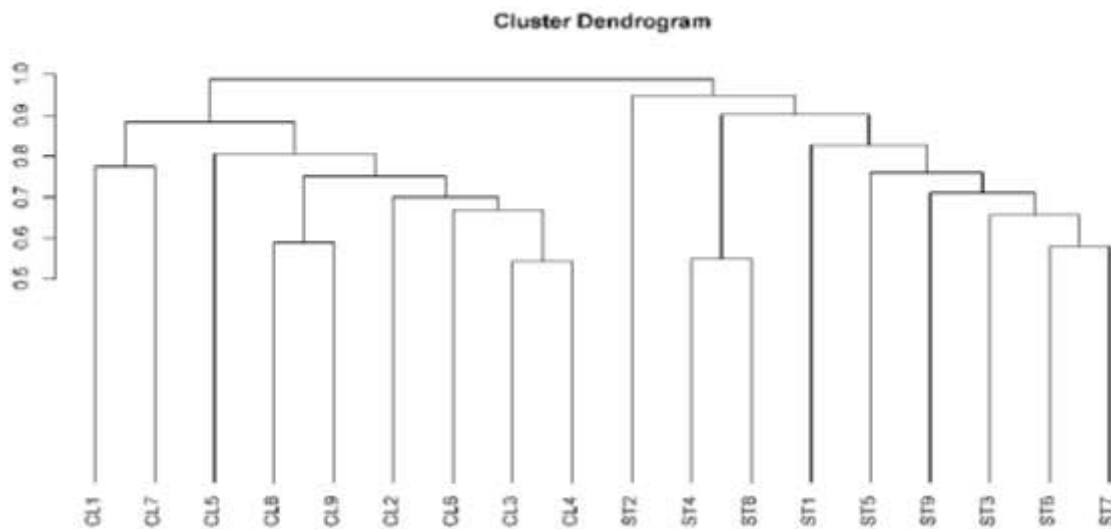


Figura 2. Dendrograma de las 18 parcelas en función a la similitud de especies.

El **Índice de Simpson** fue de $11,07 \pm 5,64$ en Santa Ana y $32,09 \pm 7,19$ en Culi con una probabilidad 1%. El alto número de especies no compartidas entre las dos localidades (Santa Ana-Culi) demuestran que

estos bosques son ecológicamente diferentes y por ende importantes para la conservación de la diversidad.

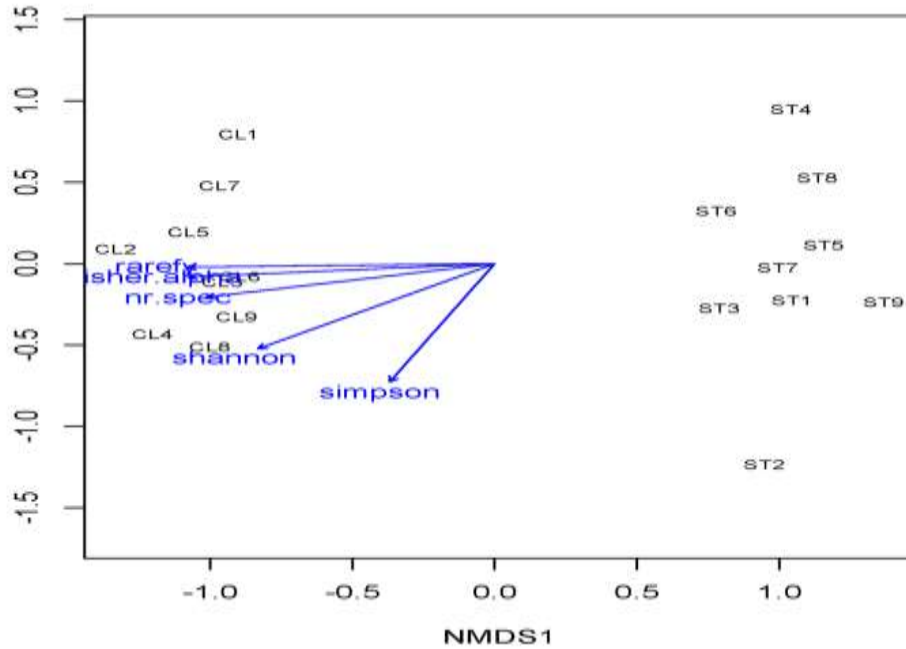


Figura 3. Análisis de la ordenación de NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico), de las parcelas en función de la abundancia.

En la figura 3 se observa los dos grupos formados por el método de ordenación NMDS en función a los factores edáficos analizados, las parcelas se agrupan

debido a la similitud florística que existe en ellas, además de tener ciertas características edáficas similares.

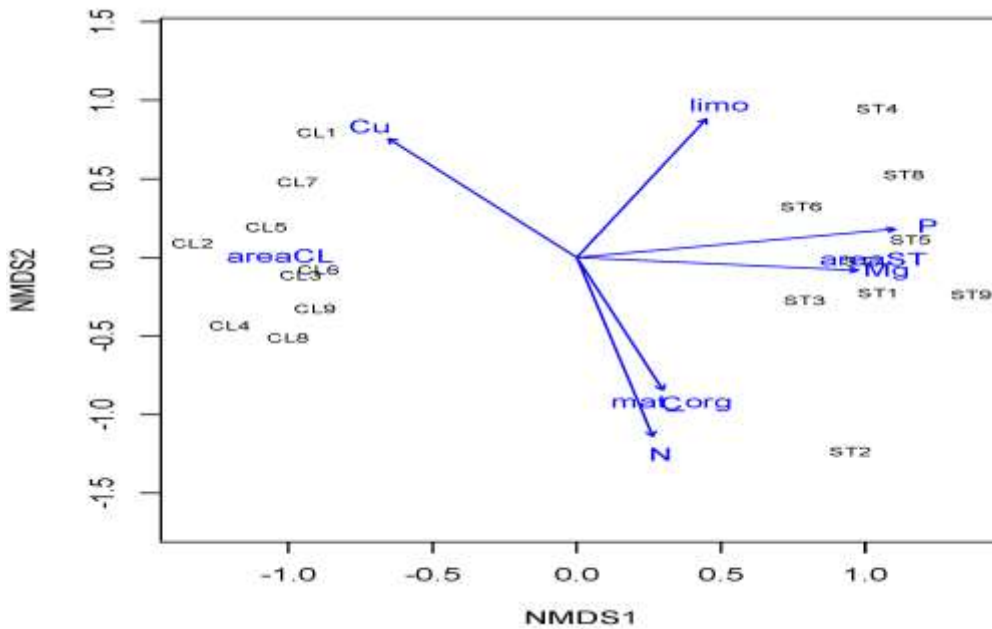


Figura 4. Correlación de los factores edáficos en las parcelas de Santa Ana y Culi.

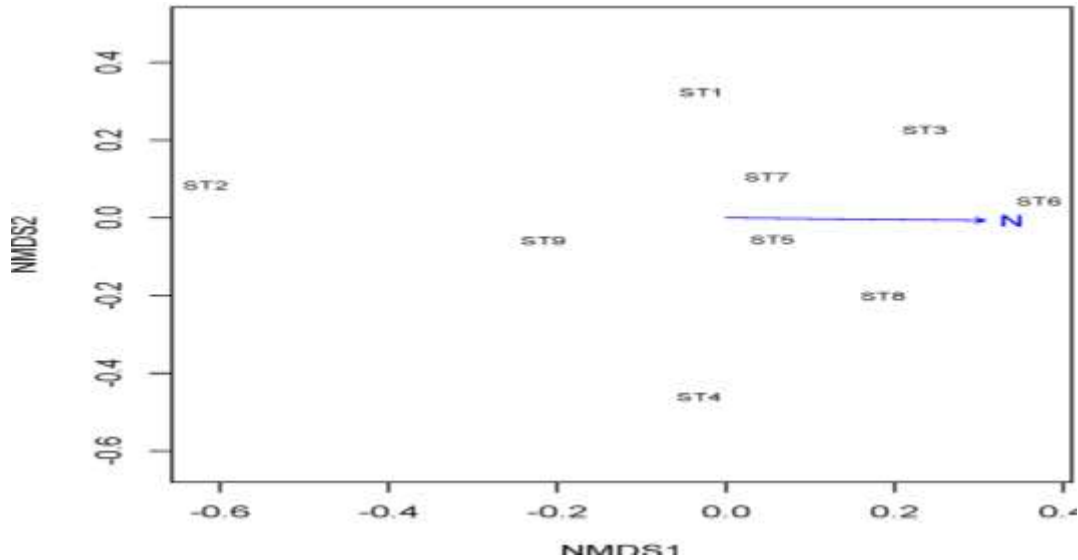


Figura 5. Análisis NMDS de las relaciones entre las parcelas con los factores edáficos en la localidad de Santa Ana.

Los factores edáficos que se muestran en la Figura 5, si bien, no todos los nutrientes presentan el mismo efecto en la vegetación. Así tenemos que los nutrientes (Cu, limo, P, Mg, MO, y N.) con valores a una probabilidad de 5% ($p > 0.05$), influyeron significativamente en la composición florística; también ha sido posible observar que las parcelas de la localidad de Santa Ana, se encuentran mayor presencia de los nutrientes P y Mg el efecto de la

disponibilidad de estos nutrientes puede explicar la presencia de las familias y especies en esta localidad boscosa. Por otro lado, la M.O. y N están cerca de la parcela 2 (ST-2), se podría plantear que las familias y especies encontradas, podrían tener preferencia por localidades con altos contenidos de Materia Orgánica y el Nitrógeno, los suelos alrededor de la parcela 4 (ST-4), presentan un contenido considerable de Limo, lo cual podría explicar la diversidad de esta parcela.

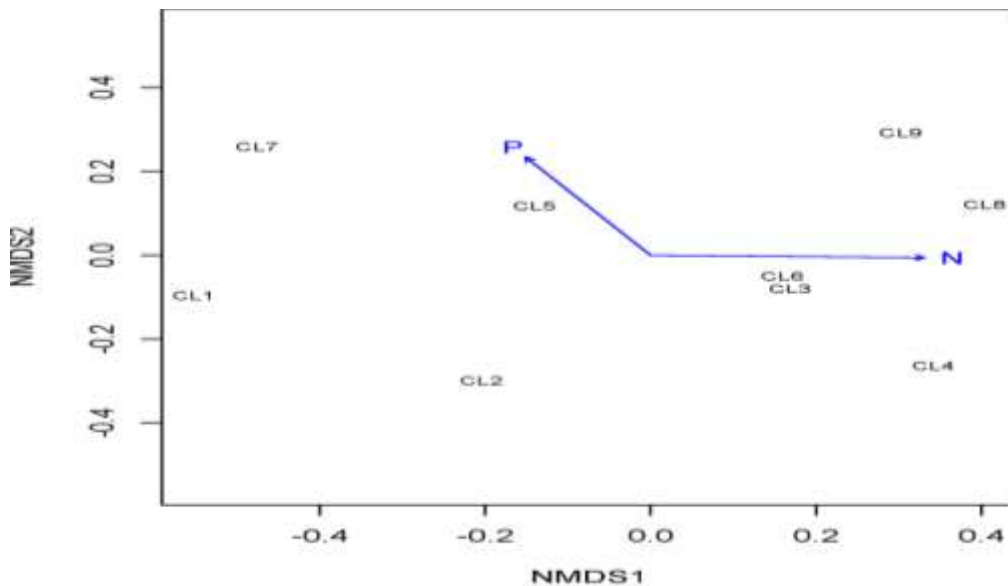


Figura 6. Análisis NMDS de las relaciones entre los nutrientes Fosforo y Nitrógeno en las localidades de Santa Ana y Culi.

En cambio el nutriente (Cu) se encontraba alrededor de las parcelas 1 y 7, (CL-1, CL-7) lo que sugiere que podría ser debido al lixiviado del suelo en las zonas altas, convirtiéndose en una zona aluvial.

En la localidad de Culi (figura 6), los nutrientes Fosforo y Nitrógeno (P, N) se encuentran correlacionados con la mayoría de las parcelas debido a que el suelo presenta un contenido alto de materia orgánica, y estos nutrientes son bastante asimilables por las plantas, esto podría indicar o explicar la presencia de número elevado de especies por parcela además la presencia de individuos con tallos de diámetro mayor en esta localidad.

Diversidad Beta

Las familias ecológicamente más importantes (dominantes) de la localidad de Santa Ana son: Rubiaceae, Clusiaceae, Melastomataceae y Lauraceae, que son característicos de bosques a 1.500 y 2.900 m, de elevación, a medida que se incrementa la altitud se incorporan familias importantes como: Chloranthaceae, Clethraceae y Asteraceae. La familia Clusiaceae es dominante debido a la presencia del género *Clusia*, típico de bosque montano.

La presencia de las familias y especies en la localidad de Santa Ana las estuvieron influenciados por los factores edáficos los que intervinieron significativamente en la composición florística. Así tenemos que los nutrientes (Cu, limo, P, Mg, MO, y N.) con una probabilidad de ($p > 0.05$); también ha sido posible observar que alrededor de las parcelas de la localidad de Santa Ana, se encontraban presentes los nutrientes P y Mg el efecto de la disponibilidad de estos nutrientes puede explicar la presencia de las familias y especies en esta zona boscosa.

En Culi se encontró un elevado número de especies leñosas, tratándose de un área con una importante diversidad vegetal. Las familias dominantes en esta formación son: Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae, sin embargo, también encontramos familias dominantes de tierras bajas, como ser:

Moraceae, Burseraceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Monimiaceae, Urticaceae, Piperaceae, alberga una cantidad importante de individuos, familias y especies, debido a que son zonas de transición, presentando una mezcla de elementos amazónicos de llanura y elementos montanos andinos.

Los factores edáficos que más prevalecen en la localidad de Culi son (Cu, P y N) debido a los nutrientes más aprovechables por las plantas. Sin embargo el nutriente presente en la localidad fue el Cobre (Cu) que se localizó en las parcelas (CL-1, CL-7), el nutriente fosforo (P) se encontraba en las parcelas (CL-2, CL-5) y el nutriente nitrógeno se encontraba en las parcelas (CL-3, CL-4, CL-6, CL-8 y CL-9), lo que sugiere que las especies de esta localidad tienden a ser árboles de mayor altura y con tallos de diámetro mayor debido a que tienen mayor concentración de nutrientes y materia orgánica lo que facilita el crecimiento de las plantas.

CONCLUSIONES

La diversidad y composición florística de las parcelas muestreadas en las localidades de Santa Ana y Culi, que se encuentran en la región Madidi son producto de la heterogeneidad de las condiciones abióticas locales (Topografía, Exposición, Clima y Factores Edáficos). Las mismas que nos hacen distinguir muy bien las formaciones boscosas.

Los resultados obtenidos por el NMDS (Escalamiento Multidimensional No Métrico), confirman la existencia de dos formaciones boscosas dentro del área de estudio de la región Madidi.

Los cambios de diversidad en cuanto a las especies, fueron determinadas por las familias dominantes, en la localidad de Santa Ana las familias dominantes son (Rubiaceae, Clusiaceae y Melastomataceae) y en la localidad de Culi las familias dominantes son (Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae).

En localidad de Santa Ana los resultados del índice de Shannon-Wiener fue $2,79 \pm 0,54$ y el índice de Simpson de $11,07 \pm 5,64$.

En la localidad de Culi el índice de Shannon-Wiener fue de $3,95 \pm 0,17$ y el índice de Simpson de $32,09 \pm 7,19$, determinando una variación florística es decir que la diversidad Beta del área estudiada es elevada debido a los resultados encontrados en los índices que reflejan ambas localidades.

En cuanto a los factores edáficos presentes (Cobre, limo, Fosforo, Magnesio, Materia Orgánica y nitrógeno.), tuvieron una gran influencia en la diversidad de especies, en las localidades de Santa Ana se registraron suelos con menor cantidad de materia orgánica lo que limita la cantidad de nutrientes asimilables y esto conlleva a la presencia de especies con tallos de diámetro menor pero en mayor número (*Psychotria cartagenensis*, *Hedyosmum angustifolium* y *Clusi* cf. *sphaerocarpa*), sin embargo en la localidad de Culi se pudo apreciar que las parcelas presentaban suelos con mayor cantidad de materia orgánica debido a que los suelos son aluviales donde existe mayor cantidad de nutrientes disponibles que favorece el crecimiento y desarrollo de las especies, donde se encontró una formación boscosa con especies de mayor diámetro y altura (*Dacryoides* cf. *Belemensis*, *Perebea guianensis*, y *Bathysa obovata*).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano G. & Macia M. J. (en prep). *Variación altitudinal en bosque montanos regla de los 300 metros de parcela a parcela*.
- Clark, D.B. (2002). *Los factores edáficos y la distribución de las plantas*, p. 193-221. In M.R. Guariguata & G.H. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. LUR, Cartago, Costa Rica.
- Dallmeier, F. (1992). *Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. MAB Digest 11. UNESCO, Paris. 72 p.
- Day, P.R. (1965). *Particle fractionation and particle-size analysis*. Chap. 43 in *Methods of Soil Analysis, Part 1*. C.A. Black, ed. American Society of Agronomy, Madison. Pp. 545-567.
- Duque, A., J. Sánchez, M.Cavelier, J. F. Douivenvoorden, P. Miranña, J. Miraña & A. Matapi. (2001). *Relación Bosque ambiente en el medio Caqueta Amazonia Colombiana*. pp: 120-129. En Duivenvoorden J. F., H. Balslev, J. Cavelier, C. Grandez, H. Tuomisto & R. Valencia (eds). *Evaluación de Recursos Vegetales no maderables en la Amazonía noroccidental*. Comisión Europea Investigación Desarrollo Tecnológico y Desarrollo. INCO-DC Ámsterdam.
- Gentry, A. H. (1982). *Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the orogeny*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 557-593.
- Gentry, A. H. (1996). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa*. University of Chicago Press, Chicago. 918 pp.
- Hernández, R., C. Fernández & P. Baptista. (2003). *Metodología de la investigación*, 3a edición, Edit. McGRAW HILL. Interamericana, México. 705 p.
- Jackson, M.L. (1964). *Análisis químico de suelos* (Traducido por J. Bertrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p.
- Jorgensen, P. et al. (2005) *Lista anotada de las plantas vasculares registradas en la región de Madidi*. *Ecología en Bolivia*. 40 (3): 70-169.
- Kessler, M. y S. Beck. (2001). *Bolivia*. pp. 581-622. En: Kappelle M. y B Bosques Nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (Inbio). Santo Domingo de Heredia.

- Mehlich, A. (1984). *Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant*. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 15(12), 1409-1416.
- Orme, C. D. L., Davies, R. G., Burgess, M., Eigenbrod, F., Pickup, N., Olson, V. A., & Stattersfield, A. J. (2005). *Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat*. Nature, 436(7053), 1016-1019.
- Peña, O. (1999). *Efecto de los factores edáficos y topográficos en el crecimiento de especies comerciales en un bosque secundario en Sarapiquí, Costa Rica*. Memorias Primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo.
- Phillips, O.L., R. Vasquez Martinez, P. Nuñez Vargas, A. Lorenzo, M.E. Chuspe Zans, W. Galiano Sanchez, A. Peña Cruz, M. Timaná, M. YliHalla & S. Rose. (2003). *Efficient plot-based floristic assessment of tropical forests*. Journal of Tropical Ecology 19: 629–645.
- Proyecto Madidi. (2002). *Expedición e Instalación de parcelas en la región Madidi*.
- R Development Core Team. (2009). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Sollins P. (1998). *Factors Influencing species composition in tropical lowland rain forest: Does soil matter?* Rev. Ecology 79(1): 23-30
- Tuomisto, H., P. Dalberg, K. Ruokolainen, R.C. Moran, C. Quintana, J. Celi & G. Canas. (2003). *Linking floristic patterns with soil heterogeneity and satellite imagery in Ecuadorian Amazoni*. Ecological Applications 13(2):352-371.