



Estructura y diversidad arbórea y su relación con el suelo forestal en un ecosistema de bosque seco

Tree structure and diversity and its relation with the forest soil in a dry forest ecosystem

José Moscol^{1,*}; Miguel Puentes¹; Eber Herrera¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Tumbes. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

*Autor correspondiente: jmoscolo@untumbes.edu.pe (J. Moscol).

ID ORCID de los autores

J. Moscol:  <http://orcid.org/0000-0001-7898-7122>

E. Herrera:  <http://orcid.org/0000-0002-7255-9087>

M. Puentes:  <http://orcid.org/0000-0003-1979-9572>

RESUMEN

El suelo es un factor ambiental principal en la calidad de sitio de un ecosistema forestal. En ese sentido, el objetivo fue determinar la relación de las características del suelo con la estructura y diversidad arbórea. Mediante un muestreo sistemático se establecieron 13 parcelas, considerándose individuos a partir de 5 cm de diámetro a la altura del pecho, con muestras compuestas de suelo para los análisis físico - químicos. La vegetación arbórea estuvo constituida por *Bursera graveolens*, *Caesalpinia paipai*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterygium huasango* y *Prosopis pallida*. La densidad poblacional fue de 47,7 ind/ha y el 54% del suelo se encontró bajo cobertura. La distribución diamétrica presentó una tendencia en forma de "J" invertida; con una distribución altimétrica en el estrato medio e inferior. El 81% del I.V.I. estuvo representado por tres especies. Un índice de diversidad de Shannon - Wiener (0 - 1,39) y Simpson (0 - 0,75). De los parámetros físicos y químicos analizados: el contenido de humedad, la densidad aparente, el porcentaje de arena y el porcentaje de materia orgánica son las variables que pueden explicar la presencia o ausencia de especies y el número de individuos en el área de estudio.

Palabras clave: bosque tipo sabana; estructura horizontal; estructura vertical; monte espinoso; características del suelo.

ABSTRACT

Soil is a chief environmental factor in the site quality of a forest ecosystem. In this sense, the objective was to determine the relationship between soil characteristics with tree structure and diversity. 13 plots were established using systematic sampling. Trees were considered since 5 cm in diameter at breast height. Composite soil samples were taken for physical-chemical analyses. Tree vegetation consisted of *Bursera graveolens*, *Caesalpinia paipai*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterygium huasango*, and *Prosopis pallida*. The population density was 47.7 Ind/ha and 54% of the soil was canopy cover. The diameter distribution presented a trend in the form of an inverted "J"; with an altimetric distribution in the middle and lower strata. Three species represented 81% of the IVI. A diversity index of Shannon - Wiener (0 - 1.39) and Simpson (0 - 0.75). Of the physical and chemical parameters analyzed: moisture content, apparent density, percentage of sand, and percentage of organic matter are the variables that can explain the presence or absence of species and the number of individuals in the study area.

Keywords: Savanna - like forest; horizontal structure; vertical structure; thorn woodland; soil characteristics.

Recibido: 06-10-2022.

Aceptado: 06-12-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El 4,7% del área frondosa de nuestro país es bosque seco ((PNCBMCC), 2021). El clima y las características del suelo son elementos del ambiente relevantes (Cueva Ortiz et al., 2019) debido a que este ecosistema tiene un comportamiento distinto en el periodo húmedo y seco; donde la producción primaria, el crecimiento y desarrollo de las especies se ve limitado por estos factores, a pesar de ello; las especies forestales han sabido adaptarse a estas condiciones (Torres-Rodríguez, Díaz-Triana, Villota, Gómez, & Avella-M, 2019). No obstante, la presión permanente de actividades insostenibles contribuye a su fragmentación y degradación paulatina; alterando su salud, estructura, funcionalidad y las propiedades del suelo forestal (Alarcón & Roza, 2020). En ese sentido, la gestión y manejo de nuestros bosques, pública o privada, contribuye con su conservación y aprovechamiento sostenible (Cárdenas-Torres, 2014).

El taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco de la Universidad Nacional de Tumbes (Resolución N° 0953-2019/UNTUMBES-CU), cuenta con un área de 127,6 hectáreas (aprobada mediante Resolución Directoral N°154-2012/GOB.REG.TUMBES-DRAT-D), destinada a la investigación, conservación y manejo de bosque. El MINAM (2019) define este espacio como un ecosistema de bosque estacionalmente seco de llanura; con una cobertura forestal de bosque seco tipo sabana (MINAM, 2015). Distinguiéndose una asociación entre árboles, arbustos, matorrales, cactáceas y hierbas efímeras. INRENA (1995) establece este espacio como matorral desértico premontano tropical (transicional a matorral desértico), sin embargo; al considerar una data de 30 años procedentes de estaciones meteorológicas se ha reclasificado como una zona de vida monte espinoso y al sub-bioma monte espinoso basal tropical (Aybar-Camacho et al., 2017).

Las variables que se obtienen de un inventario forestal permiten diagnosticar la heterogeneidad e importancia ecológica y el estado de conservación del ecosistema forestal, esto a través del análisis estructural horizontal y vertical del bosque (Alvis Gordo, 2009; García, Mendoza, & Tamayo, 2021). Por su parte Linares-Palomino (2005) menciona que la distribución de cuatro especies forestales del bosque seco puede deberse, entre otros factores, a las condiciones del suelo como pH, fertilidad o

estructura. No obstante, esta relación puede ser directa o inversa. Es el caso que la reacción, el contenido de nitrógeno y la humedad del suelo pueden explicar la distribución de ciertas especies vegetales (Brunet, Von Oheimb, & Diekmann, 2000) o el crecimiento de las mismas (Chaturvedi, Raghubanshi, & Singh, 2013). De la misma forma una clase textural con mayor presencia de limo puede influenciar positivamente la presencia de vegetación leñosa o la conductividad eléctrica la riqueza de especies de un espacio (Roth, Cepero, Stuva, & Pérez, 2004); del mismo modo, un bosque conservado puede presentar un mayor desarrollo vertical a raíz de variables como el contenido de: nitrógeno, materia orgánica y fósforo (Moreno-Jiménez, Castillo-Acosta, Gama-Campillo, Zavala-Cruz, & Ortiz-Pérez, 2017). Sin embargo, los valores máximos pueden ser contraproducentes; esto se aprecia en una comunidad de cactáceas cuando el fósforo y el potasio se encuentran en demasía (Roth, Cepero, Stuva, & Pérez, 2004).

En contraste, la riqueza de especies puede ser inversa en un bosque tropical, y directa en un bosque templado para las variables: K, Ca, P, capacidad de intercambio de cationes (CEC) e índice de fertilidad del suelo (Nadeau & Sullivan, 2015). En consecuencia, estas características, que pueden variar por acción natural o antropogénica, son factores limitantes en la dinámica forestal influenciada por la fisiografía (Eras, Peña, & Aguirre, 2021; Zarco-Espinosa, Valdez-Hernández, Ángeles-Pérez, & Castillo-Acosta, 2010) y el microclima (Leal-Pinedo & Linares-Palomino, 2005).

Aun cuando el aporte en bienes y servicios de este ecosistema es palpable en las comunidades y sociedad en general, la información que se tiene es insipiente ((PNCBMCC), 2021); siendo ésta imprescindible para la planificación, recuperación, rehabilitación, restauración y aprovechamiento sostenible de este ecosistema forestal (SERFOR, 2020). De modo que el estudio de la estructura y diversidad arbórea y su relación con el suelo forestal en un ecosistema de bosque seco, contribuirá a formar una línea base para el análisis futuro del enriquecimiento o fragmentación del ecosistema (Narváez-Espinoza, González-Rivas, & Castro-Marín, 2015), y la toma de decisiones para acciones de planificación, gestión y manejo incorporando el manejo de suelo, la silvicultura, reforestación, entre otros.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se hizo uso de los centroides establecidos en Resolución N° 0168-2019/UNTUMBES-R, con datum horizontal del sistema Provisional Sudamericano 1956 (PSAD56), zona 17. Se delimitaron parcelas de 50 m x 50 m, dentro de la cual se evaluaron los árboles (DAP \geq 10 cm) y fustales (5 cm \geq DAP < 10 cm).

1. Estructura y diversidad

Para el análisis de la estructura del bosque se tomaron los datos como: número de indivi-

duos/especie por parcela, diámetro a la altura del pecho (DAP) a partir de 5 cm, altura total y diámetro de copa; y con ello se determinó parámetros estructurales como: distribución diamétrica, distribución altimétrica, área basal, densidad poblacional, cobertura absoluta y relativa, dominancia absoluta y relativa, abundancia absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa e índice de valor de importancia (MINAM, 2015). Para el análisis de diversidad del bosque, se ha tomado la información del inventario forestal

con lo que se ha determinado: la diversidad alfa (riqueza), diversidad beta (coeficiente de similitud de Jaccard e índice de Morisita - Horn), curva de acumulación de especies, cociente de mezcla, índice de diversidad Shannon - Wiener (H') e índice de diversidad de Simpson.

Tabla 1
Coordenadas UTM PSAD 56

Centroides	Este	Norte
I	563300	9601900
II	563600	9601900
III	563600	9601600
IV	563900	9601600
V	563900	9601300
VI	564200	9601600
VII	564200	9601300
VIII	564500	9601900
IX	564500	9601600
X	564500	9601300
XI	564800	9601900
XII	564800	9601600
XIII	564800	9601300

2. Suelo

El muestreo fue irregular en forma de X; este arreglo se recomienda para superficies en forma cuadrada (MINAM, 2014). Para la toma de sub muestra primero se desechó los 5 cm superficiales de suelo. Posteriormente se excavó hasta una profundidad de 20 cm y se tomó la sub muestra de suelo. Se homogenizaron las 05 submuestras y se tomó 2 kg de la mezcla, obteniéndose un total de 13 muestras.

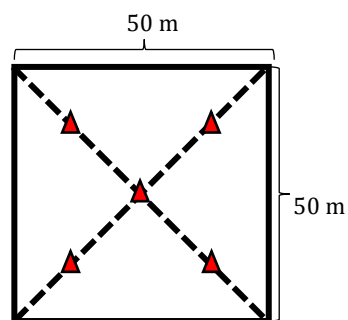


Figura 1. Muestra compuesta de suelo.

3. Parámetros físicos

a) Textura

El análisis textural se ha desarrollado siguiendo la metodología de bouyoucos. Se pesaron 50 g de suelo, cernido previamente por tamiz de 2 mm. Se colocó en un vaso y se incorporó metasilicato de sodio al 5 %, posteriormente se batió durante 10 minutos. Se colocó el material en un cilindro de vidrio graduado a 1 130 mL. Posterior al agitado de la muestra, a los 40 s de reposo se hizo la primera lectura con el hidrómetro apuntando la temperatura de la suspensión; con esta lectura se calculó el contenido de arena (A%).

$$A (\%) = 100 - ((\text{Lectura corregida } 40 \text{ s}) / (\text{Peso muestra})) \times 100 \quad (1)$$

Se dejó en reposo por dos horas y seguido se tomó la segunda lectura, utilizando la Fórmula:

$$\text{Ar} (\%) = 100 - ((\text{Lectura corregida } 2 \text{ h}) / (\text{Peso muestra})) \times 100 \quad (2)$$

A continuación, por diferencia se calculó el contenido de limo (L%) con la Fórmula:

$$L (\%) = 100 - (A (\%) + \text{Ar} (\%)) \quad (3)$$

Con estos valores de % arena, % limo y % arcilla se determinó la clase textural correspondiente en el triángulo textural.

b) Densidad real y aparente

Se pesó una fiola con tapa de 250 mL de capacidad, posteriormente se llenó completamente con agua destilada y se pesó. Posteriormente, se eliminó una parte del agua y se colocó 10 g de suelo, el cual previamente había sido secado en estufa por 48 h a 105 °C; se llenó completamente de agua, se tapó y peso.

$$D_r = P_{ss} / V_s \quad (4)$$

Dónde: D_r = densidad real (g/cm^3); P_{ss} = peso de suelo seco al horno (g); V_s = volumen suelo (cm^3).

La densidad aparente, que considera la estructura del suelo, se calculó mediante el método del cilindro; el cual consiste en introducir un cilindro de hierro en el suelo con la ayuda de un martillo hasta que el suelo cubra completamente el sólido enrazando los bordes (a nivel de superficie). Luego, se secó el suelo en la estufa por 48 h a 105 °C y se pesó.

$$D_a = P_{ss} / V_c \quad (5)$$

Dónde: D_a = densidad aparente (g/cm^3); P_{ss} = peso de suelo seco al horno (g); V_c = volumen cilindro (cm^3).

c) Porosidad

La porosidad total del suelo ha sido determinada mediante la relación de la densidad aparente y la densidad real.

$$P (\%) = (1 - D_a/D_r) \times 100 \quad (6)$$

Dónde: P = porosidad total (%); D_a = densidad aparente (g/cm^3); D_r = densidad real (g/cm^3).

4. Parámetros químicos

d) pH y conductividad eléctrica

Se inició pesando 10 g de suelo seco, pasado por tamiz 2 mm, en una balanza analítica digital; seguido se colocó el material en un matraz erlenmeyer de 250 mL de capacidad con la ayuda de un embudo de vidrio, adicionándole agua ultrapura en una relación 1:10. Posteriormente, se colocó las muestras en un agitador magnético multiposición a 4 000 rpm durante el tiempo de 30 minutos. Finalmente, se filtraron las muestras con papel filtro N° 41. Se midió el pH y conductividad eléctrica con un equipo multiparámetro calibrado, colocando los sensores en la solución.

e) materia orgánica

Para el análisis de materia orgánica se utilizó el método de incineración. Para lo cual se pesaron 20 g de suelo, pasado previamente por tamiz 2 mm, en una balanza analítica. Posteriormente, se secó en estufa por 48 horas a 60 °C. Se pesó la muestra de suelo posterior al secado y se colocó en una mufla a 300 °C por el tiempo de 4 horas (Aguilar, 2019). Pasado este tiempo se retiró de la mufla y se dejó enfriar en un desecador con gel sílice en su interior. La diferencia entre el peso seco y el peso después

de la incineración será el correspondiente al peso de materia orgánica que había y que se incineró. El resultado se expresa en porcentaje:

$$\% \text{ materia orgánica} = (\text{peso seco} - \text{peso incinerado}) / (\text{peso seco}) \times 100 \quad (7)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis de Estructura

La estructura horizontal permitió analizar el comportamiento de las especies e individuos y su distribución espacial. En la Tabla 2 se observa un total de 47,7 ind/ha de los cuales el 54,2% son árboles, siendo la especie más abundante *Caesalpinia paipai*, correspondiéndose con los resultados del inventario nacional forestal en los departamentos de Piura y Tumbes (MINAM, Mapa nacional de cobertura vegetal - Memoria descriptiva, 2015). En cuanto a los fustales juegan un rol preponderante en la conservación del ecosistema del área de concesión, dado que la comunidad forestal se encuentra en un proceso de crecimiento y desarrollo.

Para el caso específico de *Prosopis pallida* los fustales superan a las especies maduras; esto puede deberse a la tala selectiva que se da en el lugar por las características distintivas de su madera. Esto se puede notar en Zarate (2021) que mediante un modelo alométrico estimó el aprovechamiento realizado en el área de estudio.

a) Cobertura

El área que ocupa la copa de los árboles es de 5 359,4 m², que equivale al 54% del área inventariada. La especie con mayor cobertura fue *Caesalpinia paipai* con 2024,97 m², seguido de *Prosopis pallida* y *Bursera graveolens* con 1544,35 m² y 1363,03 m², respectivamente. La diferencia estuvo ocupada por *Loxopterygium huasango* 319,16 m², *Cynophalla flexuosa* 83,07 m² y *Colicodendron scabridum* 24,82 m². A pesar de la baja densidad poblacional, se cobertura un área significativa debido a que una de las características de *Caesalpinia paipai*, *Prosopis pallida* y *Bursera graveolens* es la prolongación de su copa. Asimismo, cabe precisar que no se ha discriminado

5. Análisis de datos

Para el análisis de estructura, diversidad y correlación de las variables estudiadas se hizo uso de los programas: Microsoft Excel y software Past 4.03.

la superposición de las copas y que la zona Sureste del área de concesión se encuentra con mayor cobertura debido a la abundancia de individuos que presenta.

b) Índice de valor de importancia

Las especies ecológicamente más importante por representar el 80% del I.V.I. en el taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco de la Untumbes son: *Caesalpinia paipai*, *Bursera graveolens* y *Prosopis pallida*, especies que se encuentran mejor distribuidas en el área de estudio. *Caesalpinia paipai*, *Bursera graveolens* y *Prosopis pallida*, como especies ecológicamente dominantes, muestran que poseen características de competencia interespecífica en mayor grado a las otras especies, aprovechando mejor la energía que ingresa al ecosistema y los nutrientes del mismo.

c) Distribución diamétrica y altimétrica

En la Figura 2 se observa una tendencia en forma de "J" invertida, propio de una estructura disetánea o irregular (Goicochea, 2019; Louman, Quirós, & Nilsson, 2001) de un bosque ecuatorial (Cruz, 2015), lo que evidencia que el área de concesión forestal se encuentra en un proceso de recuperación y crecimiento (Aguirre, Reyes, Quizhpe, & Cabrera, 2017), dado que el mayor número de individuos por hectárea están concentrados en la clase 1, representando el 47% de los individuos, haciéndose notorio la reducción de los individuos a medida que la clase diamétrica aumenta, de este porcentaje *Prosopis pallida* tiene una mayor participación.

En la Figura 3 la distribución de altura se ha dado dentro de 8 intervalos, de los cuales 3 acumulan la mayor cantidad de individuos (40).

Tabla 2

Resultados inventario forestal en ha

Variable	<i>Prosopis pallida</i>	<i>Caesalpinia paipai</i>	<i>Bursera graveolens</i>	<i>Loxopterygium huasango</i>	<i>Cynophalla flexuosa</i>	<i>Colicodendron scabridum</i>	Total/ha
N° árbol/ha	3,69	11,08	8,31	2,46	0,31	0	25,85
AB árbol m ² /ha	0,08	0,24	0,23	0,14	0,01	0	0,69
Vol. árbol m ³ /ha	0,34	1	1,01	0,80	0,03	0	3,17
N° fustal/ha	13,85	2,46	4,31	0,31	0,31	0,62	21,85
AB fustal m ² /ha	0,05	0,01	0,02	0,002	0,002	0,003	0,09
Vol. fustal m ³ /ha	0,33	0,10	0,09	0,004	0,01	0,01	0,56

Tabla 3

Índice de valor de importancia

Especie	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Abundancia relativa	I.V.I.
<i>Caesalpinia paipai</i>	33 %	26 %	28 %	29,1 %
<i>Bursera graveolens</i>	32 %	21 %	26 %	26,5 %
<i>Prosopis pallida</i>	16 %	24 %	37 %	25,6 %
<i>Loxopterygium huasango</i>	17 %	21 %	6 %	14,8 %
<i>Cynophalla flexuosa</i>	1,17 %	3 %	1 %	1,7 %
<i>Colicodendron scabridum</i>	0,35 %	5 %	1 %	2,3 %

Esta dispersión por rango de altura por ha, evidencia que la mayoría de los individuos se encuentran acumulados en el estrato medio e inferior, es decir; por debajo de los ocho metros de altura, haciendo notar un bosque en desarrollo; especialmente por los escasos individuos presentes en el estrato superior.

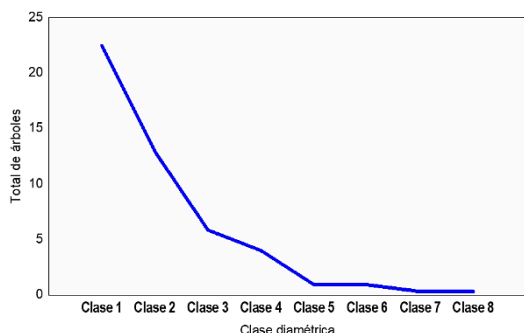


Figura 2. Distribución diamétrica.

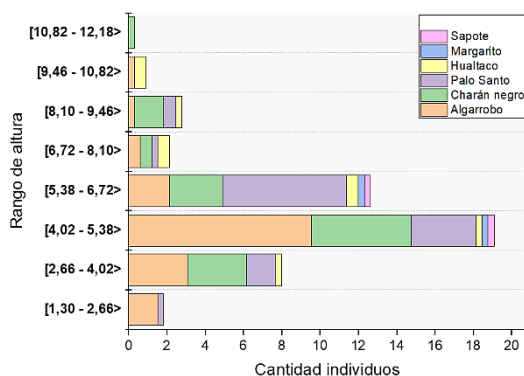


Figura 3. Distribución altimétrica.

En resumen, se presenta una distribución heterogénea de los individuos entre los rangos de altura, lo cual manifiesta una competencia intra e interespecífica de las especies forestales en cuanto a luminosidad; siendo esta variable esencial para algunas especies para obtener un sitio dentro del bosque (Goicochea, 2019).

2. Análisis de Diversidad

En el estrato arbóreo se han registrado 6 especies (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch. "Palo Santo", *Caesalpinia paipai* Ruiz & Pav. "Charán negro", *Colicodendron scabridum* (Kunth) Seem. "Sapote", *Cynophalla flexuosa* L. J. Presl "Margarito", *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. "Hualtaco", y *Prosopis pallida* (Willd.) Kunth "Algarrobo"). Aguirre (2012) y MINAM (2019) sostienen que una de las características de este ecosistema subárido caducifolio es tener pocas especies con una marcada homogeneidad y un espaciamiento extenso entre árboles. El índice de diversidad de Shannon - Wiener oscila entre 0 y 1,39. Es decir, el área de concesión forestal tiene una diversidad baja - media; esto debido a que este índice aumenta conforme aumenta la riqueza y la distribución de los individuos es más homogénea entre las especies. A su vez el índice de diversidad de Simpson oscila entre 0 y 0,75; esto en razón a una distribución más homogénea de la abundancia de especies. Estos resultados indican una diversi-

dad media - alta. Con ello podemos señalar que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de diferente especie es del 45% al 75%.

Tabla 4
Índices de diversidad

Parcela	Nº especies	Nº individuos	Índice de Shannon - Wiener	Índice de diversidad de Simpson
1	1	2	0	0
2	3	5	0,95	0,56
3	4	4	1,39	0,75
4	4	11	0,89	0,45
5	1	1	0	0
6	2	4	0,69	0,50
7	3	7	0,80	0,45
8	1	1	0	0
9	4	35	1,19	0,68
10	4	13	0,94	0,49
11	5	38	1,33	0,71
12	2	12	0,68	0,49
13	4	22	1,17	0,66

a) Coeficiente de mezcla y curva de acumulación de especies

Esta reducida heterogeneidad se refleja en el coeficiente de mezcla que presenta un resultado de 0,04 o 1/25,8; esta proporción que relaciona la abundancia absoluta y la riqueza específica, indica que es posible encontrar una especie por cada 25,8 individuos en el bosque objeto de estudio. Otro elemento a considerar en el presente análisis es la curva de acumulación de especies; ésta nos demuestra que la muestra ha sido representativa para la diversidad de especies arbóreas presentes en el área, dado que a partir de 1,5 ha el incremento en especies por área adicional es mínimo.

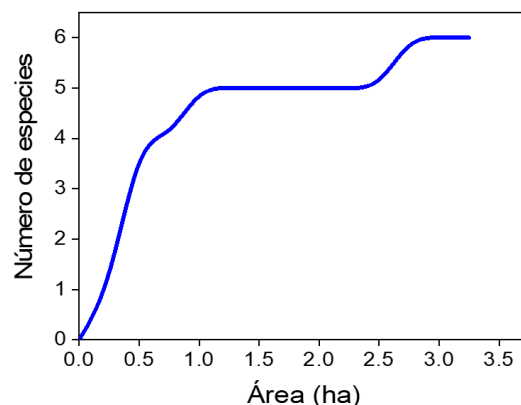


Figura 4. Curva de acumulación de especies.

b) Coeficiente de similitud de Jaccard e Índice de Morisita - Hord

La Figura 5 muestra la similitud entre las parcelas en función a la riqueza de especies; notándose claramente dos grupos con un grado de similitud de 25%, es decir, la riqueza específica está orientada a ciertas zonas del área de concesión forestal. Dentro del primer grupo con mayor similitud se tiene a las parcelas P3, P9 y P13, quienes presentan la misma riqueza (*Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai*, *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango*). Caso similar se presenta entre P2 y P7 quienes registran 3 especies en común (*Caesalpinia paipai*,

Bursera graveolens y *Loxopterygium huasango*). Lo que evidencia que estas especies se encuentran dispersas en el área de concesión. El segundo grupo conformado por las parcelas P1, P8 y P12 tienen una relación de 50% con *Prosopis pallida* y *Bursera graveolens*.

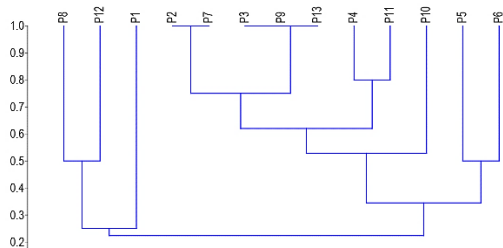


Figura 5. Coeficiente de similitud de Jaccard.

En contraste, la Figura 6 muestra una diferencia notoria en cuanto a la similitud presentada en el coeficiente de similitud de Jaccard, esto a raíz que se considera la abundancia, no siendo influido por el tamaño de muestra o riqueza, modificando la relación de similitud entre las parcelas. Para el presente caso, el dendrograma muestra la formación de 2 grupos.

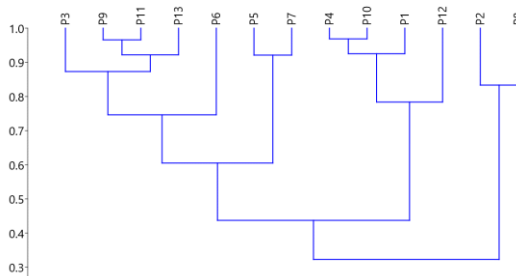


Figura 6. Índice de Morisita - Hord.

Dentro del primer grupo, las parcelas P9, P11 y P13 muestran un 93 % de similitud en razón a su abundancia *Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai* y *Bursera graveolens*. Mientras que las parcelas P2 y P8 solo tienen una similitud de 42% con anteriores; es decir, la abundancia de especies también se encuentra orientada al Este del área de concesión forestal.

4.4. Análisis físico - químico del suelo

El contenido de humedad, la densidad aparente, la densidad real y la porosidad presentan valores homogéneos con una reducida desviación en los valores. La escasa humedad en el suelo se explica dado que las muestras han sido tomadas previo al periodo de lluvias.

La textura predominante en el área de concesión forestal es franco arenosa y solo en 3 parcelas se obtuvo una textura franco arcillo arenosa. Esto se corresponden con lo mencionado por IGP (2015) al catalogar estos suelos tipo fluvisol eútrico - regosol eútrico, característico por presentar material fluvial, con elevada porosidad, una textura de suelo franco arenosa y/o franco arcillo arenosa.

Se registró un suelo relativamente neutro y homogéneo. Por otra parte, los valores de conductividad eléctrica son muy variables consideradas ligeramente salinas (Soriano, 2018); indicando que existe una concentración de sales. Por último, la materia orgánica es homogénea, catalogándose como un suelo con un porcentaje de materia orgánica medio - alto (Bescós et al., 2018).

4.5. Análisis de correlación

La especie *Prosopis pallida* se corresponde positivamente con % arena ($r = 0,59, p < 0,03$), sin embargo; hay una relación inversa con % materia orgánica ($r = -0,61, p < 0,03$); esto podría explicarse por el hecho que la especie se adapta a ecosistemas desérticos. Por otra parte, *Cynophalla flexuosa* exhibe una relación favorable con la densidad aparente ($r = 0,61, p < 0,03$); esto podría significar que la especie en mención requiere un suelo con mayor cantidad de agregado por unidad de volumen. Sin embargo, es necesario tener un mayor número de individuos para sostener esta relación. Cabe indicar que en la Figura 8, no se muestran los resultados de correlación donde no existe significancia estadística ($p > 0,05$).

El índice de diversidad de Shannon_H y el índice de diversidad de Simpson 1-D se correlacionan inversamente con el contenido de humedad del suelo ($r = -0,61, p < 0,03$) y ($r = -0,62, p < 0,02$) respectivamente; infiriéndose que el requerimiento de agua es distinto para cada especie forestal.

Tabla 5
Resultados de análisis físico - químico de suelo

Análisis físico / Parcela	Media	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Contenido de Humedad (%)	1,14	1,07	1,75	0,14	0,60	1,59	1,11	1,18	3,23	1,05	0,86	0,77	0,43	0,98
Densidad aparente (g/cm³)	1,26	1,12	1,14	1,36	1,22	1,34	1,26	1,23	1,36	1,37	1,50	1,12	1,19	1,17
Densidad real (g/cm³)	2,29	2,38	2,21	2,35	2,26	2,22	2,42	2,09	2,18	2,40	2,45	2,26	2,30	2,24
Porosidad (%)	44,87	52,94	48,30	41,85	46,05	39,60	47,96	41,25	37,49	42,73	38,86	50,32	48,39	47,51
Textura (%)														
% arena	65,23	69,16	59,16	65,16	65,38	59,30	75,52	61,38	49,38	75,38	77,30	68,73	66,94	55,16
% limo	17,65	17,08	19,08	15,01	14,65	24,72	12,79	23,07	18,36	12,22	10,62	19,76	19,15	22,94
% arcilla	17,12	13,76	21,76	19,83	19,98	15,98	11,69	15,55	32,26	12,41	12,08	11,51	13,9	21,9
Clase textural		FA*	FARA**	FA	FA	FA	FA	FA	FA	FARa	FA	FA	FA	FARa
Análisis químico / Parcela														
pH	7,31	7,91	6,7	7,49	6,98	7,41	7,04	6,97	6,97	7,05	7,2	7,91	7,72	7,62
Conductividad eléctrica (µS/cm)	163,62	143,1	493	49,4	90,5	80,5	83,6	92,7	568	58,3	38,7	141,2	182,6	105,4
Materia orgánica (%)	3,22	3,71	4,91	2,97	2,88	3,32	2,22	4,14	3,47	2,10	1,94	2,87	2,76	4,51

* FA Franco arenosa; ** FARA Franco arcillo arenosa.

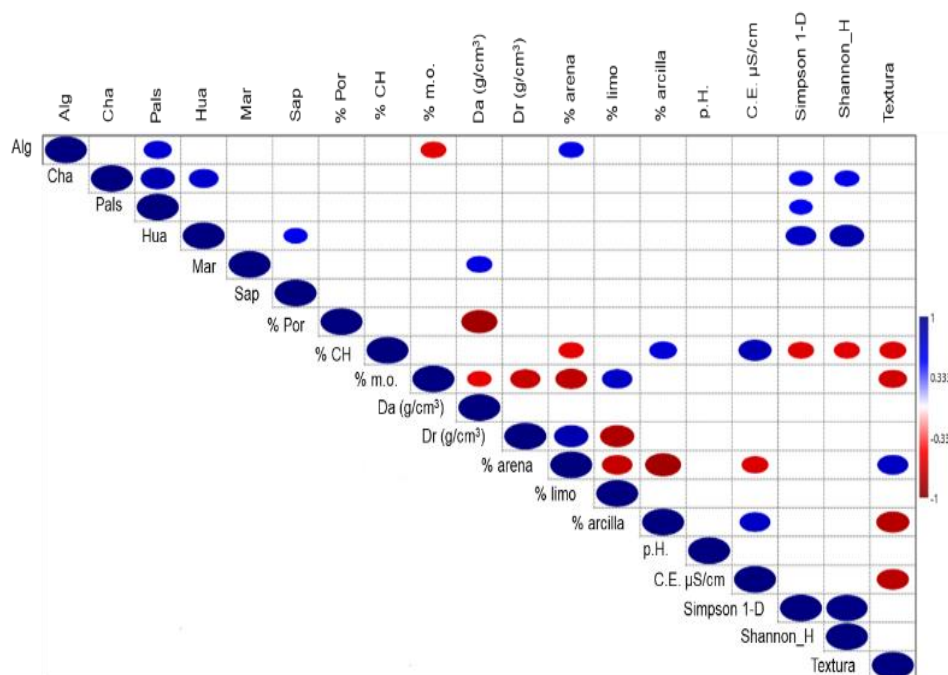


Figura 7. Correlación de Pearson.

CONCLUSIONES

De los parámetros físicos y químicos analizados del suelo forestal en el área de la concesión: el contenido de humedad, la densidad aparente, el porcentaje de arena y el porcentaje de materia

orgánica son las variables que pueden explicar la presencia o ausencia de especies y el número de individuos en el área de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceras muestras de gratitud a la Universidad Nacional de Tumbes por la apertura en el uso de sus laboratorios de análisis ambiental, dendrología y

suelos para el análisis correspondiente de las muestras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (PNCBMCC), M. d. (2021). *APUNTES DEL BOSQUE 4. Línea de base de los bosques secos de la costa norte del Perú al 2018*. Lima: Ministerio del Ambiente (MINAM). Obtenido de <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-bosque-4.pdf>
- Aguilar, S. (2019). *Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización*. Finlandia - Quito, Ecuador: Proyecto manejo forestal sostenible ante el cambio climático.
- Aguirre, Z., Reyes, B., Quizhpe, W., & Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543 - 556.
- Alarcón, A., & Rozo, M. (2020). *Análisis multitemporal de la transformación del bosque seco tropical que influye en la desertificación del municipio de Agua de Dios*. Tesis de Grado, Universidad de La Salle, Bogotá. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1868
- Alvis Gordo, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Bioteconología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 115-122.
- Aybar-Camacho, C., Lavado-Casimiro, W., Sabino, E., Ramírez, S., Huerta, J., & Felipe-Obando, O. (2017). *Atlas de zonas de vida del Perú - Guía Explicativa*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Lima: Dirección de Hidrología.
- Bescós, P., Gónzales, V., Lago, B., López, R., López, S., Manrique, A., . . . Navarro, C. (2018). Análisis comparativo entre el Eucaliptal y bosque autóctono en Asturias. (pág. 16). Universidad de Oviedo.
- Brunet, J., Von Oheimb, G., & Diekmann, M. (2000). Factors influencing vegetation gradients across ancient-recent woodland borderlines in southern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 15, 515-524.
- Cárdenas-Torres, M. (2014). Estudio comparativo de la composición florística, estructura y diversidad de fustales en dos ecosistemas del campo de producción 50k CPO-09, Llanos del Orinoco Colombiano. *Colombia Forestal*, 17(2), 203-229.
- Chaturvedi, R. K., Raghubanshi, A. S., & Singh, J. S. (2013). Growth of tree seedlings in a tropical dry forest in relation to soil moisture and leaf traits. *Journal of Plant Ecology*, 6(2), 158-170.
- Cruz, T. (2015). *Caracterización fisonómica del bosque seco de quebrada Pariñas-Talara*. Talara: Universidad Nacional de Piura.
- Cueva Ortiz, J., Iván Espinosa, C., Quiroz Dahik, C., Aguirre Mendoza, Z., Cueva Ortiz, E., Guscán, E., . . . Hildebrandt, P. (2019). Influence of Anthropogenic Factors on the Diversity and Structure of a Dry Forest in the Central Part of the Tumbesian Region (Ecuador-Perú). *Forests*, 10(1), 31.
- Eras, M., Peña, J., & Aguirre, Z. (2021). Diversidad florística, endemismo y estado de conservación de los componentes arbustivo y herbáceo de un bosque andino en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 83-96.
- García, M. T., Mendoza, Z. A., & Tamayo, J. P. (2021). Diversidad florística, endemismo y estado de conservación de los

- componentes arbustivo y herbáceo de un bosque andino en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 83-96.
- Goicochea, L. (2019). *Caracterización florística y estructural de las plantas leñosas del bosque seco El Hualango, caserío Huacra en Sitacocha, Cajabamba*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- IGP. (2015). *Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- INRENA. (1995). *Mapa ecológico del Perú - Guía explicativa*. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima: Dirección de estudios de recursos naturales.
- Leal-Pinedo, J. M., & Linares-Palomino, R. (2005). Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *Caldasia*, 27(2), 195-211.
- Linares-Palomino, R. (2005). Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 317 - 326.
- Louman, B., Quirós, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, Costa Rica: Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza -CATIE.
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal - Memoria descriptiva*. Ministerio del Ambiente. Lima: Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2019). *Definiciones conceptuales de los ecosistemas del Perú*. Ministerio del Ambiente. Lima: Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales.
- Moreno-Jiménez, V., Castillo-Acosta, O., Gama-Campillo, L., Zavala-Cruz, J., & Ortiz-Pérez, M. A. (2017). Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y bosques*, 23(1), 91-109.
- Nadeau, M. B., & Sullivan, T. P. (2015). Relationships between plant biodiversity and soil fertility in a mature tropical forest, Costa Rica. *International Journal of Forestry Research*, 13.
- Narváez-Espinoza, O., González-Rivas, B., & Castro-Marín, G. (2015). Composición, estructura, diversidad e incremento de la vegetación arborea secundaria en trópico seco en Nandarola, Nicaragua. *La Calera*, 15(25), 111-116.
- Roth, V. T., Cepero, V. C., Stuva, A. C., & Pérez, R. E. (2004). Diversidad y densidad de la comunidad de cactáceas en el cerro Umarcata y Quebrada Orobel en el valle del río Chillón (Lima) y su relación con los factores edáficos. *Ecología Aplicada*, 3(2), 1-8.
- SERFOR. (2020). *Agenda Nacional de Investigación Forestal y de Fauna Silvestre*. Servicio Nacional forestal y fauna silvestre. Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
- Soriano, M. (2018). *Conductividad eléctrica del suelo*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Torres-Rodríguez, S., Díaz-Triana, J., Villota, A., Gómez, W., & Avella-M, A. (2019). Diagnóstico ecológico, formulación e implementación de estrategias para la restauración de un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia). *Caldasia*, 41(1), 42-59.
- Zarate, J. (2021). *Determinación de un modelo de árbol de la especie algarrobo (prosopis pallida) y proyección de volumen aprovechado de la manera ilegal en la concesión de la universidad nacional de Tumbes*. Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes.
- Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J. L., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arborea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 26(1), 1-17.