

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



TESIS

Relación de las características del suelo y la composición, diversidad y estructura arbórea de la concesión forestal – Universidad Nacional de Tumbes

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Br. JOSE ANTONIO MOSCOL ORTIZ

TUMBES, PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



TESIS

Relación de las características del suelo y la composición, diversidad y estructura arbórea de la concesión forestal – Universidad Nacional de Tumbes

TESIS APROBADA EN FORMA Y ESTILO POR:

Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios

PRESIDENTE

Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval

SECRETARIO

Mg. José Antonio Silva Chávez

MIEMBRO

Dr. Miguel Antonio Puentes Chully

ASESOR

TUMBES, PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL



TESIS

Relación de las características del suelo y la composición, diversidad y estructura arbórea de la concesión forestal – Universidad Nacional de Tumbes

**LOS SUSCRITOS DECLARAMOS QUE LA TESIS ES ORIGINAL EN
SU CONTENIDO Y FORMA**

Br. José Antonio Moscol Ortiz.....

AUTOR

Dr. Miguel Antonio Puestas Chully.....

ASESOR

Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro.....

Co ASESOR

TUMBES, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En Tumbes, siendo las Diecinueve horas con treinta minutos ---del--16--de agosto del dos mil veintidós, se reunieron mediante la modalidad virtual por la plataforma ZOOM, los miembros del jurado conformado con la Resolución N° 009-2022/UNTUMBES-EPG-D, del 11 de enero de 2022: Dr. Eber Leopoldo Herrera Palacios (presidente), Mg. Eder Esaud Hidalgo Sandoval (secretario), Mg. José Antonio Silva Chávez (miembro), para proceder al acto de sustentación y defensa de la tesis titulada: **RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y LA COMPOSICIÓN, DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA ARBÓREA DE LA CONCESIÓN FORESTAL – UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES** presentada por el Br. José Antonio Moscol Ortiz para optar el grado académico de maestro en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental.


Actuó en la condición de asesor, el Dr. Dr. Miguel Antonio Puestas Chully


Concluido el acto de sustentación y defensa, absueltas las preguntas formuladas y efectuadas las correspondientes observaciones, el jurado calificador decidió declarar: APROBADA la tesis, por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENA**, en conformidad con lo normado en el artículo 91. del Reglamento de Tesis para Pregrado y Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes.


Siendo las veintiuna horas con cinco minutos, se dio por concluido el indicado acto académico y en expresión de conformidad se procedió a la suscripción de la presente acta.

Tumbes, 16 de agosto de 2022.


Eber Leopoldo Herrera Palacios
DNI N° 42450218
ORCID N° 0000-0002-7255-9087
PRESIDENTE


Eder Esaud Hidalgo Sandoval
DNI N° 42311217
ORCID N° 0000-0002-8568-3255
SECRETARIO


Mg. José Antonio Silva Chávez
DNI N° 41013171
ORCID N° 0000-0001-5763-407X
MIEMBRO


Dr. Miguel Antonio Puestas Chully
DNI N° 02660522
ORCID N° 0000-0003-1979-9572.
ASESOR

DEDICATORIA

A nuestro padre creador por brindarnos la dicha de estar juntos en familia en los momentos más difíciles. A mi hija Kate Antonia, quien con su presencia ha logrado que conozca el significado de la palabra amor y felicidad en un sentido extraordinario. Finalmente, pero no menos importante, a mi esposa, padre y madre por su amor, compañía, apoyo y consejos durante todo este tiempo.

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi asesor de tesis Dr. Miguel Antonio Puescas Chully, por su colaboración y aportes a este trabajo. Asimismo, al Dr. Gerardo Juan Francisco Cruz Cerro por su revisión y crítica al presente. Finalmente, a los estudiantes de la escuela de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente por su colaboración en este proceso de aprendizaje – enseñanza.

INDICE GENERAL

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPITULO I	
1. INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO II	
2. ESTADO DEL ARTE	16
CAPITULO III	
3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	21
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	21
3.3 UNIDADES DE MUESTREO	21
3.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL	22
3.5 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD	23
3.6 DESCRIPCIÓN SANITARIA	23
3.7 SUELO	25
3.7.1. TOMA DE MUESTRA DE SUELO	25
3.7.2. PARÁMETROS FÍSICOS	26
3.7.3. PARÁMETROS QUÍMICOS	28
3.8 ANÁLISIS DE DATOS	29
CAPITULO IV	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
CAPITULO V	
5. CONCLUSIONES	51
CAPITULO VI	
6. RECOMENDACIONES	53
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
8. ANEXOS	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultado de inventario forestal en ha.....	32
Tabla 2: Índice de valor de importancia.....	35
Tabla 3: Índice de diversidad de Shannon – Wiener y Simpson.....	40
Tabla 4: Coordenadas área concesión forestal Untumbes.....	60
Tabla 5: Variables a evaluar en la estructura arbórea.....	61
Tabla 6: Variables a evaluar de diversidad.....	63
Tabla 7: Registro de información de campo inventario forestal.....	66
Tabla 8: Distribución de clase diamétrica por ha.....	72
Tabla 9: Distribución de altura por ha.....	72
Tabla 10: Resultado de análisis físico-químico del suelo por unidad de muestreo....	73
Tabla 11: Resultado de análisis de correlación de Pearson.....	74

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquemática de las variables a correlacional.....	20
Figura 2: Parcela y sub parcelas de muestreo.....	22
Figura 3: Mapa de ubicación de parcelas de muestreo.....	24
Figura 4: Obtención de muestra compuesta de suelo.....	25
Figura 5: Distribución diamétrica.....	36
Figura 6: Distribución alimétrica.....	37
Figura 7: Perfil horizontal y vertical del bosque.....	39
Figura 8: Curva de acumulación de especies (especie - área).....	41
Figura 9: Análisis cluster (Coeficiente de similitud de Jaccard).....	42
Figura 10: Análisis cluster (Índice de similitud de Morisita - Hord).....	43
Figura 11: Granulometría.....	45
Figura 12: Correlación de Pearson de variables: abundancia y diversidad de especie y análisis físico – químicos.....	49
Figura 13: <i>Prosopis pallida</i> “Algarrobo”.....	75
Figura 14: <i>Caesalpinia paipai</i> “Charán negro”.....	76
Figura 15: <i>Bursera graveolens</i> “Palo santo”.....	76
Figura 16: <i>Loxopterygium huasango</i> “Hualtaco”.....	77
Figura 17: <i>Colicodendron scabridum</i> “Sapote”.....	78
Figura 18: <i>Cynophalla flexuosa</i> “Margarito”.....	79

Figura 19: <i>Armatocereus cartwrightianus</i> “Cardo maderero”.....	80
Figura 20: Profundidad de hoyo.....	81
Figura 21: Toma de muestra de suelo.....	81
Figura 22: Ensayo granulométrico.....	82
Figura 23: Método de Bouyoucos.....	82
Figura 24: Ensayo contenido de humedad.....	82
Figura 25: Ensayo densidad real.....	83
Figura 26: Ensayo pH y conductividad eléctrica.....	83
Figura 27: determinación de materia orgánica.....	83
Figura 28: Subparcela de latizales.....	84
Figura 29: Sub parcela de brinzales.....	84
Figura 30: Medición de brinzal de palo santo.....	85
Figura 31: Subparcela de cactáceas (<i>Cereus dffusus</i>).....	85

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Coordenadas área de concesión forestal.....	60
Anexo 2: Variables de Estructura y diversidad arbórea.....	61
Anexo 3: Datos de campo del inventario.....	66
Anexo 4: Clase diamétrica y altimétrica.....	72
Anexo 5: Análisis físico – químico del suelo.....	73
Anexo 6: Correlación de Pearson.....	74
Anexo 7: Fotografías.....	75

RESUMEN

El aprovechamiento insostenible del bosque seco de la costa Norte y el insipiente conocimiento sobre los factores ambientales que contribuyen a su conservación; implica la fragmentación y degradación de este ecosistema. En ese sentido, el objetivo es determinar la relación de las características del suelo con la composición, diversidad y estructura arbórea en el área de concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes (Untumbes). Mediante un muestreo sistemático se establecieron 13 parcelas. Las especies han sido tomadas a partir de un diámetro a la altura del pecho de 5 cm; con muestras compuestas de suelo para los análisis físico - químicos. La vegetación arbórea está constituida por 4 familias (*Anacardiaceae*, *Burseraceae*, *Capparaceae* y *fabaceae*) y 6 especies (*Bursera graveolens*, *Caesalpinia paipai*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterygium huasango* y *Prosopis pallida*); de esta comunidad forestal *Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai* y *Bursera graveolens*, son las representativas por su importancia ecológica. Su densidad poblacional es de 47,7 ind./ha y el 54 % del suelo se encuentra bajo cobertura. La distribución diamétrica presenta una tendencia en forma de "J" invertida; con una distribución altimétrica en el estrato medio e inferior. Con una participación casi equitativa entre *Caesalpinia paipai* (29,1 %), *Bursera graveolens* (26,5 %) y *Prosopis pallida* (25,6 %) en el índice de valor de importancia. Un índice de diversidad de Shannon – Wiener (0 – 1,39) y Simpson (0 – 0,75). La clase textural es franco arenosa y franco arcillo arenosa. Las características del suelo como: % contenido de humedad, densidad aparente, % arena y % materia orgánica; influyen significativamente en la composición, estructura y diversidad arbórea, siendo las variables que pueden explicar la presencia/ausencia de especies y el número de individuos en el área de estudio.

Palabras clave: bosque seco, distribución especies, estructura horizontal, estructura vertical, monte espinoso, bosque tipo sabana.

ABSTRACT

The unsustainable use of the dry forest of the North coast and the incipient knowledge about the environmental factors that contribute to its conservation; imply the fragmentation and degradation of this ecosystem. In this sense, the objective is to determine the relationship of soil characteristics with composition, diversity, and tree structure in the forest concession area of the National University of Tumbes (Untumbes). 13 plots were established through systematic sampling. The species have been taken from a diameter at breast height of 5 cm; with composite soil samples for physical-chemical analyses. The tree vegetation is composed of four families (*Anacardiaceae*, *Burseraceae*, *Capparaceae* y *fabaceae*) and six species (*Bursera graveolens*, *Caesalpinia paipai*, *Colicodendron scabridum*, *Cynophalla flexuosa*, *Loxopterygium huasango* y *Prosopis pallida*). *Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai*, and *Bursera graveolens* represents this forest community due to their ecological importance. Its population density is 47.7 individuals/ha, and 54% of the soil is under cover. The diameter distribution presents a trend in the form of an inverted J with an altimetric distribution in the middle and lower strata. With almost equitable participation between the black charan (29.1%), *Bursera graveolens* (26.5%), and carob tree (25.6%) species in the importance value index. A diversity index of Shannon – Wiener (0 – 1.39) and Simpson (0 – 0.75). The textural class is sandy loam and sandy clay loam. Soil characteristics such as % moisture content, apparent density, % sand, and % organic matter; significantly influence the composition, structure, and tree diversity, variables that can explain the presence/absence of species and the number of individuals in the study area.

Keywords: dry forest, species distribution, horizontal structure, vertical structure, thorn woodland, savanna forest.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una extensión de bosque aproximada del 60 % del territorio; de los cuales los bosques secos representan el 4,7 % (PNCBMCC, 2018). Una característica peculiar de este ecosistema es que un gran porcentaje de sus especies vegetales pierden estacionalmente sus hojas; como un mecanismo de adaptación a las condiciones de escasa precipitación en un periodo del año (Aguirre, 2019); siendo las condiciones climáticas y el suelo factores ambientales relevantes en su estudio (Cueva Ortiz et al., 2019). El bosque seco es un ecosistema vulnerable y se enfrenta a una presión permanente debido a las actividades antrópicas de la población asentada y foránea, bajo un sistema de actividades insostenibles (aprovechamiento de madera y productos no maderables, cambio de uso del suelo por su conversión a cultivos agrícolas, sobre pastoreo sobre todo de ganado bovino y caprino, otros) que afectan su estructura y funcionalidad, alterando la dinámica y sucesión; con pérdidas irreparables de biodiversidad, erosión de suelo y su calidad de sitio (Zarco-Espinosa et al., 2010). Pongamos por caso Linares-Palomino (2005) quien concluye que la distribución de 4 especies forestales dentro del Parque Nacional Cerros de Amotape puede deberse a las características del suelo, factores microclimáticos, extracción de madera, conversión de tierras, y el pastoreo. En contraste, Cárdenas-Torres (2014) sostiene que las iniciativas privadas de conservación de bosque, con una visión de aprovechamiento futuro, por parte de las poblaciones, tienen un rol preponderante en la abundancia de individuos dentro de un ecosistema forestal.

No obstante, el aporte ambiental, social y económico de este ecosistema es fundamental por los bienes y servicios ecosistémicos que provee. A pesar de la relevancia de este ecosistema, no se tiene la suficiente información que permita una adecuada planificación (PNCBMCC, 2018). Motivo por el cual SERFOR (2020) en

su eje temático 3 prioriza la ejecución de investigaciones en la identificación de especies forestales para la recuperación, rehabilitación y restauración de ecosistemas forestales, y la caracterización y manejo de suelos de los ecosistemas forestales degradados.

Por esta razón la Universidad Nacional de Tumbes comprometida con la conservación y el manejo de bosques, tiene un área de concesión de 127,6 hectáreas, aprobada mediante Resolución Directoral N°154-2012/GOB.REG.TUMBES-DRAT-D, donde se desarrollan prácticas e investigación por los estudiantes y docentes, de pre y post grado, generando el conocimiento que oriente el manejo y conservación sostenible del ecosistema. En ese contexto, ha sido denominada por Resolución N° 0953-2019/UNTUMBES-CU como “Taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco”. De modo que el estudio de la relación de las características del suelo con la composición, diversidad y estructura florística arbórea en el área de concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes, haciendo énfasis en la zona de vida monte espinoso, contribuirá a la gestión y manejo del área y por ende a la provisión permanente de bienes y servicios. Por otra parte, servirá de insumo para los tomadores de decisiones en políticas públicas, investigadores, población y para las acciones de restauración del ecosistema bosque seco, incorporando herramientas como el manejo, la gestión, silvicultura, reforestación, entre otros.

En tal sentido, se ha llevado a cabo un inventario forestal que ha permitido clasificar las especies por su taxonomía; aplicando índices de similitud y desimilitud de especies, del mismo modo conocer su estructura horizontal y vertical. Para finalmente enlazar esta información con las características físicas y químicas del suelo determinando así la relación que existe entre las especies forestales, su distribución y los parámetros edáficos como: granulometría, textura, contenido de humedad, densidad, porosidad, pH, conductividad eléctrica y materia orgánica.

CAPITULO II

2. ESTADO DEL ARTE

El estudio de la comunidad forestal de un bosque permite circunscribir la vegetación arbórea en un espacio geográfico y conocer sus características particulares en el tiempo, constituyéndose en una línea base para analizar el enriquecimiento o la fragmentación del ecosistema en el futuro (Narváez-Espinoza et al., 2015). En ese contexto el área de concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes no cuenta con estudios similares que genere una línea base de análisis presente y futuro.

El área de estudio es un ecosistema de bosque estacionalmente seco de llanura (MINAM, 2019) constituido por una asociación entre árboles, arbustos, matorrales, cactáceas y hierbas efímeras (PNCBMCC, 2018). Asimismo este ecosistema presenta una cobertura forestal caracterizada como bosque seco tipo sabana (Ambiente, 2015). Distinguiéndose por la presencia de *Prosopis pallida* y *Colicodendron scabridum*; arbustos como *Cordia lutea* y comunidades de suculentas de porte columnar como *Armatocereus*. Finalmente, este espacio ha sido categorizado como una zona de vida matorral desértico premontano tropical (transicional a matorral desértico) (INRENA, 1995). No obstante, Aybar Camacho and Lavado-Casimiro (2017) han puesto de manifiesto que el área de estudio pertenece a la zona de vida monte espinoso y al sub-bioma monte espinoso basal tropical, a raíz que su análisis se basa en datos de estaciones meteorológicas de 30 años.

Para determinar el grado de heterogeneidad e importancia ecológica de un bosque se requiere realizar un inventario forestal con el propósito de obtener las variables cualitativas y cuantitativas; así como las características estructurales, de diversidad y composición que definen la dinámica de éste y nos brinde una visión general del

ecosistema y de su grado de conservación (Alvis Gordo, 2009; García et al., 2021; Mendoza, 2013).

Louman (2001) sostiene que tanto el suelo como el clima, así como la capacidad de adaptación de las especies frente a los disturbios en su dinámica definen la estructura horizontal, que se manifiesta a través de la distribución diamétrica. Por otro lado Valerio and Salas (1998) define la estructura vertical como “*la distribución de los individuos a lo alto del perfil. Esta distribución responde a las características de las especies que la conforman y a las condiciones microclimáticas que varían al moverse de arriba abajo en el perfil: radiación, temperatura, viento, humedad relativa, evapotranspiración y concentración de CO₂*”. Cárdenas-Torres (2014) manifiesta que el plano vertical es fundamental para comprender la arquitectura de un ecosistema, su desarrollo y el estado sucesional.

Cueva Ortiz et al. (2019) sostiene que la precipitación y el índice de presión humana son los predictores más importantes de las condiciones de salud del bosque. Otro aspecto que resalta es la temperatura media anual y pedregosidad, quienes influyen sólo en el área basal y el número de individuos, respectivamente. Por último, menciona que el pastoreo de ganado no afecta significativamente la diversidad y estructura de bosque maduro en el área de su estudio (Parte central de la región Tumbesina).

La relación existente entre las características físicas y químicas del suelo y la vegetación arbórea en un ecosistema, puede ser directa o inversamente proporcional. Brunet et al. (2000) sostiene que la reacción del suelo, su contenido de nitrógeno y su humedad son factores que explican la distribución de las especies vegetales, en ese orden de prelación. Es así que, un suelo con una clase textural que presenta un mayor porcentaje de limo tiene una influencia positiva sobre la vegetación leñosa; asimismo, la abundancia y altura de los árboles se asocia con los valores altos de nitrógeno, materia orgánica y fósforo en zonas altas donde la vegetación se encuentra en un mejor grado de conservación a diferencia de las zonas bajas y medias intervenidas (Moreno-Jiménez et al., 2017). Por su parte, Roth

et al. (2004) afirma que una comunidad de cactáceas muestra una mayor diversidad cuando los parámetros de conductividad eléctrica son mayores y hace referencia además, a que existe un valor máximo sobre el cual la densidad de cactáceas tiende a disminuir por la presencia excesiva de macronutrientes como el fósforo y el potasio.

No obstante, esta relación puede variar dependiendo de la comunidad forestal, por ejemplo: la influencia que tiene el K, Ca, P, la capacidad de intercambio de cationes (CEC) y el índice de fertilidad del suelo con respecto a la riqueza de especies arbóreas es inversamente proporcional en un bosque tropical; hecho contrario sucede en un bosque templado. Pongamos por caso las hierbas dentro de un ecosistema forestal donde se puede obtener una correlación satisfactoria con el índice de fertilidad del suelo y P, así pues las hierbas pueden ser indicadores de un suelo sano y fértil (Nadeau & Sullivan, 2015).

Otro punto que resaltar es que el ecosistema forestal no sólo está constituido por árboles, sino que además, existen otros organismos o microorganismos que actúan directamente sobre éstos y se ven vinculados por estas características del suelo. En particular las comunidades de bacterias presentes en el suelo tienen una relación beneficiosa con los nutrientes del suelo en un contexto de diferencia altitudinal, situación contraria con los hongos (Franca et al., 2016).

En otras palabras estas características físicas y químicas del suelo se convierten en los factores limitantes en el crecimiento y desarrollo de las comunidades bióticas dentro de un ecosistema forestal; esto en razón a que sus parámetros pueden variar por las condiciones cambiantes del ambiente, que puede darse por acción natural o antropogénica. Chaturvedi et al. (2013) analizó la relación existente entre el crecimiento de plántulas de un bosque tropical seco con la disponibilidad de agua en el suelo forestal, encontrando una conexión positiva entre el crecimiento de las plántulas y las características de sus hojas (como un mecanismo de enfrentar el estrés) y el contenido de humedad del suelo estacional. Asimismo, determinó la plasticidad que presentan algunas especies frente a este parámetro.

Además hay que tener en cuenta que el relieve, la topografía, los gradientes microclimáticos son factores que inciden sobre estos parámetros edáficos, dicho de otro modo, estos factores actúan indirectamente sobre la estructura, diversidad y composición arborea en un ecosistema forestal (Leal-Pinedo & Linares-Palomino, 2005; Zarco-Espinosa et al., 2010).

En este contexto se hace imperiosa la necesidad de conocer el comportamiento de las especies forestales del bosque seco en razón de las características del suelo por la insuficiente información sobre el tema.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación de acuerdo al fin que se persigue es de tipo aplicada. Y en relación al enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa, descriptiva, y correlacional; puesto que brinda información de la relación del suelo y la estructura y diversidad arbórea, sin influir en las variables. La figura 1 pretende representar esquemáticamente las variables estudiadas y el objetivo del trabajo de investigación.

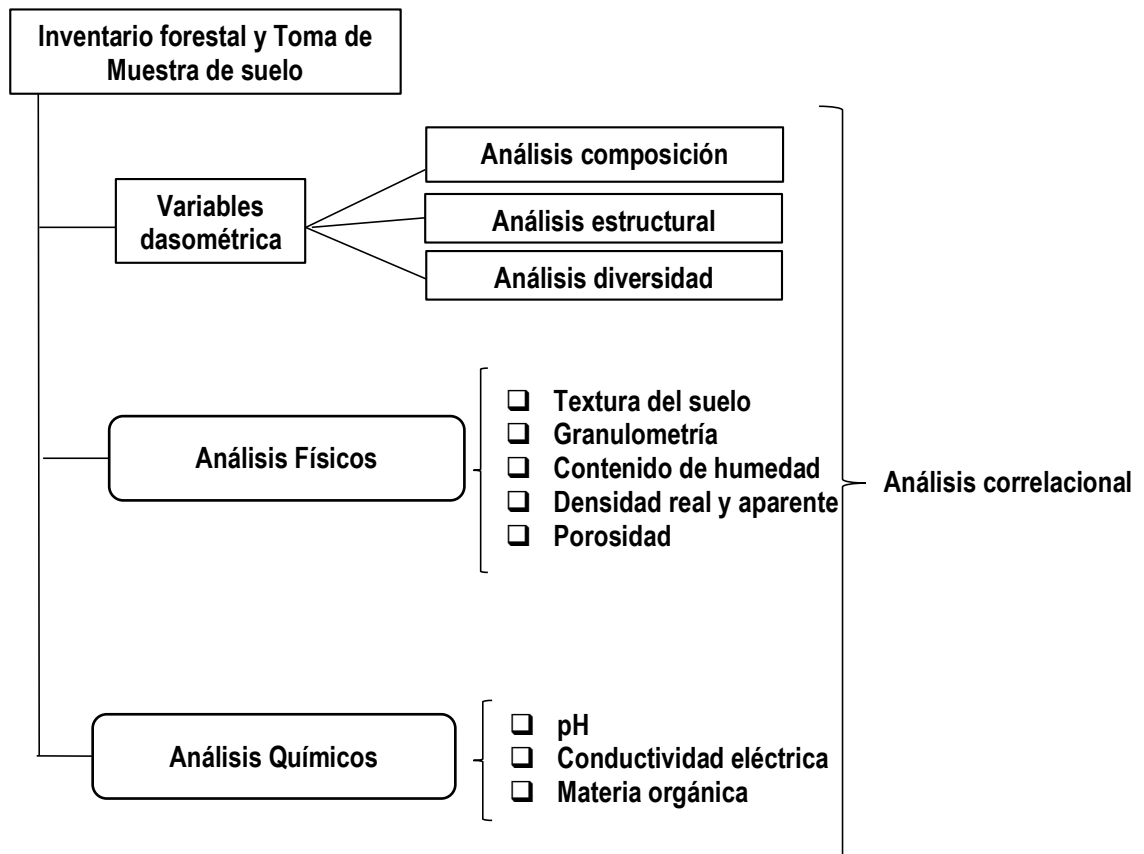


Figura 1. Representación esquemática de las variables a correlacionar

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está representada por los elementos presentes dentro del área total de la concesión forestal de conservación de la Universidad Nacional de Tumbes, que comprende 127,6 hectáreas. En el anexo 1 se presenta los vértices que delimitan el área de concesión forestal de la Untumbes. Mientras que las muestras se circunscriben al interior de las unidades de muestreo.

3.3 UNIDADES DE MUESTREO

Mediante Resolución N° 0168-2019/UNTUMBES-R, se establecieron 13 centroides y parcelas o unidades de muestreo, distribuidos de forma sistemática para la investigación y evaluación permanente de: crecimiento, fenología y oferta ambiental o productividad de especies forestales; utilizando el diseño propuesto por Hutchinson (1993). Con datum horizontal del sistema Provisional Sudamericano 1956 (PSAD56), zona 17 (ver Figura 3).

Haciendo uso de estos centroides se establecieron unidades de muestreo de 50 m x 50 m (ver Figura 2). Su delimitación consistió en ubicar el centroide con el GPS. Posteriormente, con la ayuda de una brújula brunton y una cinta métrica, se recorrió una distancia de 25 m en dirección Norte, luego se giró en dirección Oeste y recorrió una distancia de 25 m estableciendo un primer punto (vértice 1 de la parcela), asimismo se colocó una estaca; después, con la ayuda de la brújula, se avanzó en línea recta hacia el vértice 4 (dirección Sur), donde se colocó otra estaca. Se continuó avanzando al vértice 3 (dirección Este), para finalmente dirigirnos en dirección Norte al vértice 2, cerrando de esta forma la parcela.

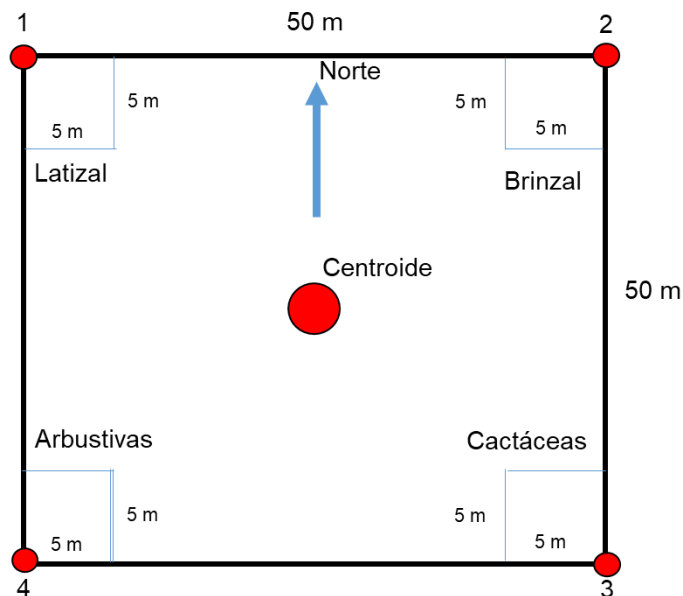


Figura 2. Parcela y subparcelas de muestreo

En razón al tipo de ecosistema y zona de vida, se ha tomado lo indicado por SERFOR en el inventario nacional forestal y de fauna silvestre considerando 4 estratos (arbóreo, fustal, latizal y brinzal). En la parcela de 50 m x 50 m se evaluaron los árboles ($DAP \geq 10$ cm) y fustales ($5 \text{ cm} \geq DAP < 10$ cm). Además, se evaluó los brinzales, latizales, cactáceas y arbustivas en subparcelas de muestreo de 5 m x 5 m, cuya distribución se muestra en la Figura 2.

3.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el análisis de la estructura del bosque (en el marco del documento publicado por el Ministerio del Ambiente del Perú “Guía de inventario de la flora y vegetación”) se tomaron los datos como: número de individuos/especie por parcela, diámetro a la altura del pecho (DAP), 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 (ver anexo 2).

El perfil horizontal y vertical está representado por una fracción del bosque, en dirección Oeste – este, habiéndose considerado las unidades de muestreo P1, P3, P4, P6, P9 y P12, por encontrarse en la parte central del área de concesión, haciendo un área segmentada de 50 m x 300 m. Para ello fue necesario posicionar las especies forestales con un DAP \geq 5 cm dentro de la parcela con un mayor grado de precisión. Motivo por el cual, se midió la distancia de cada árbol respecto del centroide y el ángulo de azimut formado entre éstos.

3.5 ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

Para el análisis de diversidad del bosque (en el marco del documento publicado por el Ministerio del Ambiente del Perú “Guía de inventario de la flora y vegetación”), 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 (ver anexo 2).

3.6 DESCRIPCIÓN SANITARIA

Para evaluar el estado de salud de las especies, se ha considerado la presencia de signos y/o sintomatología visible en las partes vegetativas.

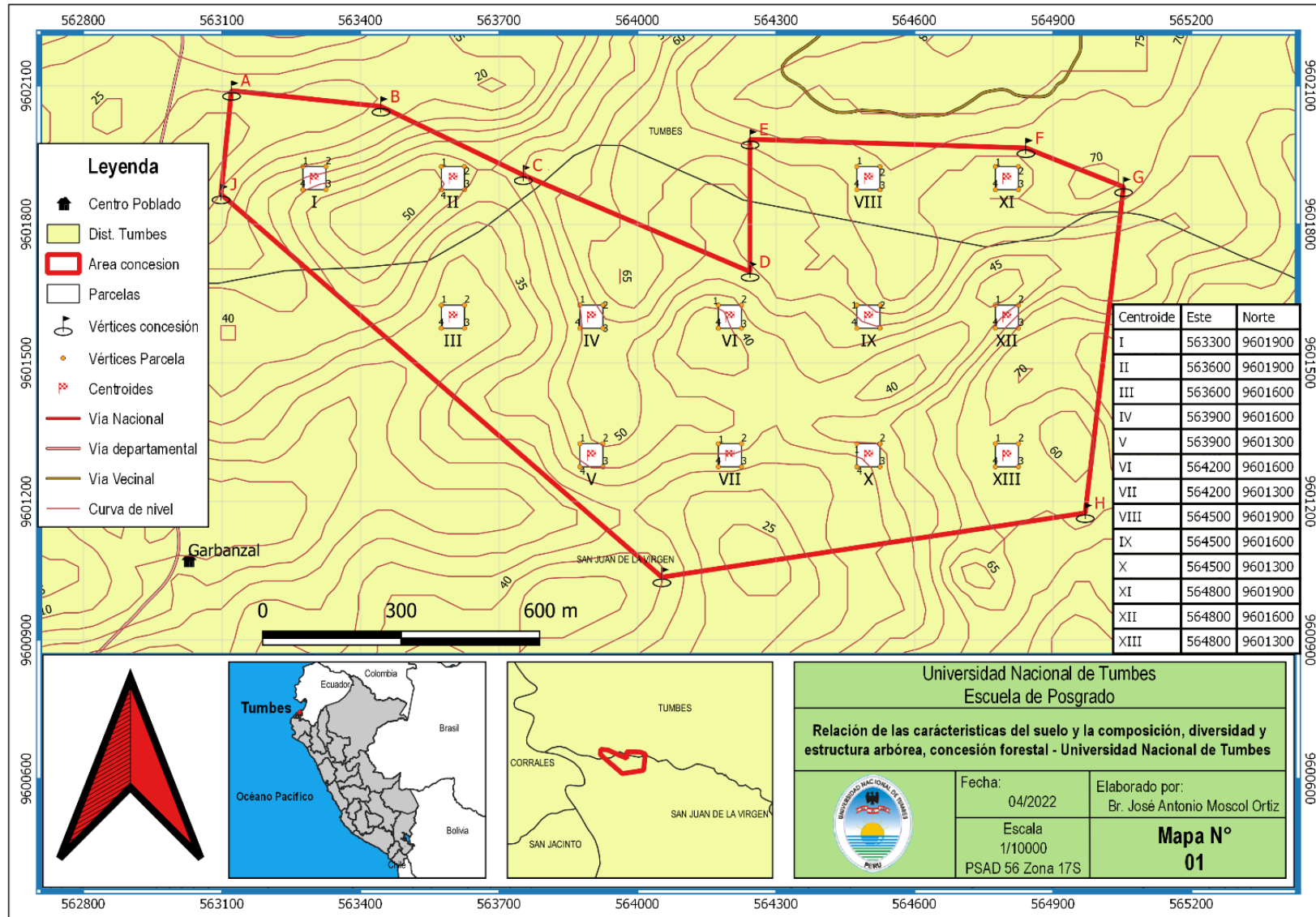


Figura 3. Mapa de Ubicación de parcelas de muestreo

3.7 SUELO

3.6.1. TOMA DE MUESTRA DE SUELO

El muestreo fue irregular en forma de X; este arreglo se recomienda para superficies en forma cuadrada (MINAM, 2014). Con la ayuda de una brújula y una cinta métrica se estableció el lugar de obtención de las submuestras dentro de la parcela (ver Figura 4). Para la toma de muestra primero se desechó los 5 cm superficiales de suelo que se corresponden con el horizonte O. Posteriormente se excavó hasta una profundidad de 20 cm y se tomó la muestra de suelo de lado. Se homogenizaron las 05 submuestras de suelo y se tomó 2 kg de la mezcla, se colocó en una bolsa ziploc con cierre hermético, se rotuló y etiquetó, obteniéndose un total de 13 muestras.

Una vez tomadas las muestras se procedió a su recepción en el laboratorio para los análisis correspondientes.

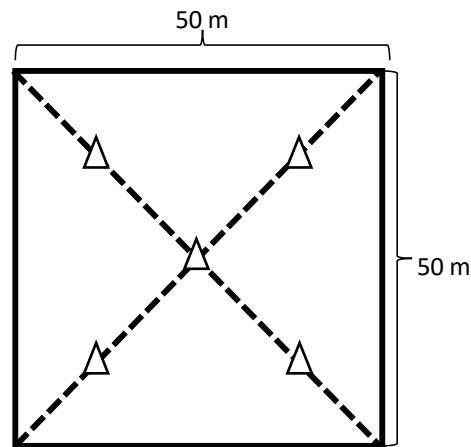


Figura 4. Obtención de muestra compuesta de suelo

3.6.2. PARÁMETROS FÍSICOS

a. GRANULOMETRÍA

En primer lugar se pesarán 100 g de suelo, el mismo que fue previamente secado en estufa por 48 horas a 105 °C. Seguido se colocó el suelo seco en tamices de diferentes medidas y ordenados de mayor a menor (2 000 μm / 1 000 μm / 250 μm / 150 μm / 125 μm / 75 μm / <75 μm). Durante 5 minutos se tamizó en una tamizadora eléctrica digital. Finalmente se pesó el suelo contenido en cada tamiz en una balanza analítica digital. Los resultados se muestran en porcentaje.

b. Textura

El análisis textural se ha desarrollado siguiendo la metodología de bouyoucos. Se pesarán 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, además, la temperatura de la suspensión; con esta lectura se calculó el contenido de arena (A%) con la Fórmula:

$$A(\%) = 100 - \left(\frac{\text{Lectura corregida } 40s}{\text{Peso muestra}} \times 100 \right) \quad \boxed{\text{F. 1}}$$

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

$$Ar(\%) = \frac{\text{Lectura corregida } 2h}{\text{Peso muestra}} \times 100 \quad \boxed{\text{F. 2}}$$

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

$$L(\%) = 100 - [A(\%) + Ar(\%)]$$

F. 3

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

c. Densidad real y aparente

Para determinar la densidad real, que es la relación del peso del suelo con respecto al volumen que ocupa, 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.

$$Dr = \frac{P_{ss}}{V_s}$$

F. 4

Donde: Dr = densidad real (g/ cm³)

P_{ss} = peso de suelo seco al horno (g)

V_s = volumen suelo (cm³)

La densidad aparente, que considera la estructura del suelo, se calculó mediante el método del cilindro; el cual consiste en introducir un cilindro de fierro 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.

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_c}$$

F. 5

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

d. Porosidad

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

$$P (\%) = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100$$

F. 6

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

3.6.3. PARÁMETROS QUÍMICOS

a. 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.

b. 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 Silva, 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:

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

F. 7

3.8 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de estructura, diversidad y correlación de las variables estudiadas se hizo uso de los programas: Microsoft Excel, software Past 4.03 y originlab 2019b. Asimismo, para la elaboración de los mapas se hizo uso del software Qgis 3.22.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estrato arbóreo se han registrado 4 familias (*Anacardiaceae*, *Burseraceae*, *Capparaceae* y *fabaceae*), 6 géneros (*Bursera*, *Caesalpinia*, *Colicodendron*, *Cynophalla*, *Loxopterygium* y *Prosopis*) y 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 Mendoza, 2012; Chicoma Roca, 2018; List, 2013). La familia *fabaceae* es la más representativa por presentar más géneros e individuos. Leal-Pinedo and Linares-Palomino (2005) también registraron a la familia *leguminosae* como la más representativa en un estudio realizado en la Reserva de Biosfera del Noroeste (RBNO), por ser una de las familias más numerosas.

Galarza (2013) encontró dentro de su inventario en el área de concesión de la Untumbes la especie *Parkinsonia praecox* “Palo verde” en la zona oeste del área, esto puede deberse a la intensidad de muestreo aplicada del 5 % con empleo de parcelas rectangulares de 20 m x 500 m, dando lugar a incorporar especies con una baja población de individuos.

En cuanto a la familia *Cactaceae* se registran 3 especies *Armatocereus cartwrightianus* (Britton & Rose) Backeberg ex A.W. Hill. “Cardo maderero”, *Cereus diffusus* (Britton & Rose) Werderm “Cardo gateado” y *Opuntia macbridei* Britton & Rose. “Cardo de pencas” (Infante, 2018; List, 2013; Ostolaza Nano, 2014; Sabogal & Zerbe, 2005).

Las especies arbustivas se encuentran representadas por 2 familias (*fabaceae* y *boraginaceae*), siendo las siguientes especies: *Piptadenia flava* (Spreng. ex DC. Benth) “Sierrilla” y *Cordia lutea* Lam. “Overal” (Aguirre Mendoza, 2012; List, 2013). Es preciso mencionar que durante el recorrido fueron observadas al interior del área de concesión pero fuera de las unidades de evaluación las especies *Pithecellobium excelsum* “quirquinche” y añalque “*Coccoloba* sp.” (Chicoma Roca, 2018).

Asimismo, en concordancia con la categorización de especies amenazadas de flora silvestre aprobada mediante decreto supremo N° 043-2006-AG, se cuenta con especies en categoría de peligro crítico: *Bursera graveolens*, *Loxopterygium huasango*, *Colicodendron scabridum* y vulnerable: *Prosopis pallida*. En consecuencia, el taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco de la Untumbes toma relevancia como un espacio de conservación e investigación de la dinámica forestal de estas especies y el ambiente donde se desarrollan.

4.1. ANÁLISIS DE ESTRUCTURA

La estructura horizontal permitió analizar el comportamiento de las especies e individuos y su distribución espacial. En la tabla 1 se observa un total de 47,7 ind./ha, de los cuales el 54,2 % son árboles, siendo la especie más abundante *Caesalpinia paipai*, seguido de *Bursera graveolens*. Este resultado es similar al reportado en el inventario nacional forestal en los departamentos de Piura y Tumbes (a partir de 5 cm DAP) de 44 ind./ha (Ambiente, 2015). En cuanto a los fustales la especie que predomina es *Prosopis pallida*, consecutivo de *Bursera graveolens*. Esto muestra en primer término que la comunidad forestal se encuentra en un proceso de crecimiento y desarrollo, donde los fustales juegan un rol preponderante en la conservación del ecosistema del área de concesión, dado que se encuentran en proporción a las especies adultas.

Tabla 1. Resultado de inventario forestal en ha

Variable	Alg	Ch	Pal	Hua	Mar	Sap	Total/ha
N° árboles/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° fustales/ha	13,85	2,46	4,31	0,31	0,31	0,62	21,85
AB fustales m ² /ha	0,05	0,01	0,02	0,002	0,002	0,003	0,09
Vol. fustales m ³ /ha	0,33	0,10	0,09	0,004	0,01	0,01	0,56

Algarrobo (Alg), Charán negro (Ch), Palo santo (Pal), Hualtaco (Rasal Sánchez et al.), Margarito (Mar) y Sapote (Sap).

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 Vásquez (2021) que mediante un modelo alométrico estimó el aprovechamiento realizado en el área de estudio de *Prosopis pallida*, teniendo como resultado 132 tocones, con una mayor frecuencia dentro de la clase diamétrica comprendida entre 7 cm y 26 cm, con un consumo anual estimado de madera de 14,47 m³.

A propósito del área basal resalta el hecho que *Loxopterygium huasango* a pesar de tener una menor densidad poblacional (2,77 ind./ha) a comparación de *Prosopis pallida* (17,54 ind./ha), el área basal de la primera es superior (0,142 m²/ha) respecto de *Prosopis pallida* (0,13 m²/ha), debido a que los individuos inventariados presentaron un mayor diámetro a la altura del pecho; es decir, *Loxopterygium huasango* está representada principalmente por individuos adultos.

Un elemento importante en la evaluación de un bosque es el estrato inferior, es así que en las subparcelas de evaluación de brinzales se encontraron 5 especies: *Caesalpinia paipai* (707,7 ind./ha con una altura promedio de 19,7 cm), *Prosopis pallida* (492,3 ind./ha con una altura promedio de 37,5 cm), *Bursera graveolens* (184,6 ind./ha con una altura promedio de 32,8 cm), *Loxopterygium huasango*

(30,8 ind./ha con una altura promedio de 66 cm) y *Colicodendron scabridum* (30,8 ind./ha con una altura promedio de 94 cm).

En cuanto al estrato latizal evaluado en las subparcelas se tiene *Prosopis pallida* con 307,7 ind./ha con una altura promedio de 1,69 m y un diámetro promedio a 30 cm del suelo de 2,07 cm. Asimismo se encontró a *Bursera graveolens* con 215,4 ind./ha con una altura promedio de 1,19 m y un diámetro promedio a 30 cm del suelo de 2,22 cm.

El hecho que no se haya registrado brinzales de *Cynophalla flexuosa* puede deberse a la baja densidad poblacional que ésta especie presenta en el área. Esto podría revertirse si se considera un área mayor de muestreo. Para el caso de los latizales, las especies no registradas están conformadas por: *Caesalpinia paipai*, *Loxopterygium huasango*, *Colicodendron scabridum* y *Cynophalla flexuosa*. Es posible que se requiera un área de evaluación superior a la planteada en este trabajo, debido a las características que se presentan de estructura y relación con el entorno.

Dentro de las cactáceas se registró las especies: cardo de pencas (246,2 ind./ha con una altura promedio de 0,96 m), cardo gateado (184,6 ind./ha con una altura promedio de 0,6 m) y cardo maderero (92,3 ind./ha con una altura promedio de 3,7 m). Infante (2018) encontró 103,9 ind./ha de cardo gateado, 90,4 ind./ha de cardo maderero y 109,6 ind./ha de cardo de pencas; esto en razón a un área de muestreo superior al realizado en el presente trabajo. Sabogal and Zerbe (2005) menciona que éstas cactáceas se encuentran en áreas altamente pastoreadas, asociándose a especies arbustivas y arbóreas. En el área de concesión se ha observado personas pastoreando al interior y exteriores de la concesión; ésto puede explicar la abundancia de estas especies en el área de estudio.

Finalmente las especies arbustivas evaluadas corresponden a overall (677 ind./ha con 1,7 m de altura promedio) y sierrilla (123,1 ind./ha con 3,5 m de altura promedio).

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 2 024,97 m² (38 %), seguido de *Prosopis pallida* y *Bursera graveolens* con 1 544,35 m² (29 %) y 1 363,03 m² (25 %), respectivamente. La diferencia estuvo ocupada por *Loxopterygium huasango* 319,16 m² (6 %), *Cynophalla flexuosa* 83,07 m² (2 %) y *Colicodendron scabridum* 24,82 m² (0,5 %).

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 la zona Sureste del área de concesión se encuentra con mayor cobertura debido a la abundancia de individuos que presenta; esto aun cuando dentro de la parcela P6 y alrededores (1,08 ha), se ha arado el suelo eliminando las hierbas, arbustos y algunos árboles, es decir; se ha hecho un cambio de uso del suelo para agricultura estacional. Caso similar se presenta en la zona de la parcela 10, donde se ha cercado un área aproximada de 1 ha. Estas intervenciones conllevan a una fragmentación del ecosistema en un futuro cercano.

b. Índice de valor de importancia

La especie ecológicamente más importante en el taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco de la Untumbes en función del índice de valor de importancia es: *Caesalpinia paipai*, en razón a su dominancia relativa, demostrando además que es una de las especies que se encuentra distribuida de forma más homogénea; en segundo lugar, se posiciona *Bursera graveolens* sobre *Prosopis pallida* a consecuencia también de su dominancia relativa. Finalmente, *Loxopterygium huasango*, *Cynophalla flexuosa* y *Colicodendron scabridum* ocupan los últimos lugares a consecuencia de su abundancia numérica en el área de estudio.

Tabla 2. 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 %

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, en otras palabras, aprovechan mejor la energía que ingresa al ecosistema y los nutrientes del mismo; la ausencia de estas especies podría trastocar la estabilidad del ecosistema (García et al., 2021).

c. Distribución diamétrica

En la figura 5 se observa una tendencia en forma de una “J” invertida, propio de una estructura discetánea o irregular (Goicochea Larrea, 2019; Louman, 2001) de un bosque ecuatorial (Arismendiz, 2015), lo que evidencia que el área de concesión forestal se encuentra en un proceso de recuperación y crecimiento (Aguirre Mendoza et al., 2017), dado que el mayor número de individuos por hectárea están concentrados en la clase 1 (ver anexo 4), representando el 47 % de los individuos, haciéndose notorio la reducción de los individuos a medida que la clase diamétrica aumenta. Adicionalmente podemos afirmar que de este porcentaje *Prosopis pallida* tiene una mayor participación.

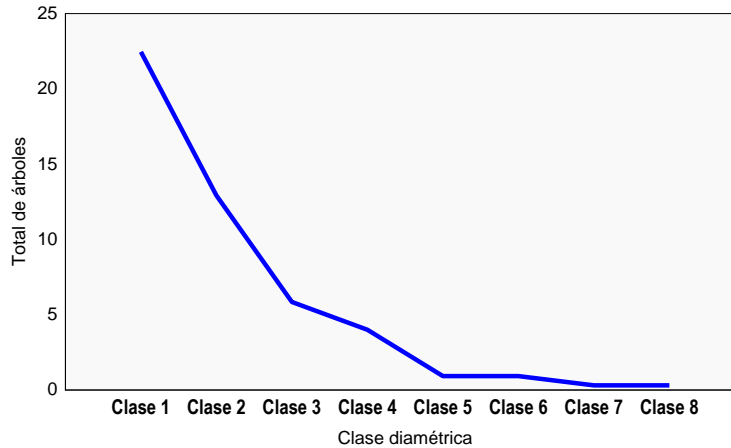


Figura 5. Distribución diamétrica

d. Distribución altimétrica

La distribución de altura se ha dado dentro de 8 intervalos, de los cuales 3 acumulan la mayor cantidad de individuos (40). *Prosopis pallida* es la especie que destaca entre 4,02 - 5,38. En cuanto a *Bursera graveolens* es la especie que sobresale entre 5,38 – 6,72.

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 (*Caesalpinia paipai*, *Loxopterygium huasango* y *Prosopis pallida*). 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 Larrea, 2019).

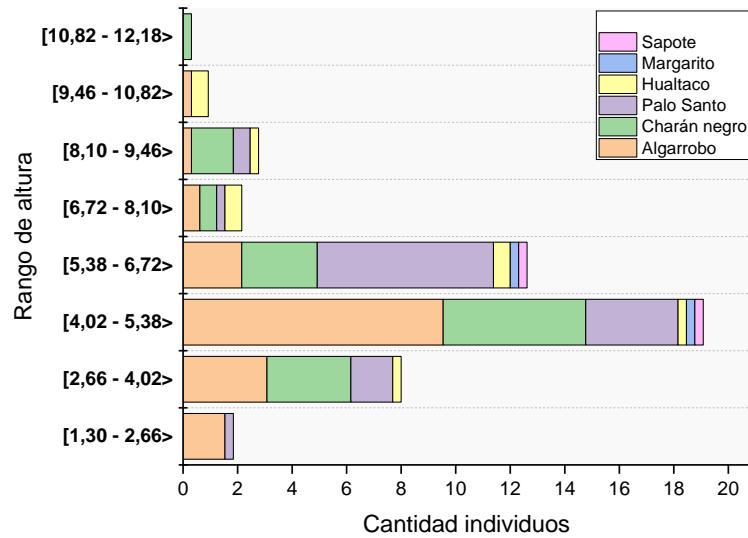


Figura 6. Distribución altimétrica

e. Perfil horizontal y vertical

En la Figura 7 se presenta el perfil horizontal y vertical del bosque considerando las parcelas P1, P3, P4, P6, P9 y P12; las cuales han sido elegidas por encontrarse en la parte central del área de concesión y con el propósito de mostrar la estructura del ecosistema, considerando el estrato fustal y arbóreo.

En el perfil horizontal se aprecia un enmarañamiento de copas en las parcelas P9 y P12, mientras que en las parcelas P1, P3, P4 y P6 se observan claros en el bosque. Asimismo, se observa la dispersión de las especies forestales y su agrupación. Por ejemplo: se evidencia que la especie *Prosopis pallida* se encuentra en todas las parcelas que conforman el perfil, lo que hace notar su grado de dispersión (dirección Oeste - Este). Asimismo, se observa que *Bursera graveolens* y *Prosopis pallida* son las especies con un mayor grado de agrupamiento.

En el perfil vertical se aprecia la distribución de los árboles de acuerdo a sus necesidades de luz y en razón a la posición de su copa se puede denominar que *Loxopterygium huasango* es emergente dentro del conjunto de individuos en el estrato superior, con una competencia interespecífica por luz directa

fundamentalmente con *Prosopis pallida*; este estrato se encuentra representado sólo por el 7 % de los individuos dentro del perfil vertical. En el estrato medio, que representa el 32 % de los individuos, la competencia es mucho mayor entre *Bursera graveolens*, *Prosopis pallida* y *Caesalpinia paipai*; quienes ocupan una posición codominante. Finalmente, el estrato inferior, donde se encuentra el 61 % de los individuos en crecimiento, es el estrato más denso; donde *Colicodendron scabridum* ocupa una posición bajo el dosel.

4.2. ANÁLISIS DE DIVERSIDAD

a. Diversidad Alfa (Riqueza)

El área de concesión presenta diferencias en cuanto a la riqueza de especies, es así que la P11 es la más diversa con la presencia de 5 de las 6 especies registradas en las parcelas de evaluación (*Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai*, *Bursera graveolens*, *Loxopterygium huasango* y *Colicodendron scabridum*). Mientras que las parcelas menos diversas se encuentran representadas por P1 (*Prosopis pallida*), P5 (*Caesalpinia paipai*) y P8 (*Bursera graveolens*). MINAM (2019) sostiene que una de las características de este ecosistema subárido caducifolio es tener pocas especies con una marcada homogeneidad y un espaciamiento extenso entre árboles; esta aseveración se confirma en el presente estudio.

Tabla 3. Índice de diversidad de Shannon – Wiener y Simpson

Parcela	N° especie:	N° individuo:	Índice de Shannon – Wiener	Índice de diversidad Simpson_1-D
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

b. 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 ó $1/25,8$; 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. Considerando la acumulación de especies desde P1 hasta P13 denota que es factible la disminución de la intensidad de muestreo con parcelas más pequeñas. Chicoma Roca (2018) registró la misma riqueza en parcelas de 20 m x 20 m considerando los mismos centroides.

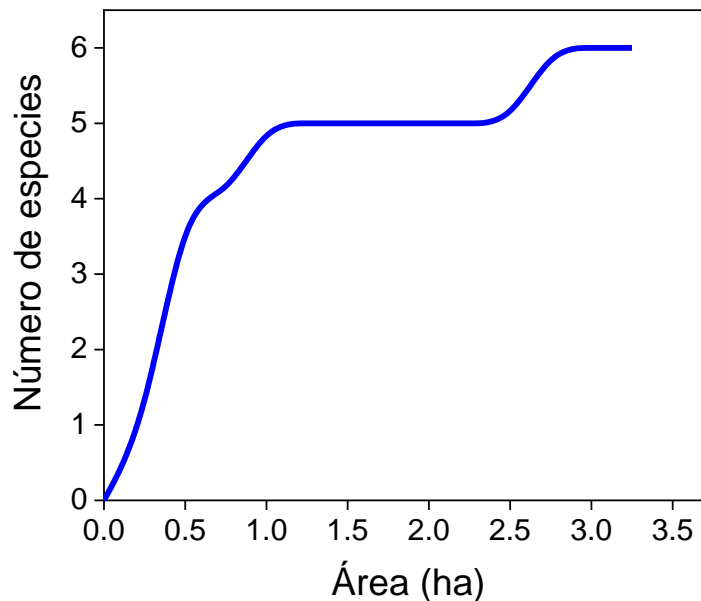


Figura 8. Curva de acumulación de especies (especie – área)

c. Coeficiente de similitud de Jaccard

La figura 9 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*.

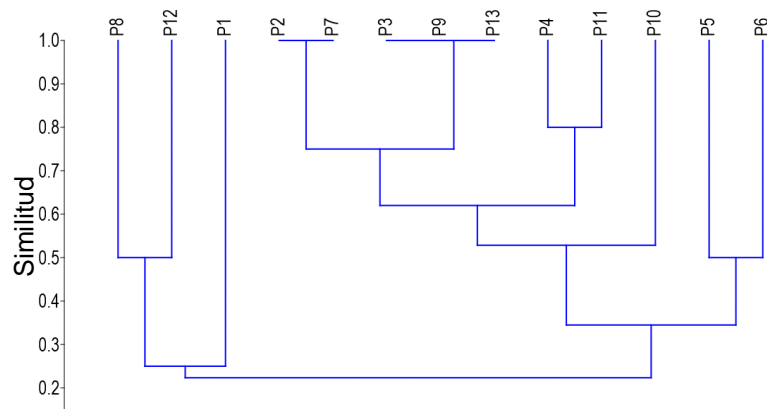


Figura 9. Análisis clúster (Coeficiente de similitud de Jaccard)

d. Índice de Morisita – Hord

En contraste la figura 10 muestra el índice de Morisita – Hord, notándose 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. 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 de la Untumbes.

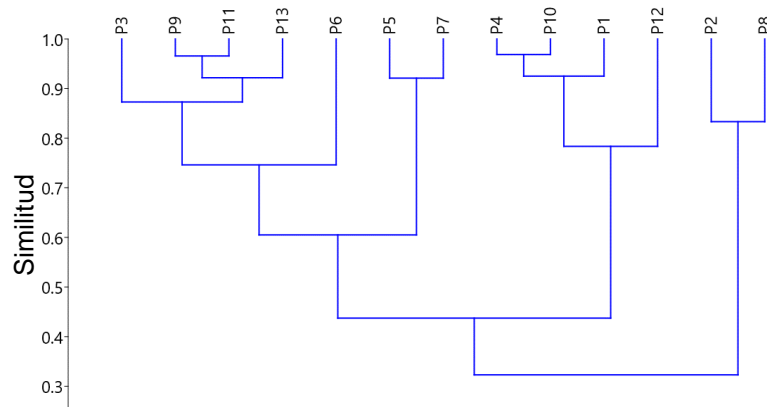


Figura 10. Análisis clúster (Índice de similitud de Morisita -Hord)

e. Índice de diversidad de Shannon – Wiener

El índice de diversidad de Shannon – Wiener oscila entre 0 y 1,39; indicando que las parcelas P1, P5 y P8 presentan una sola especie; en contraposición las parcelas P3 y P11 son las más diversas. Es decir, el área de concesión forestal de la Untumbes tiene una diversidad baja – media. Este resultado se corresponde con el índice de valor de importancia, dado que sólo 3 especies corresponden aproximadamente 80 % del I.V.I.; esto debido a que el índice de Shannon - Wiener aumenta conforme aumenta la riqueza y la distribución de los individuos es más homogénea entre las especies, caso que no se presenta en el presente estudio. Goicochea Larrea (2019) agrega que una diversidad media o baja puede estar influenciada directamente por la incidencia perturbadora de la población sobre las áreas. Sin embargo, para el caso específico del área en estudio se requiere de mayor evidencia para aseverar esta declaración.

f. Índice de diversidad de Simpson

A su vez el índice de diversidad de Simpson oscila entre 0 y 0,75; donde las parcelas P1, P5 y P8 presentan dominancia de una especie (*Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai* y *Bursera graveolens*, respectivamente). Caso contrario ocurre con las parcelas P3 y P11 donde existe baja dominancia de especies, esto debido a una distribución más homogénea de la abundancia de especies. Éstos

resultados indican una diversidad media – alta. Con ello podemos señalar que la probabilidad de que dos individuos tomados al azar dentro del bosque de la concesión forestal de la Untumbes sean de diferente especie es del 45 % al 75 %.

4.3. DESCRIPCIÓN SANITARIA

Las especies forestales registradas en el inventario forestal muestran una defoliación en diferente grado. *Caesalpinia paipai* presentó un porcentaje de defoliación de aproximadamente el 50 %, un porcentaje de floración aproximadamente del 20 % y en algunas especies un 5 % de fructificación. *Prosopis pallida* presentó un porcentaje de defoliación superior al 50 %, una floración del 10 % y un porcentaje de fructificación del 5 %. Mientras que *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango* presentaron un 100 % de defoliación. Por su parte *Colicodendron scabridum* no presenta defoliación y un 3 % de fructificación; a su vez *Cynophalla flexuosa* se encontró en un estado de floración superior al 50 %. Estos estados pueden deberse a la estación y la escasa o nula precipitación registrada durante este periodo de inventario (verano) que incide sobre la presencia/ausencia de hojas, flores o frutos.

4.4. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL SUELO

a. Granulometría

El análisis granulométrico prueba que el agregado de 250 μm presenta un mayor porcentaje, dado que la media para este valor es de $64,6 \pm 12,9$ %; esta desviación es influenciada sobre todo por los resultados en la parcela 13, donde el agregado de 75 μm tuvo un valor mayor a los otros casos. En contraposición el agregado de < 75 μm obtuvo el valor más bajo, con una media de $2,03 \pm 1,6$ %. Al tener estos agregados de medio a grande, el suelo de la concesión forestal presentaría mejores condiciones de drenaje por la presencia de macroporos y por ende mejor aireación; no obstante, puede verse afectado a factores naturales como la erosión, esto debido a que se ha registrado pendientes que

van desde el 3 % (ligeramente inclinada) hasta el 39 % (inclinada, Parcela 7) (Nachtergaele, 2001). Además, se debe conceptualizar que la agregación puede deberse a: macroorganismos y/o microorganismos, humedecimiento y secamiento, compresión, iones, sales y/o coloides presentes en el suelo (Jaramillo Jaramillo, 2002).

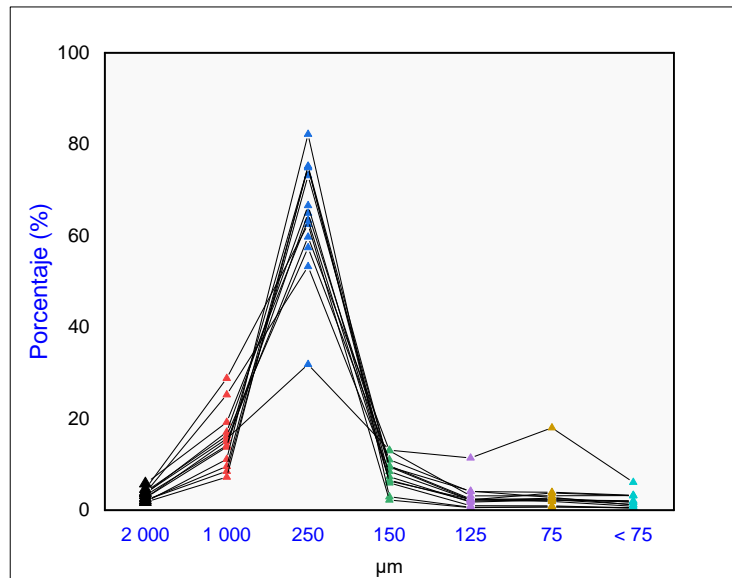


Figura 11. Granulometría

b. Contenido de humedad

El contenido de humedad tiene una media de $1,14 \pm 0,8$ %, siendo P8 quien registro un valor superior. Si bien las muestras han sido tomadas previo al periodo de lluvias; el valor registrado en P8 se puede explicar por una llovizna ligera presentada ese día, además que la muestra fue tomada muy temprano en la mañana, por lo que el agua contenida en el suelo no se vio afectada por el proceso de evaporación.

c. Densidad real, aparente y porosidad

La densidad aparente tiene una media de $1,26 \pm 0,1$ g/cm³, los valores son muy uniformes en toda el área muestreada; lo mismo se puede apreciar con la

densidad real $2,29 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$. Galarza (2013) obtuvieron una densidad aparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ en esta misma área, siendo la pequeña diferencia una posible variación por la profundidad en que se tomó la muestra (a los 30 cm). Al relacionar estos dos valores para obtener la porosidad se conserva esta homogeneidad con una ligera desviación en cuanto a los datos registrados $44,87 \pm 4,8 \%$, influenciada por las parcelas P5, P8 y P10 quienes presentaron los valores más bajos en cuanto al porcentaje de porosidad $39,6 \%$, $37,49 \%$ y $38,86 \%$, respectivamente (porosidad muy baja); indicando un grado ligero de compactación en estas dos zonas. Sin embargo, en líneas generales se puede decir que el área de concesión forestal de la Untumbes presenta un suelo con porosidad baja a satisfactoria (Jaramillo Jaramillo, 2002).

d. Clase textural

La textura predominante en el área de concesión forestal es franco arenosa (P1, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P10, P11 y P12), en cambio las parcelas P2, P8 y P13 presentan una textura franco arcillo arenosa. En general, la media de arena es de $65,23 \pm 8,29 \%$, limo de $17,65 \pm 4,43 \%$ y arcilla de $17,12 \pm 5,94 \%$. Estos resultados se corresponden con lo mencionado por Martínez and Céspedes (2017) quienes catalogan estos suelos tipo fluvisol eútrico – regosol eútrico, siendo característico por presentar material fluvial, con elevada porosidad, una textura de suelo franco arenosa y/o franco arcillo arenosa.

e. Ph y conductividad eléctrica

En cuanto al pH se registró un suelo neutro (P2, P4, P6, P7, P8, P9 y P10), ligeramente alcalino (P3, P5, P12 y P13) y moderadamente alcalino (P1 y P11) (SSDS, 1993), con una media de $7,3 \pm 0,4$ %. Por otra parte, los valores de conductividad eléctrica son muy variables $163,62 \pm 168,4 \mu\text{S/cm}$ influenciados en gran medida por las parcelas P2 ($493 \mu\text{S/cm}$) y P8 ($568 \mu\text{S/cm}$) quienes fueron las áreas que registraron un valor máximo, consideradas ligeramente salinas (Soriano Soto, 2018); indicando que existe una concentración de sales en éstas zonas del

área de concesión forestal a causa de la baja escorrentía que podría darse y el buen drenaje, en razón a la topografía (tipo planicie), y teniendo en cuenta además la agregación, el porcentaje de porosidad, la clase textural y el porcentaje de materia orgánica. En contraposición, las parcelas P3 y P10 registraron los valores más bajos 49,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 38,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente.

f. Materia orgánica

Por último, la media de materia orgánica es de $3,22 \pm 0,92 \%$. Es decir, presenta una ligera homogeneidad en cuanto a la materia orgánica presente en la primera capa de suelo (20 cm), catalogándose como un suelo con un porcentaje de materia orgánica medio – alto (Bescós et al.; Jaramillo Jaramillo, 2002). Un dato curioso es que P9 y P11 son parcelas con mayor densidad poblacional, sin embargo; presentan los valores más bajos de materia orgánica (2,10 % y 2,87 %, respectivamente), esto se puede explicar por el hecho que la cobertura de la copa de los árboles limita el desarrollo de vegetación herbácea debajo de ella; sumado a la presencia de pendientes de entre 2 % y 26 % que ayudarían a que la materia orgánica pueda ser arrastrada por la escorrentía en periodos lluviosos; en otras palabras, el porcentaje de materia orgánica puede verse influenciada por la biomasa herbácea estacional y no necesariamente por la biomasa arbórea (Rasal Sánchez et al., 2011). En síntesis, se puede decir que el área de concesión refleja en el marco de estas variables químicas una buena fertilidad del suelo (Bescós et al.).

4.5. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El análisis de correlación muestra en primer término: una correlación positiva significativa entre la abundancia de: *Prosopis pallida* y *Bursera graveolens*. En esa misma línea, *Caesalpinia paipai* se relaciona con *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango*. Mientras que *Bursera graveolens* presenta una conexión sólo con *Prosopis pallida* y *Caesalpinia paipai*. Por su parte, *Loxopterygium huasango* solo se corresponde con *Caesalpinia paipai* y

Colicodendron scabridum. Finalmente, *Colicodendron scabridum* se relaciona solo con *Loxopterygium huasango*. Esta relación puede generar que la alteración positiva o negativa de la población de una especie puede originar necesariamente la variación de la otra. Cabe indicar que en la figura 12, no se muestran los resultados de correlación donde no existe significancia estadística ($p > 0,05$).

La especie *Prosopis pallida* se corresponde positivamente con % arena, sin embargo; hay una relación inversa con % materia orgánica; esto podría explicarse por el hecho que la especie se adapta a ecosistemas desérticos. Por otra parte, *Cynophalla flexuosa* exhibe una relación favorable, aunque no muy fuerte, con la densidad aparente; 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.

El índice de diversidad de Shannon_H muestra una mayor conexión con *Loxopterygium huasango* y en menor medida con *Caesalpinia paipai*. Esto expresaría que la presencia de estas especies podría ser favorecida por la diversidad y uniformidad en los valores de importancia. Por su parte, el índice de diversidad de Simpson 1-D presenta una relación positiva con *Caesalpinia paipai*, *Bursera graveolens* y *Loxopterygium huasango*; teniendo con esta última una conexión de mayor grado. A su vez, ambos índices de diversidad se correlacionan inversamente con el contenido de humedad del suelo, lográndose entender que el requerimiento de humedad del suelo es distinto para cada especie forestal.

El contenido de humedad presenta una correlación negativa con % arena, la clase textural, el índice de diversidad de Shannon_H y el índice de diversidad de Simpson 1-D. Y positiva con % arcilla y conductividad eléctrica, siendo mayor el grado de relación en este último; a mayor % arena la infiltración y percolación del agua es mayor; y considerando la estación y condiciones meteorológicas que influyen directamente con la evaporación, se pierde con mayor facilidad la humedad del suelo.

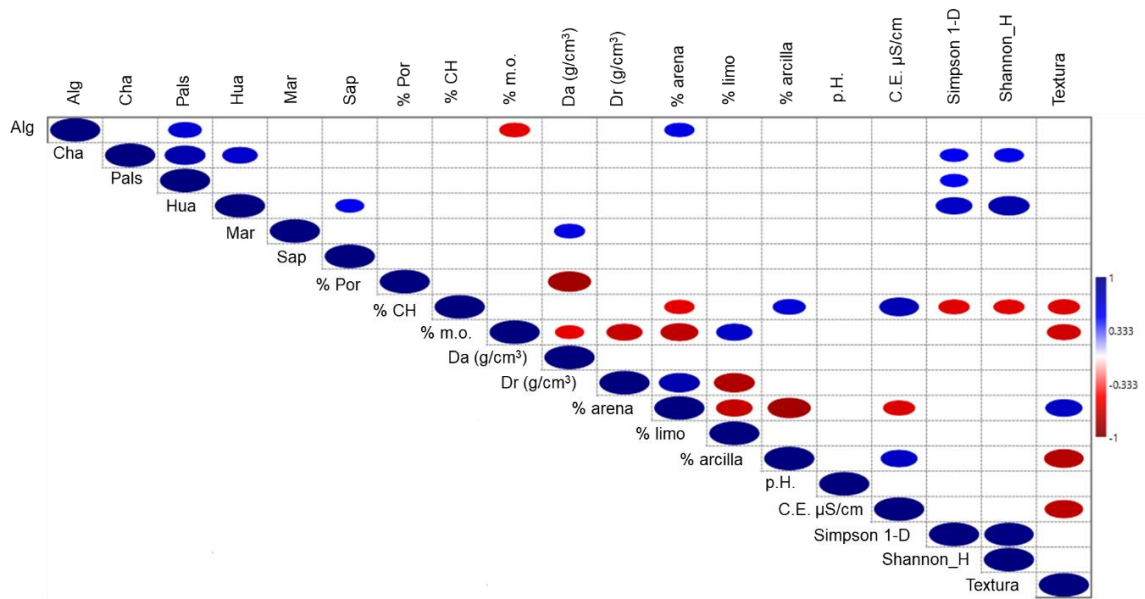


Figura 12. Correlación de Pearson de variables: abundancia y diversidad de especies y análisis físico – químicos

Como era de esperarse el porcentaje de porosidad del suelo se correlaciona inversamente con la densidad aparente del suelo. Mientras que la densidad real se relaciona positivamente con % arena, e inversamente con % materia orgánica y % limo, esto en razón al peso que el suelo puede tener por la presencia de un mayor porcentaje de material mineral respecto de material orgánico.

La clase textural demuestra una correlación negativa entre las variables contenido de humedad, % materia orgánica, % arcilla y conductividad eléctrica. Correspondiéndose como era de esperarse con % arena; es decir, los valores de las variables mencionadas se diferencian entre un suelo franco arcillo arenoso y franco arenoso.

El % materia orgánica tiene una correspondencia positiva significativa con % limo; mientras que, con la densidad aparente, la densidad real, % arena y la clase textural es inversa. Esta conexión positiva puede darse debido a que el limo genera las condiciones para la incorporación de materia orgánica en el suelo.

Los valores obtenidos de pH en las unidades de muestreo no presentan una correlación significativa con las variables en estudio, esto puede deberse a que estos valores son relativamente uniformes. Sin embargo, la conductividad eléctrica si se correlaciona positivamente con el contenido de humedad y el % arcilla, en cambio hay una relación inversa con las variables % arena y la clase textural; esta relación favorable puede ser debido a que la arcilla permite conservar mayor humedad, por la presencia de más microporos al interior, y al evaporarse el agua se quedan las sales en el suelo.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

1. Las características del suelo como: % contenido de humedad, densidad aparente, % arena y % materia orgánica; influyen significativamente en la composición, estructura y diversidad florística arbórea, siendo las variables que pueden explicar la ausencia / presencia de especies y el número de individuos en el área de estudio.
2. La cobertura vegetal arbórea está constituida por 4 familias (*Anacardiaceae*, *Burseraceae*, *Capparaceae* y *fabaceae*) y 6 especies (*Bursera graveolens* “Palo Santo”, *Caesalpinia paipai* “Charán negro”, *Colicodendron scabridum* “Sapote”, *Cynophalla flexuosa* “Margarito”, *Loxopterygium huasango* “Hualtaco” y *Prosopis pallida* “Algarrobo”). De esta comunidad forestal *Prosopis pallida*, *Caesalpinia paipai* y *Bursera graveolens*, son las representativas por su importancia ecológica.
3. La densidad poblacional es de 47,7 ind./ha y el 54 % del suelo se encuentra bajo cobertura. La distribución diamétrica presenta una tendencia en forma de “J” invertida; con una distribución altimétrica significativa en el estrato medio e inferior. Con una participación casi equitativa entre *Caesalpinia paipai* (29,1 %), *Bursera graveolens* (26,5 %) y *Prosopis pallida* (25,6 %) en el índice de valor de importancia. Y en función a la posición de su copa *Loxopterygium huasango* es considerada emergente, mientras que *Bursera graveolens*, *Prosopis pallida* y *Caesalpinia paipai* ocupan una posición codominante en el perfil vertical.

4. Las características medias del suelo de las variables estudiadas son: contenido de humedad ($1,14 \pm 0,8 \%$), granulometría 250 μm ($64,64 \pm 12,9 \%$), densidad aparente ($1,26 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$), densidad real ($2,29 \pm 0,1 \text{ g/cm}^3$), porosidad ($44,87 \pm 4,8 \%$), clase textural (franco arenosa y franco arcillo arenosa), materia orgánica ($3,22 \pm 0,92 \%$), pH ($7,31 \pm 0,4$), conductividad eléctrica ($163,62 \pm 168,4 \mu\text{S/cm}$).
5. Un índice de diversidad de Shannon – Wiener (0 – 1,39) y Simpson (0 – 0,75), con una notoria abundancia de tres de las especies encontradas y sin una distribución uniforme.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de estructura y diversidad arbustiva y herbácea, permitiendo complementar el trabajo desarrollado.
- Realizar estudios de fertilidad física, química y biológica del suelo y su relación con las especies forestales en diferente periodo del año.
- La evaluación de brinzales, latizales, arbustivas y herbáceas debe ser en subparcelas superiores a 5 m x 5 m en este tipo de ecosistema.
- Enriquecer el área de la concesión forestal con especies del ecosistema bosque estacionalmente seco de llanura.
- Proseguir con investigaciones que generen data para un mejor manejo y gestión del taller de enseñanza e investigación forestal y fauna silvestre del ecosistema bosque seco de la Universidad Nacional de Tumbes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Silva, S. Y. (2019). Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica del suelo.
- Aguirre Mendoza, Z., Reyes Jiménez, B., Quizhpe Coronel, W., & Cabrera, A. J. A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *24*(2), 543-556.
- Aguirre Mendoza, Z. H. (2012). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador.
- Aguirre, Z. J. D. e. (2019). Métodos para medir la Biodiversidad. 1ra. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Alvis Gordo, J. F. J. B. e. e. s. A. y. A. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *7*(1), 115-122.
- Ambiente, M. d. (2015). Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva. In: Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio
- Arismendiz, T. E. C. (2015). Caracterización fisonómica del bosque seco de quebrada pirañas-talara.
- Aybar Camacho, C. L., & Lavado-Casimiro, W. (2017). Atlas de zonas de vida del Perú: guía explicativa. Nota Técnica N° 003 SENAMH-DHI-2017.
- Bescós, P., González García, V., Lago Vallejo, B., López Alonso, R., López Tamargo, S., Manrique Hernández, A., . . . Navarro Moro, C. Análisis comparativo entre el Eucaliptal y bosque autóctono en Asturias.

- Brunet, J., von Oheimb, G., & Diekmann, M. J. J. o. v. s. (2000). Factors influencing vegetation gradients across ancient-recent woodland borderlines in southern Sweden. *11*(4), 515-524.
- Cárdenas-Torres, M. A. J. C. f. (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. *17*(2), 203-229.
- Chaturvedi, R., Raghubanshi, A., & Singh, J. J. J. o. P. E. (2013). Growth of tree seedlings in a tropical dry forest in relation to soil moisture and leaf traits. *6*(2), 158-170.
- Chicoma Roca, M. R. (2018). *Inventario e identificación de las especies arbóreas en el área de la concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes 2018-II*.
- Cueva Ortiz, J., Espinosa, C. I., Quiroz Dahik, C., Aguirre Mendoza, Z., Cueva Ortiz, E., Gusmán, E., . . . Hildebrandt, P. J. F. (2019). Influence of anthropogenic factors on the diversity and structure of a dry forest in the Central Part of the Tumbesian Region (Ecuador–Perú). *10*(1), 31.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. J. I. a. S. y. r. f. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *12*(1), 159-176.
- Franca, L., Sannino, C., Turchetti, B., Buzzini, P., & Margesin, R. (2016). Seasonal and altitudinal changes of culturable bacterial and yeast diversity in Alpine forest soils. *Extremophiles*, *20*(6), 855-873. <https://doi.org/10.1007/s00792-016-0874-2>
- Galarza, R. P., E. (2013). *Estimación del contenido de carbono y su valoración económica, en el área de concesión de la Universidad Nacional de Tumbes del sector Garbanzal y la Garita en el distrito San Juan de La Virgen - Tumbes - 2013 Universidad Nacional de Tumbes*].

- García, M. T. E., Mendoza, Z. A., & Tamayo, J. P. J. B. L. C. (2021). Diversidad florística, endemismo y estado de conservación de los componentes arbustivo y herbáceo de un bosque andino en el sur del Ecuador. *11(1)*, 83-96.
- Goicochea Larrea, L. M. (2019). Caracterización florística y estructural de las plantas leñosas del bosque seco El Hualango, caserío Huacra en Sitacocha, Cajabamba.
- Infante, R. A. C. (2018). *Inventario e identificación de las especies cactáceas en el área de la concesión forestal de la Universidad Nacional de Tumbes 2018-II*.
- INRENA, I. N. d. R. N. (1995). *Mapa ecológico del Perú*
<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Maps/INRENA-mapa-ecologico.pdf>
- Jaramillo Jaramillo, D. F. J. E. d. G. y. M. A. (2002). Introducción a la ciencia del suelo.
- Leal-Pinedo, J. M., & Linares-Palomino, R. J. C. (2005). Los bosques secos de la Reserva de Biosfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y estado de conservación. *27(2)*, 195-211.
- Linares-Palomino, R. J. R. P. d. B. (2005). Spatial distribution patterns of trees in a seasonally dry forest in the Cerros de Amotape National Park, northwestern Peru. *12(2)*, 317-326.
- List, P. J. P. o. t. I. h. w. t. o. (2013). Version 1.1.
- Louman, B. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central* (Vol. 46). CATIE.

- Loyola, R. (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación/Ministerio del Ambiente. Dirección general de evaluación, valoración y financiamiento del patrimonio natural. In: Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- Martínez, A., & Céspedes, L. (2017). Estudio de la vulnerabilidad presente y futura ante el cambio climático en la región Tumbes. Informe Técnico Especial.
- Mendoza, Z. A. J. Á. A. y. d. R. N. R. C. d. I. F., Universidad Nacional de Loja. Loja-Ecuador. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. 37(6), 82.
- MINAM. (2019). Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas del Perú. In: Dirección General de Diversidad Biológica Lima, Peru.
- MINAM, M. d. J. L., San Isidro, Lima: MAVET IMPRESIONES. (2014). Guía para el Muestreo de Suelos.
- Moreno-Jiménez, V., Castillo-Acosta, O., Gama-Campillo, L., Zavala-Cruz, J., & Ortiz-Pérez, M. A. J. M. y. b. (2017). Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. 23(1), 91-109.
- Nachtergaele, F. J. G. (2001). Soil taxonomy—a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 99(3-4), 336-337.
- Nadeau, M. B., & Sullivan, T. P. J. I. J. o. F. R. (2015). Relationships between plant biodiversity and soil fertility in a mature tropical forest, Costa Rica. 2015.
- Narváez-Espinoza, O., González-Rivas, B., & Castro-Marín, G. J. L. C. (2015). Composición, estructura, diversidad e incremento de la vegetación arbórea secundaria en trópico seco en Nandarola, Nicaragua. 15(25), 111-116.
- Ostolaza Nano, C. (2014). *Todos los cactus del Perú*. MINAM.

- PNCBMCC, P. N. d. C. d. B. p. I. M. d. C. C. (2018). *Línea de base de los bosques secos de la costa norte del Perú al 2018*. Ministerio del Ambiente del Perú Retrieved from <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Apuntes-del-bosque-4.pdf>
- Rasal Sánchez, M., Troncos Castro, J., Lizano Durán, C., Parihuamán Granda, O., Quevedo Calle, D., Rojas Idrogo, C., & Delgado Paredes, G. E. J. E. A. (2011). Características edáficas y composición florística del bosque estacionalmente seco La Menta y Timbes, región Piura, Perú. *10*(2), 61-74.
- Roth, V. T., Cepero, V. C., Stuva, A. C., & Pérez, R. E. J. E. A. (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. *3*(2), 1-8.
- Sabogal, A., & Zerbe, S. J. Z. Á. (2005). Asociación de cactáceas en el bosque seco del norte del Perú, Estudios de caso, Las Lomas, Jaguay Negro y Coto de Caza El Angolo. *9*(1), ág. 125-130.
- SERFOR, S. N. F. y. F. S.-. (2020). *Agenda nacional de investigación forestal y de fauna silvestre*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1532636/VERSION_FINAL_-_ANIFFS_2020-2025_rev_Vb_DGPCFFS_1.pdf
- Soriano Soto, M. (2018). Conductividad eléctrica del suelo.
- SSDS. (1993). Soil survey manual. USDA handbook 18. In: Government printing office Washington, DC, USA.
- Valerio, J., & Salas, C. J. M. t. S. C. E. P. (1998). Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales.

Zarate Vásquez, J. A. (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.

Zarco-Espinosa, V. M., Valdez-Hernández, J., Ángeles-Pérez, G., & Castillo-Acosta, O. J. U. y. c. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. 26(1), 1-17.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Coordenadas área de concesión forestal

Tabla 4. Coordenadas área concesión forestal Untumbes

Vértice	Este	Norte	Lado	Distancia (m)
A	563 120,40	9 602 089,41	A – B	325,5608
B	563 444,15	9 602 055,13	B – C	342,1172
C	563 752,39	9 601 906,71	C – D	533,9724
D	564 243,63	9 601 697,38	D – E	286,6201
E	564 243,63	9 601 984,00	E – F	597,7103
F	564 841,04	9 601 965,26	F – G	227,6634
G	565 052,55	9 601 881,05	G – H	710,8686
H	564 969,55	9 601 175,04	H- I	927,4832
I	564 052,55	9 601 036,04	I – J	1264,644
J	563 097,66	9 601 865,21	J – A	225,3498

Fuente: Plan de manejo concesión forestal de conservación de la Untumbes, Datum PSAD 56, Zona 17S

ANEXO 2

Variables de Estructura y diversidad arbórea

Tabla 5. Variables a evaluar en la estructura arbórea

Variable	Descripción
Diámetro del fuste	El diámetro a la altura del pecho (DAP) se midió a 1,30 m desde el suelo en forma transversal al fuste con una cinta diamétrica.
Distribución diamétrica	Con este parámetro de estructura poblacional se analiza el crecimiento o edad de los árboles, así como el aseguramiento de su población mediante una curva de distribución diamétrica en forma de J invertida según el modelo $Y = Ke^{-ax}$.
Altura	Para el caso de la investigación se tomó la altura total, medida desde el suelo hasta la cima de su copa, con la ayuda de un eclímetro. Asimismo, se estimó la altura comercial.
Diámetro de copa	Para calcular el grado de cobertura es necesario estimar el diámetro de copa, éste se obtuvo a partir de proyecciones horizontales en el suelo y mediciones cruzadas.

$$DC = \frac{\sum_{i=1}^n D_{ci}}{n} \quad \text{F. 8}$$

Donde:

DC = diámetro de copa promedio (m)

Dci = diámetro de copa medido (m)

N = número de mediciones

Cobertura A partir del DC se determina el área o cobertura generada sobre el suelo por la proyección horizontal de la copa. Se expresa en (m²) y en porcentaje (%) del total de la superficie evaluada”

$$AC = 3,1416(DC)^2 \quad \text{F. 9}$$

Donde:

AC = área de copa

DC = diámetro de copa promedio

Área basal Superficie transversal determinada en la investigación a la altura del pecho (1,30 m del suelo). Se expresa en m² por unidad de superficie de terreno.

$$AB = 3,1416 \left(\frac{DAP}{2}\right)^2 \quad \text{O} \quad AB = 0,7854 \times DAP^2 \quad \text{F. 10}$$

Donde:

AB = área basal del tallo

DAP = diámetro a la altura del pecho (1,30 m del suelo)

Dominancia relativa Es la sumatoria del área basal considerando las poblaciones por separado en porcentaje.

Densidad poblacional Es la cantidad de individuos en un espacio determinado. (ind./ha)

$$D = \left(\frac{N}{A}\right) \quad \text{F. 11}$$

Abundancia relativa Se refiere al número de individuos de cada especie (n) en relación a la cantidad total de individuos de todas las especies (N), expresado en porcentaje (n/N x 100). F. 12

Frecuencia relativa Probabilidad de encontrar una especie en una unidad muestral. Expresado como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (m_i) en relación con el número total de unidades muestrales (M).

$$F_i = \left(\frac{m_i}{M}\right) \times 100 \quad \text{F. 13}$$

Índice de valor de importancia El IVI resulta de la suma de los valores relativos de tres de los parámetros antes descritos: la abundancia relativa, dominancia relativa y la frecuencia relativa, cuya suma total debe ser igual a 300 %.

$$IVI = \text{Abundancia \%} + \text{Dominancia \%} + \text{Frecuencia \%} \quad \text{F. 14}$$

Fuente: (Loyola, 2015)

Tabla 6. Variables a evaluar de diversidad

Variable	Descripción
Diversidad alfa (riqueza)*	Se expresa a través del número total de especies presentes en un determinado lugar, sin tomar en cuenta el valor de importancia o abundancia de las mismas, indicando la respectiva familia, especie y su forma de vida vegetal. También es denominada diversidad específica.
Diversidad beta*	<p>Es la variación en el número de especies que existe entre los hábitats de un mismo ecosistema. Para medir este tipo de diversidad, se utilizan índices de similitud y disimilitud entre muestras.</p> <p>Coefficiente de Similitud de Jaccard</p> <p>Expresa el grado en que las dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. Utilizado para datos cualitativos, se expresa mediante la fórmula siguiente:</p> $I_J = \frac{c}{a + b - c} \quad \text{F. 15}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> a = número de especies presentes en el sitio A b = número de especies presentes en el sitio B c = número de especies presentes en ambos sitios, A y B <p>El intervalo de valores para este índice va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.</p> <p>Índice de Morisita-Horn</p> <p>El tamaño de muestra o riqueza no influye; pero la abundancia es clave dentro del análisis de este índice. Sin embargo, es preciso que se utilicen logaritmos dada su sensibilidad a las especies más abundantes.</p> $I_{M-H} = \frac{2 \sum (a n_i x b n_j)}{(d a + d b) a N x b N} \quad \text{F. 16}$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> ani = número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A bnj = número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B Na = número de individuos en el sitio A

	<p>Nb = número de individuos en el sitio B da = $\sum a_{ni}^2 / Na^2$ para el sitio A db = $\sum b_{nj}^2 / Nb^2$ para el sitio B</p> <p>El índice varía de 0 (no hay similitud) a 1 (hay similitud); este parámetro permite comparar los valores de diversidad de un sitio frente a otro sitio, con el fin de zonificar áreas con determinados valores de potencial bioecológico.</p>
<p>Curva de acumulación de especies*</p>	<p>Llamada también curva área-especies, representa el aumento en el número de especies conforme el área de muestra se expande. La inflexión de esta curva indica el momento a partir del cual añadir más área a la muestra no contribuye en capturar una cantidad significativa de especies adicionales, es decir, si el tamaño de la muestra es apropiado.</p>
<p>Shannon-Wiener (H')*</p>	<p>Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.</p> $H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i) \quad \text{F. 17}$
<p>Cociente de Mezcla**</p>	<p>Es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, relacionando el número de especies y el número de individuos totales (S: N ó S / N). El Cociente de Mezcla permite tener una idea general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma como se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del bosque. Los valores del cociente de mezcla dependen fuertemente del diámetro mínimo de medición y del tamaño de la muestra, por lo cual, sólo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad.</p> $CM = \frac{\text{número de especies}}{\text{número de individuos}} = \frac{\left(\frac{S}{S}\right)}{\left(\frac{N}{S}\right)} \quad \text{F. 18}$ <p>Donde: S = Número total de especies en el muestreo N = Número total de individuos en el muestreo</p>

Índice de Simpson***	<p>Este índice es especialmente sensible a los valores de abundancia de las principales especies, asimismo se refiere a la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una misma población, pertenezcan a una misma especie. Para medir la diversidad se utiliza el complementario del índice de Simpson, ya que varía de 0 a 1 indicando valores próximos a 1 mayor diversidad. La fórmula para el índice de Simpson es:</p> $1 - D = 1 - \sum p_i^2$ <p style="text-align: right;">F. 19#</p>
----------------------	---

Fuente: (Loyola, 2015)*, Alvis (2009)**, (Quesada, 1997, como se citó en Zamora, 2010)***, # (Del Río et al., 2003).

ANEXO 3

Datos de campo del inventario

Tabla 7. Registro de información de campo inventario forestal

N°	Especie	categoria de vegetación	COORDENADAS UTM DATUM PSAD 56		DAP (cm)	HT (m)	HC (m)	DC (m)	ÁREA BASAL	VOLUMEN
			ESTE	NORTE						
1	Algarrobo	FUSTAL	563293	9601893	5,37	4,914	1,7	5,2	0,0023	0,0225
2	Algarrobo	FUSTAL	563322	9601876	6,72	4,62	2	5,7	0,0035	0,0210
3	Palo santo	FUSTAL	563591	9601920	8,28	3,3	1,68	3,45	0,0054	0,0125
4	Palo santo	ÁRBOL	563576	9601886	10,82/11,78	6,23	1,6/1,33	5,8	0,0201	0,0317
5	Palo santo	ÁRBOL	563593	9601916	8,12/10,89	5,85	2,48/2,32	4	0,0145	0,0330
6	Charán negro	ÁRBOL	563597	9601880	16,23/10,82	4,02	2,2/2,1	6,5	0,0299	0,0679
7	Hualtaco	FUSTAL	563580	9601886	6,37/6,05	3,55	2,3/1,8	4,30	0,0061	0,0118
8	Charán negro	ÁRBOL	563607	9601612	11,78	4,81	1,98	5,45	0,0109	0,0232
9	Hualtaco	ÁRBOL	563624	9601621	26,74	6,27	2,97	6,7	0,0562	0,1799
10	Palo santo	FUSTAL	563598	9601611	9,31	6,02	2,2	3,1	0,0068	0,0176
11	Algarrobo	ÁRBOL	563596	9601617	10,19	4,28	2,2	5,17	0,0082	0,0265
12	Sapote	FUSTAL	563900	9601600	9,23	5,10	3,4	4,5	0,0067	0,0205
13	Hualtaco	ÁRBOL	563904	9601598	22,6	9,84	3,6	5,0	0,0401	0,3120
14	Algarrobo	ÁRBOL	563901	9601604	10,98	7,38	1,5	9,0	0,0095	0,0760
15	Algarrobo	FUSTAL	563905	9601605	7,73	4,48	2,7	4,2	0,0047	0,0114
16	Algarrobo	FUSTAL	563894	9601614	8,75	4,3	1,3	2,1	0,0060	0,0132
17	Algarrobo	ÁRBOL	563918	9601600	10,19	5,12	2,0	2,4	0,0082	0,0232
18	Algarrobo	FUSTAL	563923	9601576	8,69	4,2	1,8	2,3	0,0059	0,0175
19	Algarrobo	FUSTAL	563923	9601576	9,87	4,83	2,0	2,1	0,0077	0,0261
20	Algarrobo	FUSTAL	563884	9601585	9,55	8,97	4,0	2,8	0,0072	0,0293

21	Algarrobo	FUSTAL	563884	9601585	9,55	9,66	3,1	3,1	0,0072	0,0200
22	Charán negro	ÁRBOL	563886	9601614	14,01	7,1	1,5	7,5	0,0154	0,0197
23	Charán negro	ÁRBOL	563920	9601324	19,48	3,22	1,7	8,22	0,0298	0,1013
24	Algarrobo	ÁRBOL	564192	9601606	21,97	2,90	3,1	9,7	0,0379	0,1984
25	Algarrobo	ÁRBOL	564212	9601598	35,5	4,55	3,5	9	0,0990	0,3355
26	Charán negro	ÁRBOL	564194	9601610	12,6	5,13	1,35	6,8	0,0125	0,0151
27	Charán negro	ÁRBOL	564200	9601610	15,6	4,88	1,78	7,9	0,0191	0,0604
28	Charán negro	ÁRBOL	564185	9601318	12,73	12,51	1,95	6,22	0,0127	0,0456
29	Charán negro	ÁRBOL	564179	9601294	20,69	7,74	1,8	2,16	0,0336	0,1047
30	Charán negro	ÁRBOL	564214	9601319	18,78	8,73	1,75	8,3	0,0277	0,0920
31	Charán negro	ÁRBOL	564224	9601306	13,05	5,76	1,82	3,8	0,0134	0,0219
32	Charán negro	ÁRBOL	564195	9601285	11,46	3,16	1,32	2,55	0,0103	0,0369
33	Hualtaco	ÁRBOL	564200	9601300	47,42	7,92	4,88	4,8	0,1766	0,9636
34	Palo santo	ÁRBOL	564194	9601283	21,65	6,00	3,3	7	0,0368	0,1487
35	Palo santo	ÁRBOL	564505	9601909	16,36	4,94	1,3	5,95	0,0210	0,0663
36	Palo santo	ÁRBOL	564519	9601589	25,4	4,34	2,14	2,14	0,0507	0,1311
37	Charán negro	ÁRBOL	564476	9601616	18,6	3,97	1,45	18,8	0,0272	0,0827
38	Hualtaco	ÁRBOL	564476	9601603	20,7	5,77	2,26	2,2	0,0337	0,0960
39	Algarrobo	FUSTAL	564497	9601591	7,18	4,4	1	5,15	0,0040	0,0425
40	Algarrobo	FUSTAL	564497	9601591	6,34	4,2	1,6	4,25	0,0032	0,0284
41	Algarrobo	FUSTAL	564496	9601593	6,4	4,3	3,3	2,85	0,0032	0,0160
42	Algarrobo	FUSTAL	564496	9601595	6,52	1,7	1	3,18	0,0033	0,0221
43	Palo santo	ÁRBOL	564492	9601598	14,7	6,5	3,3	6,38	0,0170	0,0741
44	Palo santo	FUSTAL	564496	9601606	6,37	4,5	2,3	4,25	0,0032	0,0142
45	Palo santo	ÁRBOL	564482	9601600	25,24	6,5	2,4	8,5	0,0500	0,3444
46	Palo santo	ÁRBOL	564479	9601601	14,16	6,2	2,75	5,7	0,0157	0,0543
47	Algarrobo	FUSTAL	564483	9601588	7,1	6,2	0,87	5,65	0,0040	0,2078
48	Algarrobo	FUSTAL	564491	9601581	6,7	4,3	1,62	5,67	0,0035	0,0410
49	Charán negro	ÁRBOL	564496	9601587	19,11	5,8	1,1	4,45	0,0287	0,0990

50	Palo santo	ÁRBOL	564504	9601596	17,7	5,1	0,8	5,7	0,0246	0,1343
51	Algarrobo	FUSTAL	564507	9601598	7,8	4,9	0,9	3,1	0,0048	0,0370
52	Charán negro	FUSTAL	564495	9601582	7,9	4,45	1,8	4,53	0,0049	0,0206
53	Algarrobo	ÁRBOL	564485	9601577	10,2	4,7	1,42	7,23	0,0082	0,0413
54	Palo santo	FUSTAL	564487	9601579	8,6	4,82	2,85	5,35	0,0058	0,0243
55	Palo santo	FUSTAL	564489	9601580	8,6	4,8	1,53	4,4	0,0058	0,0244
56	Palo santo	ÁRBOL	564489	9601580	12,1	4,78	1,35	5,65	0,0115	0,0418
57	Algarrobo	FUSTAL	564520	9601609	7,3	4,6	0,5	6,35	0,0042	0,0278
58	Palo santo	ÁRBOL	564518	9601618	12,29	5,21	0,2	5,4	0,0119	0,0779
59	Charán negro	FUSTAL	564517	9601611	8,7	3,7	0,23	2,7	0,0059	0,0355
60	Palo santo	FUSTAL	564514	9601616	8,6	4,94	3,01	3,37	0,0058	0,0274
61	Charán negro	ÁRBOL	564503	9601612	14,01	4,18	0,4	7	0,0154	0,0598
62	Charán negro	ÁRBOL	564499	9601611	13,68	4,48	0,3	9,7	0,0147	0,1796
63	Palo santo	ÁRBOL	564509	9601607	12,89	5,05	0,5	5,95	0,0130	0,1169
64	Charán negro	ÁRBOL	564480	9601616	21,32	8,2	1,62	6,95	0,0357	0,1380
65	Charán negro	ÁRBOL	564483	9601612	13,6	4,3	1,27	6,3	0,0145	0,0902
66	Palo santo	FUSTAL	564485	9601608	8,75	6,4	1,6	8,75	0,0060	0,0345
67	Charán negro	FUSTAL	564489	9601607	9,2	3,48	1,7	5,9	0,0066	0,0170
68	Algarrobo	FUSTAL	564489	9601609	5,7	3,93	1,5	3,5	0,0026	0,0094
69	Algarrobo	FUSTAL	564482	9601616	6,04	4,47	0,3	6,3	0,0029	0,0249
70	Algarrobo	FUSTAL	564496	9601612	5,31	3,58	1,3	3,2	0,0022	0,0068
71	Hualtaco	ÁRBOL	564497	9601297	20,69	8,35	1,64	11,3	0,0336	0,2420
72	Margarito	ÁRBOL	564479	9601308	16,87	5,76	2,1	8,5	0,0224	0,0924
73	Charán negro	ÁRBOL	564475	9601290	11,46	4,76	2,02	6,3	0,0103	0,0524
74	Algarrobo	FUSTAL	564475	9601289	6,68	3,4	3,85	2,5	0,0035	0,0217
75	Margarito	FUSTAL	564479	9601288	9,87	5,18	2,1	3,7	0,0076	0,0396
76	Algarrobo	FUSTAL	564487	9601281	8,75	5,08	1,57	6,75	0,0060	0,0229
77	Algarrobo	FUSTAL	564487	9601306	8,91	3,92	2,55	4,95	0,0062	0,0249
78	Algarrobo	FUSTAL	564492	9601309	5,73	5,31	1,38	6,2	0,0026	0,0131

79	Algarrobo	FUSTAL	564495	9601308	5,01	4,18	2,49	4,5	0,0020	0,0119
80	Algarrobo	FUSTAL	564516	9601322	8,36	4,92	1,05	6,9	0,0055	0,0188
81	Algarrobo	FUSTAL	564507	9601310	5,09	3,07	1,19	3,675	0,0020	0,0087
82	Algarrobo	FUSTAL	564513	9601309	5,09	4,3	2,37	5,05	0,0020	0,0123
83	Algarrobo	FUSTAL	564524	9601280	9,55	7,37	3,43	4,95	0,0072	0,0420
84	Charán negro	ÁRBOL	564801	9601897	14,32	6,2	1,53	7,56	0,0161	0,1021
85	Charán negro	FUSTAL	564800	9601902	6,68	4,03	1,38	5,4	0,0035	0,0134
86	Hualtaco	ÁRBOL	564807	9601897	18,14	6,72	2,3	3	0,0258	0,0649
87	Charán negro	ÁRBOL	564791	9601902	21,96	8,68	1,1	9,15	0,0379	0,1719
88	Algarrobo	FUSTAL	564797	9601910	6,05	5,4	1,69	3,1	0,0029	0,0120
89	Algarrobo	FUSTAL	564810	9601915	6,12	3,84	1,45	4,5	0,0029	0,0106
90	Algarrobo	FUSTAL	564792	9601915	5,49	1,81	1,04	3,56	0,0024	0,0112
91	Algarrobo	FUSTAL	564793	9601920	6,73	1,89	0,65	2,94	0,0036	0,0193
92	Charán negro	ÁRBOL	564802	9601918	25,54	6,6	2,8	4,6	0,0512	0,2536
93	Charán negro	ÁRBOL	564802	9601920	38,79	4,4	0,4	8,4	0,1182	0,1897
94	Algarrobo	ÁRBOL	564805	9601915	12,23	5,5	0,38	3,8	0,0117	0,0422
95	Algarrobo	FUSTAL	564810	9601923	5,64	3,6	1,35	2,8	0,0025	0,0106
96	Algarrobo	ÁRBOL	564823	9601914	15,19	4,1	0,4	5,55	0,0181	0,0304
97	Palo santo	FUSTAL	564824	9601908	5,19	2,55	1,32	2,46	0,0021	0,0046
98	Hualtaco	ÁRBOL	564821	9601901	15,99	5,3	1,72	3,95	0,0201	0,0508
99	Palo santo	FUSTAL	564819	9601901	7,07	2,9	1,35	2,965	0,0039	0,0115
100	Palo santo	ÁRBOL	564817	9601898	31,31	6,25	1,1	6,35	0,0770	0,2169
101	Charán negro	ÁRBOL	564820	9601895	11,88	3,5	1,18	6	0,0111	0,0411
102	Palo santo	ÁRBOL	564820	9601890	16,53	6,35	2	5,85	0,0215	0,3116
103	Charán negro	ÁRBOL	564810	9601882	12,04	5,4	1,8	8,75	0,0114	0,0866
104	Palo santo	FUSTAL	564805	9601890	5,89	6,3	1,5	2,6	0,0027	0,0351
105	Algarrobo	ÁRBOL	564798	9601879	13,22	5,6	1,3	5,75	0,0137	0,0407
106	Sapote	FUSTAL	564792	9601875	5,47	5,6	3,6	2,33	0,0023	0,0164
107	Charán negro	ÁRBOL	564790	9601879	10,56	5,6	1,5	4,32	0,0088	0,0500

108	Algarrobo	FUSTAL	564793	9601878	6,04	5,7	2	3,5	0,0029	0,0317
109	Charán negro	ÁRBOL	564789	9601883	15,88	5,25	1,6	6,68	0,0198	0,0884
110	Charán negro	ÁRBOL	564784	9601877	17,19	5,4	1,1	5,17	0,0232	0,0377
111	Palo santo	ÁRBOL	564782	9601882	15,37	6,6	0,37	3,3	0,0186	0,0459
112	Charán negro	ÁRBOL	564777	9601878	11,45	4,15	0,9	4,15	0,0103	0,0282
113	Palo santo	ÁRBOL	564786	9601893	23,74	5,5	0,6	6,8	0,0443	0,0628
114	Palo santo	ÁRBOL	564797	9601889	16,87	3,9	0,7	4,55	0,0224	0,0412
115	Palo santo	FUSTAL	564788	9601894	5,09	3,6	1,33	2,45	0,0020	0,0064
116	Algarrobo	FUSTAL	564785	9601892	5,57	4,53	1,8	3,05	0,0024	0,0079
117	Charán negro	ÁRBOL	564790	9601895	12,98	4,3	1,2	4,3	0,0132	0,0304
118	Charán negro	FUSTAL	564786	9601897	7,32	4,8	0,6	3,85	0,0042	0,0195
119	Algarrobo	FUSTAL	564778	9601909	5,09	2,5	1,6	2,2	0,0020	0,0096
120	Algarrobo	FUSTAL	564778	9601912	8,27	5,7	1,1	7,2	0,0054	0,0265
121	Palo santo	ÁRBOL	564785	9601916	10,02	3,8	1,7	3,85	0,0079	0,0288
122	Algarrobo	ÁRBOL	564779	9601617	10,1	3,4	1,96	11,25	0,0080	0,0897
123	Algarrobo	ÁRBOL	564784	9601619	12,7	5,3	3,36	14,98	0,0127	0,1285
124	Palo santo	ÁRBOL	564823	9601605	18,36	6,38	4,2	8,8	0,0265	0,0913
125	Palo santo	ÁRBOL	564800	9601591	14,80	8,5	2,55	5,8	0,0172	0,0527
126	Palo santo	ÁRBOL	564800	9601590	14,9	6,2	3,93	4,55	0,0174	0,0810
127	Palo santo	FUSTAL	564800	9601589	8,3	5,7	2,37	7,25	0,0054	0,0229
128	Palo santo	ÁRBOL	564800	9601589	17,8	5,8	2,63	9,85	0,0249	0,1367
129	Algarrobo	FUSTAL	564794	9601579	6,68	4,5	1,8	5,59	0,0035	0,0324
130	Algarrobo	FUSTAL	564792	9601579	8,34	4,3	1,58	3,43	0,0055	0,0318
131	Algarrobo	FUSTAL	564803	9601582	5,39	3,1	1,47	1,81	0,0023	0,0053
132	Algarrobo	FUSTAL	564806	9601587	5,74	1,3	1,35	1,56	0,0026	0,0091
133	Algarrobo	FUSTAL	564789	9601594	6,33	4,5	3,6	4,72	0,0031	0,0116
134	Palo santo	ÁRBOL	564796	9601301	26,74	6,85	1,68	8,84	0,0561	0,2094
135	Charán negro	ÁRBOL	564792	9601303	12,19	4,33	0,65	6,45	0,0117	0,0676
136	Charán negro	ÁRBOL	564794	9601298	11,14	4,66	1,63	5,35	0,0097	0,0474

137	Charán negro	ÁRBOL	564788	9601291	13,76	6,44	1,25	6,45	0,0149	0,1746
138	Algarrobo	FUSTAL	564789	9601312	8,91	4,26	2,73	2,95	0,0062	0,0197
139	Algarrobo	FUSTAL	564787	9601314	6,71	4,36	2,02	1,75	0,0035	0,0141
140	Charán negro	ÁRBOL	564777	9601292	23,24	6,17	3,26	7,85	0,0424	0,2396
141	Palo santo	ÁRBOL	564781	9601318	16,23	5,27	1,60	5,35	0,0207	0,0829
142	Charán negro	FUSTAL	564797	9601319	9,59	3,93	3,80	5,9	0,0072	0,1014
143	Palo santo	ÁRBOL	564818	9601315	12,10	6,62	2,64	5,45	0,0115	0,0749
144	Algarrobo	ÁRBOL	564806	9601322	11,62	6,64	2,68	2,65	0,0106	0,0597
145	Charán negro	FUSTAL	564806	9601316	5,73	8,32	1,12	7,3	0,0026	0,0959
146	Palo santo	ÁRBOL	564807	9601311	12,57	6,1	1,54	8,75	0,0124	0,0795
147	Palo santo	ÁRBOL	564814	9601287	32,79	8,73	1,76	9,72	0,0844	0,5174
148	Algarrobo	FUSTAL	564815	9601291	5,89	4,33	1,57	2,65	0,0027	0,0195
149	Hualtaco	ÁRBOL	564809	9601281	26,10	10,44	2,13	7,85	0,0535	0,6790
150	Charán negro	ÁRBOL	564808	9601278	12,33	3,74	1,40	3,77	0,0119	0,1059
151	Charán negro	ÁRBOL	564825	9601281	11,46	5,04	1,28	6,55	0,0103	0,1102
152	Charán negro	ÁRBOL	564821	9601281	11,14	8,37	1,95	8,25	0,0097	0,1350
153	Palo santo	FUSTAL	564823	9601284	8,91	6,64	1,48	2,55	0,0062	0,0301
154	Charán negro	FUSTAL	564816	9601280	7,00	3,11	1,64	7	0,0039	0,0251
155	Palo santo	FUSTAL	564808	9601301	8,91	5,73	2,70	5,6	0,0062	0,0395

Diametro a la altura del pecho (DAP), altura total (HT), altura comercial (HC), diámetro de copa (DC)

ANEXO 4

Clase diamétrica y altimétrica

Tabla 8. Distribución de clase diamétrica por ha

Clase diamétrica	Intervalo	Alg	Ch	Pal	Hua	Mar	Sap	Total
Clase 1	[5,01 - 10,16>	14,15	2,46	4,62	0,31	0,31	0,62	22,46
Clase 2	[10,16 - 15,31>	2,77	6,77	3,38	0	0	0	12,92
Clase 3	[15,31 - 20,46>	0	2,46	2,46	0,62	0,31	0	5,85
Clase 4	[20,46 - 25,61>	0,31	1,54	1,23	0,92	0	0	4
Clase 5	[25,61 - 30,76>	0	0	0,31	0,62	0	0	0,92
Clase 6	[30,76 - 35,91>	0,31	0	0,62	0	0	0	0,92
Clase 7	[35,91 - 41,06>	0	0,31	0	0	0	0	0,31
Clase 8	[41,06 - 46,21>	0	0	0	0,31	0	0	0,31

Tabla 9. Distribución de altura por ha

Altura	Alg	Ch	Pal	Hua	Mar	Sap	Total
[1,30 - 2,66>	1,54	0	0,31	0	0	0	1,85
[2,66 - 4,02>	3,08	3,08	1,54	0,31	0	0	8
[4,02 - 5,38>	9,54	5,23	3,38	0,31	0,31	0,31	19,08
[5,38 - 6,72>	2,15	2,77	6,46	0,62	0,31	0,31	12,62
[6,72 - 8,10>	0,62	0,62	0,31	0,62	0	0	2,15
[8,10 - 9,46>	0,31	1,54	0,62	0,31	0	0	2,77
[9,46 - 10,82>	0,31	0	0	0,62	0	0	0,92
[10,82 - 12,18>	0	0,31	0	0	0	0	0,31

ANEXO 5

Análisis físico – químico del suelo

Tabla 10. Resultado de análisis físico - químico del suelo por unidad de muestreo

Análisis físico / Parcela	Media	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
granulometría (%)														
2 000 µm	3,24	1,81	2,69	5,80	4,61	3,61	2,13	2,66	3,78	1,77	2,22	3,25	3,99	3,76
1 000 µm	15,52	11,16	13,82	19,23	28,82	17,08	9,59	15,06	25,25	7,23	8,51	14,15	16,27	15,63
250 µm	64,64	82,20	75,08	63,40	62,47	66,60	74,87	59,74	53,28	75,25	73,16	64,94	57,41	31,88
150 µm	8,14	2,94	5,96	6,41	2,23	6,56	7,33	13,01	8,49	9,74	9,50	9,51	11,03	13,13
125 µm	2,93	0,64	1,00	2,36	0,56	2,01	1,77	3,15	2,26	2,45	2,23	4,18	4,07	11,44
75 µm	3,5	0,73	0,97	1,94	0,72	2,30	2,22	3,18	3,77	2,29	2,64	2,81	3,94	18,03
< 75 µm	2,03	0,51	0,48	0,87	0,59	1,84	2,08	3,20	3,17	1,27	1,74	1,17	3,28	6,12
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/cm ³)	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/cm ³)	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

ANEXO 6
Correlación de Pearson

Tabla 11. Resultado de análisis de correlación de Pearson

		Simpson_1-D	Shannon_H	Alg	Ch	Pal	Hua	Mar	Sap	Tex	C,H,	Dr	Da	C,E,	pH	% m,o,	% P
Simpson_1-D	P, Corr,	1,00	0,98	0,49	0,56	0,55	0,73	0,05	0,23	0,07	-0,62	0,20	-0,06	-0,33	-0,01	-0,16	0,20
	p-value	--	1,61E-09	0,09	0,05	0,05	4,91E-03	0,87	0,46	0,81	0,02	0,51	0,85	0,26	0,97	0,61	0,52
Shannon_H	P, Corr,	0,98	1	0,51	0,59	0,54	0,82	0,10	0,31	0,07	-0,61	0,17	-0,02	-0,35	0,00	-0,14	0,14
	p-value	1,61E-09	--	0,07	0,03	0,06	0,00	0,74	0,31	0,81	0,03	0,57	0,96	0,24	1,00	0,65	0,65
Alg	P, Corr,	0,49	0,51	1	0,54	0,67	0,53	0,30	0,54	0,38	-0,45	0,45	0,07	-0,39	0,26	-0,61	0,19
	p-value	0,09	0,07	--	0,06	0,01	0,06	0,32	0,06	0,21	0,13	0,13	0,82	0,19	0,40	0,03	0,54
Ch	P, Corr,	0,56	0,59	0,54	1	0,81	0,70	-0,16	0,36	-0,04	-0,19	-0,10	-0,25	-0,27	0,27	0,02	0,22
	p-value	0,05	0,03	0,06	--	7,30E-04	0,01	0,60	0,22	0,91	0,54	0,74	0,41	0,37	0,37	0,95	0,47
Pal	P, Corr,	0,55	0,54	0,67	0,81	1	0,51	-0,22	0,19	-0,07	-0,16	0,07	-0,18	-0,08	0,23	-0,11	0,23
	p-value	0,05	0,06	0,01	7,30E-04	--	0,08	0,47	0,54	0,83	0,60	0,83	0,56	0,80	0,45	0,72	0,44
Hua	P, Corr,	0,73	0,82	0,53	0,70	0,51	1	0,15	0,57	0,02	-0,37	-0,10	-0,11	-0,21	0,03	0,03	0,09
	p-value	4,91E-03	6,24E-04	0,06	0,01	0,08	--	0,63	0,04	0,94	0,22	0,75	0,72	0,50	0,93	0,91	0,76
Mar	P, Corr,	0,05	0,10	0,30	-0,16	-0,22	0,15	1	-0,12	0,16	-0,11	0,46	0,61	-0,22	-0,08	-0,42	-0,37
	p-value	0,87	0,74	0,32	0,60	0,47	0,63	--	0,69	0,61	0,73	0,11	0,03	0,46	0,80	0,16	0,21
Sap	P, Corr,	0,23	0,31	0,54	0,36	0,19	0,57	-0,12	1	0,23	-0,26	-0,11	-0,33	-0,13	0,16	-0,17	0,30
	p-value	0,46	0,31	0,06	0,22	0,54	0,04	0,69	--	0,44	0,39	0,73	0,26	0,68	0,61	0,59	0,31
Textura	P, Corr,	0,07	0,07	0,38	-0,04	-0,07	0,02	0,16	0,23	1	-0,63	0,43	0,17	-0,76	0,30	-0,67	0,05
	p-value	0,81	0,81	0,21	0,91	0,83	0,94	0,61	0,44	--	0,02	0,15	0,59	0,00	0,32	0,01	0,87
C,H,	P, Corr,	-0,62	-0,61	-0,45	-0,19	-0,16	-0,37	-0,11	-0,26	-0,63	1	-0,43	0,13	0,78	-0,44	0,33	-0,39
	p-value	0,02	0,03	0,13	0,54	0,60	0,22	0,73	0,39	0,02	--	0,15	0,66	0,00	0,13	0,27	0,19
Dr	P, Corr,	0,20	0,17	0,45	-0,10	0,07	-0,10	0,46	-0,11	0,43	-0,43	1	0,35	-0,44	0,21	-0,71	0,18
	p-value	0,51	0,57	0,13	0,74	0,83	0,75	0,11	0,73	0,15	0,15	--	0,25	0,13	0,48	0,01	0,56
Da	P, Corr,	-0,06	-0,02	0,07	-0,25	-0,18	-0,11	0,61	-0,33	0,17	0,13	0,35	1	-0,18	-0,34	-0,57	-0,86
	p-value	0,85	0,96	0,82	0,41	0,56	0,72	0,03	0,26	0,59	0,66	0,25	--	0,56	0,25	0,04	0,00
C,E,	P, Corr,	-0,33	-0,35	-0,39	-0,27	-0,08	-0,21	-0,22	-0,13	-0,76	0,78	-0,44	-0,18	1	-0,36	0,49	-0,06
	p-value	0,26	0,24	0,19	0,37	0,80	0,50	0,46	0,68	0,00	0,00	0,13	0,56	--	0,22	0,09	0,86
pH	P, Corr,	-0,01	-1,55E-03	0,26	0,27	0,23	0,03	-0,08	0,16	0,30	-0,44	0,21	-0,34	-0,36	1	-0,08	0,47
	p-value	0,97	1,00	0,40	0,37	0,45	0,93	0,80	0,61	0,32	0,13	0,48	0,25	0,22	--	0,79	0,10
% m,o,	P, Corr,	-0,16	-0,14	-0,61	0,02	-0,11	0,03	-0,42	-0,17	-0,67	0,33	-0,71	-0,57	0,49	-0,08	1	0,21
	p-value	0,61	0,65	0,03	0,95	0,72	0,91	0,16	0,59	0,01	0,27	0,01	0,04	0,09	0,79	--	0,49
% P	P, Corr,	0,20	0,14	0,19	0,22	0,23	0,09	-0,37	0,30	0,05	-0,39	0,18	-0,86	-0,06	0,47	0,21	1
	p-value	0,52	0,65	0,54	0,47	0,44	0,76	0,21	0,31	0,87	0,19	0,56	1,62E-04	0,86	0,10	0,49	--

ANEXO 7

Fotografías

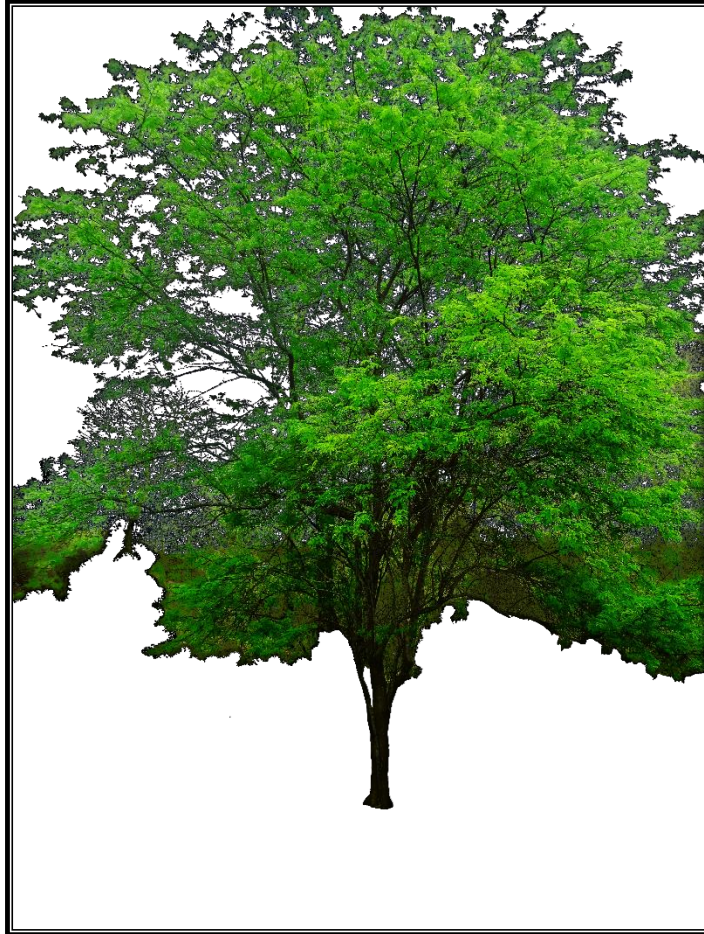


Figura 13. *Prosopis pallida* “Algarrobo”



Figura 14. *Caesalpinia paipai* "Charán negro"

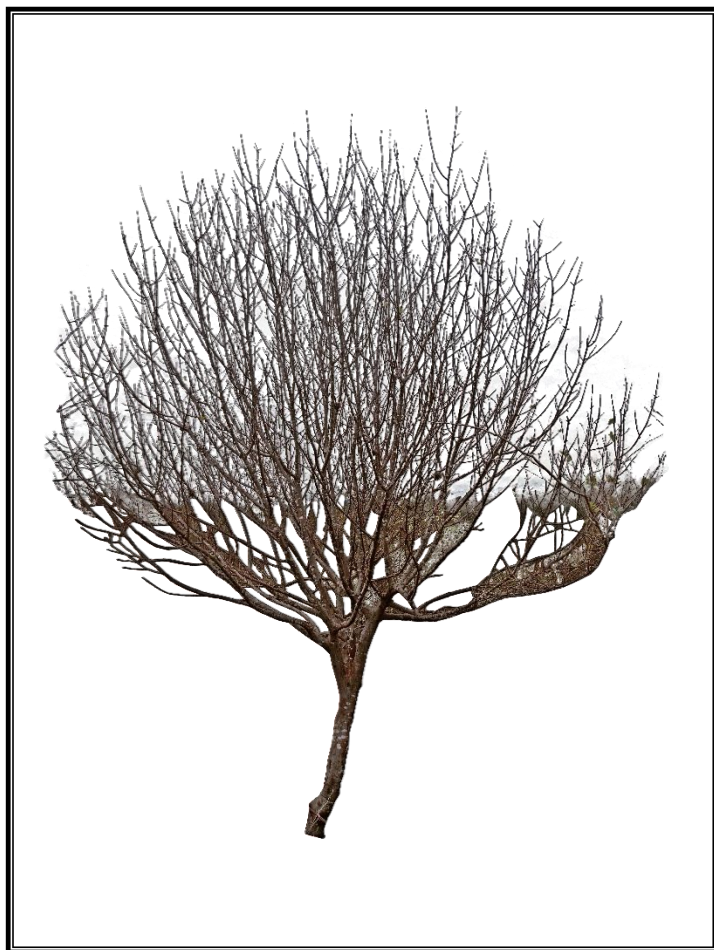


Figura 15. *Bursera graveolens* "Palo santo"



Figura 16. *Loxopterygium huasango* "Hualtaco"

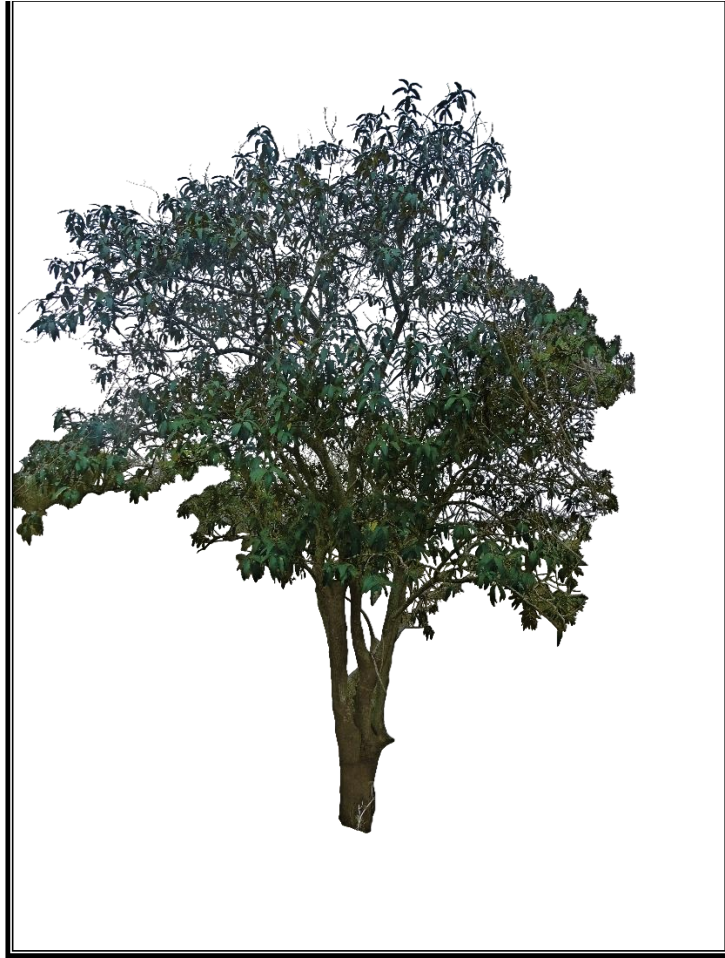


Figura 17. *Colicodendron scabridum* "Sapote"

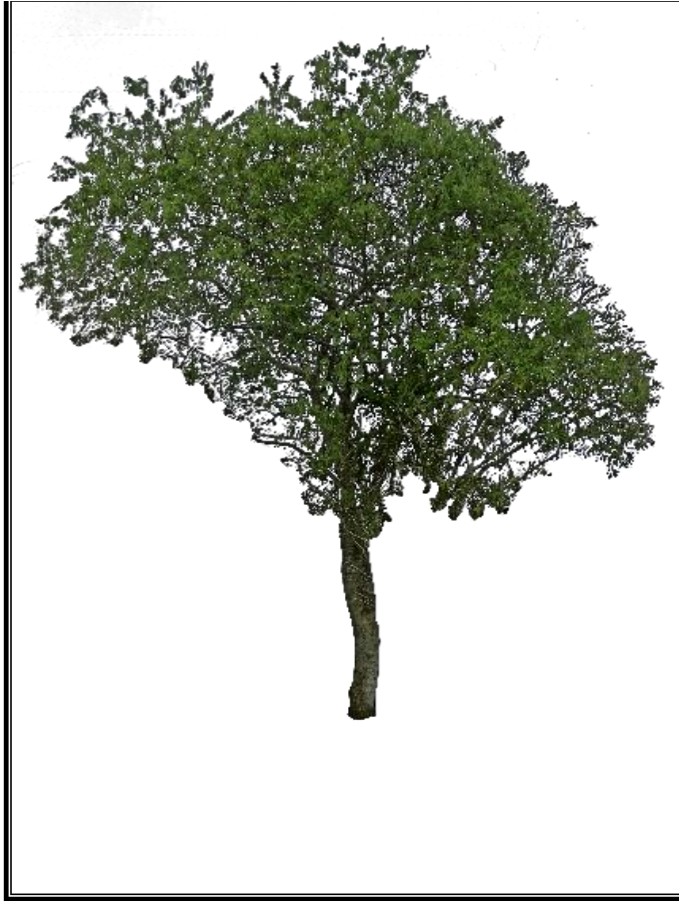


Figura 18. *Cynophalla flexuosa* "Margarito"



Figura 19. *Armatocereus cartwrightianus* “Cardo maderero”



Figura 20. Profundidad de hoyo



Figura 21. Toma de muestra de suelo



Figura 22. Ensayo granulométrico



Figura 23. Método de Bouyoucos



Figura 24. Ensayo contenido de humedad



Figura 25. Ensayo densidad real



Figura 26. Ensayo pH y conductividad eléctrica



Figura 27. Determinación de Materia orgánica



Figura 28. Subparcela de latizales



Figura 29. Subparcela de brinzales



Figura 30. Medición de brinzal de Palo Santo



Figura 31. Subparcela de cactáceas (*Cereus diffusus*)