

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE SECO DE LA ZONA DE OBRAS DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN OLMOS, 2023

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Presentada por:

HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO

Asesor:

M.Sc. VITOLY BECERRA MONTALVO

Cajamarca, Perú

2025



**Universidad
Nacional de
Cajamarca**
"Norte de la Universidad Peruana"



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Henry William Sarmiento Castillo
DNI: 27750769
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Sociales. Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Desarrollo y Medio Ambiente
2. Asesor: M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023
6. Fecha de evaluación: **01/10/2025**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **14%**
9. Código Documento: **317:506577459**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ **APROBADO** ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **02/10/2025**

<i>Firma y/a Sello Emisor Constancia</i>
 M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 por
HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD

ESCUELA DE POSGRADO

CAJAMARCA - PERU

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:20 horas, del día 21 de Agosto de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-107 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. WILFREDO POMA ROJAS**, **DR. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **DR. VICTOR HUGO DELGADO CÉSPEDES**, y en calidad de Asesor el **M. SC. VITOLY BECERRA MONTALVO**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **"INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE SECO DE LA ZONA DE OBRAS DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN OLMOS, 2023."**, presentada por el bachiller en Ciencias Forestales **HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó ...APROBAR... con la calificación de ...DIECISIETE (17)... la mencionada TESIS; en tal virtud, el bachiller en Ciencias Forestales, **HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **CIENCIAS SOCIALES**, con mención en **DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE**.

Siendo las 12:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Asesor

Dr. Wilfredo Poma Rojas
Jurado Evaluador

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

Dr. Victor Hugo Delgado Céspedes
Jurado Evaluador

A:

El Gran Arquitecto del Universo, por guiarme y ayudarme a entender el propósito de mi vida.

Mis hijos, Bryam, Henry y Alondra, por ser fuente de mi perseverancia.

Delia Madali, mi amada esposa, a quien admiro, y es mi orgullo y mi fortaleza.

Mis padres, María Bremilda y Julián Idelso, quienes contribuyeron en mi formación personal y profesional, y siempre han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas.

Mis hermanos, Nela, Lily, David, Rosa y Edward, quienes son el estímulo para cada día alcanzar nuevas metas.

Mis abuelos, Ydelso y Esperanza, que han sido los mejores guías en mi vida, con su ejemplo y sus enseñanzas.

AGRADECIMIENTO

Al ver el resultado logrado con este ambicioso proyecto, solamente se me ocurre una palabra que resuena con fuerza: ¡Gracias!

A la Universidad Nacional de Cajamarca, mi alma mater, por su valioso aporte a mi formación académica y profesional.

A mi asesor, M. Sc. Ing. Vitoly Becerra Montalvo, por su orientación académica, su rigurosidad científica y su firme compromiso con el desarrollo de esta investigación, cualidades que han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

A los ingenieros Mario De La Cruz Melendrez, Willy Romero Julca y Katia Yesenia Arenas Dávila, por su significativo apoyo en los trabajos de campo.

Lo que estamos haciendo a los bosques del mundo no es más que un reflejo de lo
que nos hacemos a nosotros mismos y entre nosotros.

- Mahatma Gandhi

INDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Justificación e importancia.....	5
1.3. Delimitación de la investigación	7
1.4. Objetivos	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la investigación.....	10
2.2. Marco conceptual.....	17
2.3. Definición de términos básicos	28
CAPÍTULO III PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	32
3.1. Hipótesis.....	32
3.2. Variables	33
3.3. Operacionalización de Variables	33
CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO	35
4.1. Ubicación del estudio.....	35
4.2. Diseño de la investigación.....	37
4.3. Métodos de investigación.....	37
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación.....	39
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	41
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	45
4.7. Matriz de consistencia metodológica.....	54
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Resultados	55
4.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	173
4.3. Contrastación de hipótesis.....	189

CONCLUSIONES	193
RECOMENDACIONES	196
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	198
ANEXOS.....	204

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables en estudio.....	34
Tabla 2 Tipo de investigación realizada.....	38
Tabla 3 Fuentes, técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos de cada variable.....	41
Tabla 4 Matriz de consistencia metodológica.....	54
Tabla 5 Listado de especies de flora arbórea presentes en el área de estudio.....	56
Tabla 6 Número de individuos de especie arbóreas presentes por cada parcela evaluada	57
Tabla 7 Composición florística del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos	59
Tabla 8 Abundancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	61
Tabla 9 Frecuencia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	64
Tabla 10 Dominancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos	66
Tabla 11 Índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas presentes en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	70
Tabla 12 Estratos del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos	75
Tabla 13 Altura promedio de las especies presentes en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	76
Tabla 14 Ubicación de perfiles modales en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos	80
Tabla 15 Descripción del perfil de las calicatas - Ubicación de calicatas y taxonomía del suelo.....	81
Tabla 16 Descripción del perfil de las calicatas - Características físicas básicas	85
Tabla 17 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte A1 presente en cada calicata.....	90
Tabla 18 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte BC presente en cada calicata.....	97
Tabla 19 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C presente en cada calicata.....	97
Tabla 20 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C1 presente en cada calicata.....	102
Tabla 21 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C2 presente en cada calicata.....	108
Tabla 22 Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C3 y C4 presente en cada calicata.....	108
Tabla 23 Propiedades físicas y químicas del suelo del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	113
Tabla 24 Propiedades químicas y físicas del suelo en relación con la composición estructural del bosque seco estacional.....	117
Tabla 25 Resultados del análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre la variable 1 frente a la variable 2.....	119
Tabla 26 Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas del suelo y el número de árboles, número de especies y volumen maderable	151
Tabla 27 Correlación y significancia estadística entre propiedades químicas del suelo y el número de árboles, número de especies y volumen maderable.....	166

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del área de estudio – Parcelas de evaluación permanente.....	36
Figura 2 Ubicación de calicata en cada parcela, para caracterizar el suelo y obtener las muestras	43
Figura 3 Distribución de calicatas en el área de estudio.....	44
Figura 4 Abundancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.	61
Figura 5 Frecuencia relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	64
Figura 6 Dominancia relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	67
Figura 7 Índice de valor de importancia de las especies arbóreas presentes en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos	70
Figura 8 Individuos por estrato del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos	76
Figura 9 Altura promedio de las especies presentes en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	77
Figura 10 Esquema de la estructura vertical del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos.....	78
Figura 11 Relación entre profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo y número de árboles	120
Figura 12 Relación entre profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo y número de especies	121
Figura 13 Relación entre profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo y volumen maderable	122
Figura 14 Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el número de árboles.....	123
Figura 15 Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el número de especies.....	124
Figura 16 Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el volumen maderable	125
Figura 17 Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el número de árboles.....	127
Figura 18 Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el número de especies	128
Figura 19 Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el volumen maderable	129
Figura 20 Relación entre la densidad aparente del suelo y el número de árboles	130
Figura 21 Relación entre la densidad aparente del suelo y el número de especies.....	131
Figura 22 Relación entre la densidad aparente del suelo y el volumen maderable.....	132
Figura 23 Relación entre el pH del suelo y el número de árboles.....	134
Figura 24 Relación entre el pH del suelo y el número de especies arbóreas.....	135
Figura 25 Relación entre el pH del suelo y el volumen maderable	136
Figura 26 Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el número de árboles	137
Figura 27 Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el número de especies	138
Figura 28 Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el volumen maderable.....	139
Figura 29 Relación entre la salinidad del suelo y el número de árboles	140
Figura 30 Relación entre la salinidad del suelo y el número de especies.....	141
Figura 31 Relación entre la salinidad del suelo y volumen maderable	142
Figura 32 Relación entre potasio presente en el suelo y número de árboles	144
Figura 33 Relación entre potasio presente en el suelo y número de especies.....	145
Figura 34 Relación entre potasio presente en el suelo y volumen maderable.....	146
Figura 35 Relación entre fósforo presente en el suelo y número de árboles.....	147
Figura 36 Relación entre fósforo presente en el suelo y número de especies	148
Figura 37 Relación entre fósforo presente en el suelo y volumen maderable	149

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

DAP: Diámetro a la altura del pecho.

AB: Área Basal.

IVI: Índice de Valor de Importancia.

ha: hectárea.

m²: metro cuadrado.

m³: metro cúbico.

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico.

UNESCO: La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

FAO: Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

GRL: Gobierno Regional Lambayeque.

MINAM: Ministerio del Ambiente.

RESUMEN

Los bosques secos constituyen ecosistemas altamente amenazados, cuya conservación se ve limitada por la presión antrópica y la baja fertilidad de sus suelos. En la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, se establecieron en 2018 parcelas permanentes de muestreo como parte de la actualización del estudio de impacto ambiental de 456 ha de bosque intangible en recuperación natural. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la composición florística y la estructura del bosque seco estacional. Para ello se evaluaron ocho parcelas de 0,5 ha, en las que se realizó un inventario forestal de árboles con $DAP \geq 10$ cm y la apertura de calicatas para caracterizar perfiles edáficos y recolectar muestras. La estructura del bosque se analizó en sus componentes horizontal y vertical, y las asociaciones estadísticas se determinaron mediante la correlación de Pearson y pruebas de significancia en SPSS V25. Los resultados mostraron que el pH se asoció moderadamente con la abundancia y el volumen, la materia orgánica y la salinidad favorecieron la biomasa, pero redujeron la diversidad, el potasio y el fósforo ejercieron efectos negativos sobre la riqueza florística, y la profundidad efectiva se relacionó positivamente con el número de especies. Se concluyó que las propiedades edáficas influyeron de manera diferenciada en la estructura del bosque seco, confirmando que ciertas variables químicas y físicas condicionaron la diversidad y la productividad en este ecosistema frágil.

Palabras clave: bosque seco, estructura del bosque, índice de valor de importancia, propiedades del suelo.

ABSTRACT

Dry forests are highly threatened ecosystems whose conservation is limited by anthropogenic pressure and low soil fertility. In the project area of the Olmos Irrigation Scheme, permanent sampling plots were established in 2018 as part of the environmental impact assessment update for 456 ha of intangible forest under natural recovery. The aim of this research was to determine the influence of physical and chemical soil properties on the floristic composition and structural organization of the seasonal dry forest. Eight permanent plots of 0.5 ha were evaluated, where a forest inventory was carried out including all trees with DBH ≥ 10 cm, and soil pits were excavated to characterize soil profiles and collect samples. Forest structure was assessed in its horizontal and vertical components, and statistical associations were analyzed using Pearson's correlation and significance tests in SPSS V25. The results showed that soil pH was moderately associated with tree abundance and stand volume, organic matter and salinity favored biomass but reduced species diversity, potassium and phosphorus had negative effects on floristic richness, and effective depth was positively related to the number of species. It was concluded that soil properties differentially influenced the structure of the dry forest, confirming that certain chemical and physical variables conditioned both diversity and productivity in this fragile ecosystem.

Keywords: dry forest, forest structure, importance value index, soil properties.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Contextualización

Los bosques secos son considerados entre los ecosistemas más frágiles del planeta debido a su limitada capacidad de regeneración natural y a las constantes amenazas de deforestación, ya sea por causas naturales o, principalmente, por actividades humanas. A pesar de albergar una biodiversidad notable y adaptada a condiciones extremas, estos ecosistemas están expuestos a una intervención antrópica continua, que ha venido degradando y modificando profundamente sus hábitats originales (Bellorin Umanzor, 2018).

En el caso del Perú, los bosques secos cubren aproximadamente 39 451 km², lo que representa solo el 3,07 % del territorio nacional. A pesar de su reducida extensión, son altamente vulnerables a la desertificación, presentan un elevado grado de amenaza y han sido históricamente poco estudiados. Estos ecosistemas, incluso más frágiles que los bosques tropicales húmedos, han sufrido una acelerada pérdida de biodiversidad debido a la expansión agrícola, ganadera y urbana. Esta situación se ve agravada por la fertilidad relativa de sus suelos, que, al presentar menor lixiviación y menor cobertura vegetal, se vuelven atractivos para usos no forestales. Como consecuencia, existe una escasez de información científica sobre su composición florística, estructura y dinámica ecológica, lo que limita la capacidad para su manejo y conservación (Gálvez Gamarra, 2012).

En este contexto, el área de estudio corresponde a una muestra representativa del bosque seco estacional, ubicada dentro de las 456 hectáreas intangibles bajo proceso de recuperación natural, en la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, al norte del distrito de Olmos, provincia y región Lambayeque. Esta zona, además de poseer un alto valor ecológico, ha sido objeto de intervención antrópica y de presión creciente por el desarrollo de infraestructura hidráulica y la expansión de la frontera agrícola. El problema identificado se relaciona con la necesidad de comprender cómo las propiedades físicas y químicas del suelo influyen en la estructura de este ecosistema forestal en recuperación, a fin de orientar estrategias de conservación y manejo sostenible en un entorno ecológicamente sensible y estratégicamente importante para la región.

1.1.2. Descripción del problema

Gonzáles Mantilla y Neri (2015) señalan que el bosque seco tropical de Perú es un ecosistema que refleja una gran riqueza biológica, cultural y paisajística, y se distingue por su alto valor endémico. No obstante, enfrenta constantes amenazas debido al mal manejo de sus recursos y a los conflictos sociales presentes en sus áreas.

Herrera et al. (2017), en su presentación sobre la fauna de los bosques secos de Piura, con énfasis en especies clave y amenazadas, retoman a Mittermeier et al. (2005), quienes destacan que “el área del bosque seco es considerada una zona de importancia biológica por ser un ecosistema singular, muy amenazado y poco conocido, con presencia de especies endémicas y un importante grado de diversidad local y regional en una superficie relativamente reducida”.

Si bien existen estudios realizados en algunas áreas clave de los bosques secos del norte de Perú, hay fragmentos y remanentes de este ecosistema que han sido ignorados o poco estudiados debido a que se consideran bosques en estado de degradación o en una etapa intermedia entre desierto y bosque húmedo, lo que lleva a que se les vea como bosques pobres y con poca diversidad (Gálvez Gamarra, 2012). Este es el caso de los bosques intangibles en el área del proyecto de irrigación Olmos, donde las investigaciones son muy limitadas, y se carece de estudios sobre la composición y estructura de los bosques secos, así como sobre la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la recuperación natural de estos ecosistemas, particularmente en el bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos.

1.1.3. *Formulación del problema*

La regeneración natural del bosque seco estacional representa un proceso ecológico de gran importancia, pero también de alta vulnerabilidad, debido a las múltiples amenazas derivadas de actividades antrópicas y de los efectos del cambio climático. A pesar de albergar una notable biodiversidad, estos ecosistemas están en riesgo de desertificación, y su dinámica ecológica ha sido escasamente estudiada, especialmente en regiones como el norte del Perú. Esta situación motivó el desarrollo de la presente investigación, orientada a comprender mejor los factores edáficos que inciden en su estructura.

En este contexto, el problema central se planteó a partir de la siguiente interrogante: ¿Cómo influyen las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, 2023?

Para dar respuesta a esta interrogante, se llevó a cabo el análisis de un conjunto de variables edáficas, diferenciadas en propiedades físicas y químicas del suelo. Dentro de las propiedades físicas se incluyeron el contenido de arena y arcilla, la densidad aparente y la profundidad efectiva del horizonte “A”. En lo que respecta a las propiedades químicas, se evaluaron el pH (adimensional), salinidad (mS/m), contenido de materia orgánica (%) y la concentración de macronutrientes (ppm), específicamente potasio (K) y fósforo (P). Estas variables fueron posteriormente contrastadas con los indicadores estructurales del bosque seco, representado en cada parcela evaluada, por el número total de árboles, el número de especies y el volumen (m³) de los individuos presentes.

Asimismo, se formularon las siguientes preguntas específicas derivadas del problema general:

1. ¿Cómo es la composición florística y la estructura horizontal y vertical del bosque seco de las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023?
2. ¿Cómo se caracteriza el perfil del suelo del bosque seco de las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023?
3. ¿Cómo es la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación científica

La escasa investigación y la limitada información científica disponible sobre los bosques secos y su composición florística, sobre los bosques secos estacionales del norte peruano, en particular en la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, justifica la necesidad de realizar investigaciones que profundicen en su estructura ecológica y su relación con las condiciones edáficas. Estos ecosistemas, caracterizados por su fragilidad ecológica y su alta biodiversidad adaptada a condiciones áridas, enfrentan procesos de degradación acelerada y pérdida progresiva de su cobertura y composición florística debido a presiones antrópicas e intervenciones de infraestructura.

En este contexto, el presente estudio se fundamenta en los marcos teóricos de la ecología de comunidades, la edafología forestal y la dinámica estructural de los ecosistemas secos, los cuales sostienen que las propiedades físicas y químicas del suelo —como arena (%), arcilla (%), densidad aparente (g/cm^3), profundidad efectiva del horizonte “A” (cm), pH (adimensional), salinidad (mS/m), contenido de materia orgánica (%) y la concentración de macronutrientes (ppm), específicamente potasio (K) y fósforo (P)— ejercen una influencia directa en la composición, abundancia y distribución de las especies vegetales. Diversos estudios internacionales y nacionales han evidenciado estas relaciones en ecosistemas tropicales secos, aunque con escasa aplicación específica en el contexto del bosque seco del área de Olmos.

Por tanto, esta investigación contribuye al cuerpo científico existente al aplicar un enfoque empírico y cuantitativo sobre la interacción suelo–vegetación, a

través del análisis de parcelas permanentes de muestreo. Los resultados permitirán comprender de manera más precisa cómo las propiedades edáficas condicionan la estructura del bosque seco, aportando insumos relevantes para su conservación, manejo sostenible y restauración ecológica en escenarios de recuperación natural.

1.2.2. *Justificación técnica - práctica*

La información que se ha generado constituye un insumo importante para la planificación de acciones que permitirán gestionar mejor los bosques secos en beneficio de la recuperación del ecosistema y por ende la riqueza biológica que albergan estos medios naturales; esto redundará en una mejora del equilibrio ecológico para el desarrollo sostenible de las poblaciones aledañas al lugar.

1.2.3. *Justificación institucional y personal*

La investigación se justifica en el marco de la obtención de la mención en desarrollo y medio ambiente, otorgada por la unidad de posgrado de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Cajamarca. Este estudio es relevante porque el desarrollo está vinculado a la interacción territorial, la creación de vínculos horizontales entre diferentes áreas geográficas, así como a la dependencia, independencia e interdependencia de estos espacios o ecosistemas. Los resultados serán clave para la planificación y toma de decisiones en diversos niveles, apoyando la conservación y uso sostenible del bosque seco del norte del Perú, alineados con un enfoque de desarrollo sostenible.

A nivel personal, la investigación es una oportunidad para ampliar conocimientos en ciencias forestales, enfocándose en el bosque seco tropical de la

costa norte del Perú, un ecosistema frágil y con alta diversidad biológica que enfrenta graves amenazas como la desertificación, y que ha sido poco estudiado.

1.3. Delimitación de la investigación

Delimitación Conceptual

La investigación se enfoca en analizar cómo las propiedades físicas y químicas del suelo, como arena (%), arcilla (%), densidad aparente (g/cm^3), profundidad efectiva del horizonte “A” (cm), pH (adimensional), salinidad (mS/m), contenido de materia orgánica (%) y la concentración de macronutrientes (ppm), específicamente potasio (K) y fósforo (P), influyen en la composición y estructura arbórea del bosque seco estacional ubicado en la zona donde se desarrollan las obras del proyecto de irrigación Olmos, considerando indicadores como el número de individuos, el número de especies y el volumen (m^3), en un ecosistema en recuperación natural sin intervención antrópica reciente.

Delimitación Espacial

Los resultados son aplicables a las 456 hectáreas de bosque intangible dentro del área de influencia de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, al norte del distrito de Olmos, en la provincia y región Lambayeque. Esta área, bajo proceso de recuperación natural y sin intervención antrópica directa reciente, representa un ecosistema característico del bosque seco del noroeste peruano.

Los resultados obtenidos son representativos de este ecosistema específico, y su aplicabilidad se extiende a zonas que presenten condiciones edafoclimáticas,

ecológicas y de conservación similares, contribuyendo al conocimiento y gestión de bosques secos en contextos comparables dentro de la región costera árida del país.

Delimitación Temporal

La validez temporal de la presente investigación comprende el periodo 2023–2028, correspondiente a un horizonte de cinco años calendario, en el cual se prevé que las propiedades físicas y químicas del suelo no experimenten variaciones significativas que alteren la validez de los resultados obtenidos. Esta proyección se sustenta en el hecho de que el área de estudio, correspondiente a 456 hectáreas de bosque seco intangible bajo recuperación natural, no ha sido sometida a intervenciones antrópicas directas, ni presenta cambios de uso de suelo, actividades agrícolas o disturbios externos en el corto plazo que pudieran modificar sustancialmente sus características edáficas.

Desde un enfoque edafológico, se reconoce que en ecosistemas áridos y semiáridos como el bosque seco estacional, los procesos de formación y modificación del suelo son lentos debido a la baja tasa de lixiviación, escasa precipitación y limitada actividad biológica en el perfil edáfico. Por ello, propiedades como el pH, la textura, la salinidad, el contenido de materia orgánica y los niveles de macronutrientes tienden a mantenerse relativamente estables durante lapsos plurianuales, especialmente en ausencia de disturbios mayores.

En consecuencia, se considera que los datos obtenidos durante el año base 2023 conservarán su vigencia y representatividad durante el periodo evaluado (hasta 2028), garantizando la solidez y aplicabilidad de los resultados para el

análisis de la estructura del bosque seco en recuperación y su relación con las propiedades del suelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Determinar la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023.

1.4.2. *Objetivos específicos*

Determinar la composición florística y la estructura horizontal y vertical del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023.

Describir el perfil del suelo de los bosques secos de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023.

Establecer la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Toala Gutiérrez (2021) desarrolló la investigación titulada *Análisis de la composición arbórea y del suelo del bosque seco tropical en La Pila Vieja, comuna Sancán, Ecuador*, con el objetivo de caracterizar la diversidad arbórea y las propiedades fisicoquímicas del suelo en dicha zona. El estudio abordó el problema de la escasa información sobre la estructura vegetal y las condiciones edáficas de los bosques secos ecuatorianos. Para ello, se establecieron seis parcelas de 50 m × 20 m como unidades de muestreo, donde se recolectaron especímenes botánicos para su identificación taxonómica, así como muestras de suelo para su respectivo análisis físico y químico. Se identificaron 295 individuos distribuidos en 15 familias, 20 géneros y 21 especies, destacando las familias Fabaceae y Malvaceae, y las especies *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) como las de mayor importancia ecológica. En cuanto a las características del suelo, se registraron valores de pH entre neutro y ligeramente ácido, contenidos de humedad de medio a bajo, y texturas predominantes arcillosa y franco-arcillosa, clasificándose como suelos tipo Inceptisoles según el “Mapa de órdenes de suelos del Ecuador”. Se concluyó que tanto la composición florística como las propiedades del suelo reflejan una condición ecológica particular del bosque seco tropical en la zona estudiada.

Cevallos Pincay (2020) llevó a cabo la investigación titulada *Cobertura arbórea y características del suelo del bosque seco tropical en el sector Quimís, comuna Sancán, Ecuador*, cuyo propósito fue caracterizar la composición arbórea y las propiedades edáficas de este ecosistema. La investigación abordó el problema del conocimiento limitado sobre la estructura de la vegetación y las condiciones del suelo en bosques secos de la región. Para ello, se establecieron seis parcelas de 50 m × 20 m, aplicando una clasificación estructural por estratos: arbóreo alto, arbóreo bajo y brinzal. Los resultados indicaron la presencia de 241 individuos distribuidos en 12 familias, 22 géneros y 22 especies. Las familias más representativas fueron Fabaceae, Euphorbiaceae y Capparaceae, mientras que las especies con mayor importancia ecológica fueron *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch, *Geoffroea spinosa* Jacq. y *Cordia lutea* Lam. En cuanto a las propiedades del suelo, se registró un pH que osciló entre prácticamente neutro y neutro, y una textura predominantemente arcillosa y franco-arcillo-arenosa, clasificándose como suelo tipo Inceptisol. Además, se evidenció un contenido medio-bajo de materia orgánica, lo cual indica suelos con fertilidad moderada y buena disponibilidad de nutrientes, capaces de sustentar el desarrollo de la vegetación arbórea. Se concluyó que la composición florística y las condiciones del suelo están estrechamente relacionadas y constituyen factores clave en la dinámica ecológica del bosque seco tropical de la zona evaluada.

Ferrufino-Acosta et al. (2019) realizaron un estudio titulado *Composición florística del bosque seco del Valle de Agalta, Honduras*, con el objetivo de caracterizar la diversidad vegetal de este ecosistema y aportar información relevante para su conservación. La investigación abordó la problemática de la escasa documentación científica sobre la estructura y diversidad de los bosques

secos en la región. Para la recolección de datos, se establecieron 265 parcelas distribuidas en 35 sitios de muestreo. Como resultado, se identificaron 316 especies pertenecientes a 76 familias y 222 géneros, con una composición mayoritaria de eudicotiledóneas (79 %), seguidas de monocotiledóneas (15 %), monilófitas (8 %) y gimnospermas (1 %). Las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron *Acacia picachensis*, *Eugenia hondurensis* y *Lysiloma acapulcense*. En cuanto a la estructura del bosque, tanto la distribución vertical como la horizontal reflejaron un predominio de individuos jóvenes. Se concluyó que el bosque seco del Valle de Agalta constituye un hábitat importante para numerosas especies nativas, raras y endémicas, lo que resalta su alto valor ecológico y la necesidad de medidas de conservación.

Aguirre et al. (2021) desarrollaron el estudio titulado *Composición florística y estructura del bosque seco en Mangahurco, cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador*, con el propósito de caracterizar la diversidad vegetal y la estructura de este ecosistema seco. El estudio respondió a la necesidad de generar información científica sobre la riqueza florística y los patrones estructurales del bosque seco de la región. Para ello, se estableció una parcela permanente de 100 m × 100 m, subdividida en subparcelas de 20 m × 20 m, en las cuales se inventariaron todos los individuos con un diámetro ≥ 5 cm. Se calcularon parámetros estructurales como área basal, volumen, e índice de diversidad de Shannon. Los resultados permitieron identificar 61 especies pertenecientes a familias como Fabaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Malvaceae y Verbenaceae. El índice de Shannon fue de 0,38 para árboles, 0,26 para arbustos y 0,42 para hierbas, lo que reflejó una diversidad moderada. Las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron *Handroanthus chrysanthus*, *Simira ecuadorensis* y *Citharexylum gentryi*. Además,

se identificaron tres estratos verticales bien diferenciados: en el estrato superior destacaron *Terminalia valverdae*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus*, *Ceiba trichistandra* y *Eriotheca ruizii*; en el estrato medio codominante se registraron *Simira ecuadorensis*, *Chloroleucon mangense*, *Celtis loxensis*, *Caesalpinia glabrata* y *Geoffroea spinosa*; mientras que en el estrato suprimido predominaban *Celtis loxensis*, *Pisonia aculeata* y *Cynophylla sclerophylla*. Finalmente, se estimó un área basal de 16,99 m²/ha y un volumen de 61,11 m³/ha, lo que permitió concluir que el bosque seco de Mangahurco presenta una estructura compleja y una composición florística diversa que justifican su conservación y monitoreo continuo.

Lemos y González (2015) realizaron el estudio titulado *Estructura y composición de la comunidad vegetal del bosque seco tropical del ecoparque Bataclán, Cali, Colombia*, con el objetivo de evaluar las diferencias en la composición florística y estructura de la vegetación bajo dos estrategias de regeneración: regeneración natural con barreras de bambú y regeneración natural sin barreras. Para ello, se establecieron tres parcelas permanentes de 500 m² en cada estrategia, sumando un total de seis parcelas, y se aplicaron distintos tipos de muestreo considerando todos los hábitos de crecimiento (árboles, arbustos, hierbas, trepadoras y epífitas). Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre ambas estrategias en términos de composición y estructura vegetal. Se registraron 41 especies pertenecientes a 27 familias, predominando los árboles y arbustos (58,5 %), seguidos por hierbas (24,4 %), trepadoras o escandentes (14,6 %) y epífitas (2,4 %). La familia dominante fue Melastomataceae y la especie con mayor representatividad fue *Miconia prasina*. Asimismo, se identificaron especies indicadoras de alta luminosidad como la orquídea *Catasetum*

ochraceum y el pasto *Thrasya petrosa*. Se concluyó que la comunidad vegetal se encuentra en un estado sucesional temprano, caracterizado por una mezcla de especies pioneras, tanto plantadas como naturalmente regeneradas, provenientes de bosques secos tropicales cercanos y de otras zonas de vida.

Herazo et al. (2017) llevaron a cabo el estudio titulado *Caracterización de la estructura y composición de fragmentos de bosque seco tropical en los Montes de María, departamento de Sucre, Colombia*, con el objetivo de evaluar la diversidad florística y la estructura de la vegetación en diferentes localidades de esta ecorregión. El estudio abordó el problema de la degradación y fragmentación del bosque seco tropical en el Caribe colombiano, aplicando el método RAP (Rapid Assessment Program) con algunas modificaciones para el muestreo en siete localidades. Se registraron un total de 363 especies distribuidas en 196 géneros y 65 familias, siendo Capparaceae, Fabaceae y Rubiaceae las familias con mayor importancia ecológica. Las especies con mayores Índices de Valor de Importancia (IVI) fueron *Simira cordifolia*, *Trichilia acuminata* y *Myrcia fallax*. En cuanto al hábito de crecimiento, predominó el arbustivo, seguido por el arbóreo, siendo el herbáceo el menos representativo. El análisis de clases altimétricas, diamétricas y de área basal indicó que las localidades de Paraíso, Pajarito, Garrapata y Casa Amarilla Uno presentaban un mejor estado de conservación, al concentrar un mayor número de individuos en la clase altimétrica II (árboles adultos entre 5,1 y 10 m de altura) y en la clase diamétrica III (árboles maderables con DAP entre 22 y 46 cm). Se concluyó que estos fragmentos de bosque seco conservan una estructura florística representativa y funcional, con potencial para procesos de restauración ecológica.

Cueva et al. (2019) desarrollaron el estudio titulado *Influencia de la altitud en la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino*, con el objetivo de analizar cómo varía la diversidad vegetal y la biomasa en función del gradiente altitudinal. La investigación abordó la problemática del desconocimiento sobre el comportamiento ecológico del bosque seco en zonas andinas elevadas. Para ello, se evaluaron diferentes sitios altitudinales, registrando un total de 2,012 individuos pertenecientes a 39 especies y un morfotipo, distribuidos en 35 géneros y 23 familias. Las familias con mayor diversidad fueron Asteraceae, Fabaceae y Myrtaceae, mientras que las especies con mayor importancia ecológica fueron *Myrcianthes* sp., *Lafoensia acuminata*, *Xylosma* sp., *Mauria heterophylla* y *Vachellia macracantha*. Los resultados mostraron que, conforme aumenta la altitud, también lo hacen la riqueza florística, la complejidad estructural y la biomasa arbórea. Se concluyó que la altitud constituye una variable determinante en la dinámica ecológica del bosque seco andino, siendo fundamental en los estudios de biodiversidad y planificación para su conservación.

Arellano (2020), en su tesis de doctorado, desarrolló el estudio titulado *Caracterización de la cobertura vegetal boscosa del Sector Sur de la Poligonal Olmos, Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT)*, con el objetivo de evaluar e inventariar la diversidad forestal de esta zona mediante el uso de herramientas de teledetección, específicamente imágenes satelitales Landsat. La investigación abordó la problemática del conocimiento limitado sobre la estructura vegetal de los bosques secos en dicha área, aplicando criterios técnicos establecidos en la *Guía de evaluación de flora silvestre* del Ministerio del Ambiente del Perú. Como resultado, se identificaron 27 especies vegetales agrupadas en 13 familias y 23 géneros. Las familias más representativas en términos de número de especies fueron Fabaceae y

Poaceae, cada una con 6 especies (22,22 %), y Capparaceae con 3 especies (11,11 %). En cuanto a la composición de la cobertura vegetal, las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron *Acacia aroma* (43,87 %), *Prosopis limensis* (21,40 %) y *Colicodendron scabridum* (16,92 %). Se concluyó que el uso de teledetección, complementado con evaluaciones de campo, permite caracterizar eficazmente la diversidad y estructura vegetal del bosque seco en el ámbito del PEOT, aportando información valiosa para su manejo y conservación.

Sánchez et al. (2021) desarrollaron el estudio titulado *Influencia del pH y la salinidad del suelo en la estructura arbórea del bosque seco del Área de Conservación Privada “Gotas de Agua”, en Jaén, Perú*, con el objetivo de evaluar cómo las propiedades fisicoquímicas del suelo influyen en la estructura de la vegetación arbórea. La investigación abordó el problema de la escasa información sobre la relación entre las características edáficas y la estructura del bosque seco tropical. Para ello, se aplicó la metodología de la décima de Gentry en siete parcelas de 50 m × 30 m, divididas en subparcelas de 10 m × 15 m, registrando un total de 200 individuos pertenecientes a 14 especies arbóreas con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm. Los resultados mostraron que, en cuanto a estructura horizontal, *Capparis flexuosa* presentó el mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) con 80,81 %, seguida de *Eriotheca discolor* (69,94 %) y *Ceiba insignis* (64,44 %). La estructura vertical estuvo representada por 144 individuos cuyas alturas oscilaron entre 4,5 m y 8,7 m, correspondientes al piso altimétrico medio. Los análisis fisicoquímicos del suelo evidenciaron bajos niveles de salinidad y rangos de pH ligeramente ácidos a neutros. Se concluyó que el pH del suelo tiene una influencia significativa en la distribución y cobertura de la vegetación arbórea del bosque seco evaluado.

2.2. Marco conceptual

Bosques Secos

Linares (2004), en su artículo Los bosques tropicales estacionalmente secos: El concepto de los bosques secos en el Perú, señala que existen diversas definiciones de bosque seco, las cuales no siempre coinciden en sus enunciados, lo que genera confusión entre los usuarios de estos conceptos. Esta situación se agrava a nivel continental, ya que cada país —desde México hasta Argentina— maneja su propia gama de definiciones para este tipo de ecosistemas. Las formaciones vegetales de bosque seco han recibido muchos nombres en base a su fisonomía (bosques, matorrales, arbustos, sabanas, parques), en base a la cantidad de lluvia recibida (secos o húmedos), estacionalidad (estacionalmente húmedos o secos, xerofíticos), longevidad del follaje (siempreverdes, semi-siempreverdes, semidecíduos, decíduos), y diversas combinaciones y subcombinaciones entre cada uno de ellos.

Los bosques secos se ubican en regiones tropicales donde las temporadas de sequía severa, incluso absoluta, duran de 2 a 5 meses, presentando hábito decíduo y un incremento de especies perennes y suculentas. Se caracterizan por un periodo seco bien definido en el que la mayoría de árboles son caducifolios, sobre todo en el dosel superior, mientras que en los pisos inferiores la caída de hojas es menos notoria. Estos bosques van de densos a ralos, con alta proporción de especies xerofíticas, carecen de follaje en la época seca y poseen baja diversidad florística. Los bosques secos tropicales se distribuyen a ambos lados del Ecuador, adyacentes al cinturón de bosques húmedos decíduos, y se extienden hacia regiones áridas

donde son reemplazados por sabanas de arbustos espinosos, matorrales suculentos y semidesiertos (Cayola Pérez, 2004).

Así mismo Linares (2004) menciona que la mayor extensión de bosques secos en el Perú está en los departamentos de Tumbes, Piura y Lambayeque, existiendo también la distribución de esta formación vegetal en varios departamentos a todo lo largo del Perú, muchas veces ignorado por su presencia como fragmentos o remanentes arbóreos. Estos bosques secos han sido muchas veces considerados como componentes degradados de formaciones vegetales más densas, ricas y exuberantes, influenciando esto en la percepción que se tiene de su valor como objetos de conservación y de investigación. Otras veces los bosques secos son considerados en estado de degradación o en estadio intermedio entre el desierto o la sabana y el bosque húmedo, generalmente atribuidos a acciones antrópicas como la deforestación y el sobrepastoreo.

Según Cayola et al. (2005), la dinámica y distribución de las especies en los bosques secos está condicionada por el clima característico de estos ecosistemas, lo que influye en su heterogeneidad. Además, los autores señalan que otras limitaciones a la distribución de las especies provienen de prácticas como la agricultura migratoria, el sobrepastoreo y la extracción de especies leñosas, lo que contribuye al deterioro progresivo de estos ecosistemas.

Estructural de la Vegetación

Guerrera Pinedo (2018) menciona que, la estructura del bosque y sus cambios fenológicos está influenciado por el microclima y sus modificaciones que

incluyen las condiciones fisiográficas y edáficas, a su vez la estructura forestal, determinan las condiciones microclimáticas.

Para la clasificación de la vegetación, según Murillo y Puente (2022), debe tenerse en cuenta que, una base fundamental debe ser la fisonómica, ya que ella considera las características y elementos del paisaje que pueden definir y diferenciar con mayor facilidad los diversos tipos de vegetación; toda clasificación de la vegetación, debe sustentar sus bases en un criterio triple como es lo fisonómico, florístico y ecológico, para la organización de la jerarquía de las unidades de la vegetación. Sin embargo, para poder evaluar esta característica multidimensional de la vegetación, es necesario la cantidad o porcentaje de plantas que estén representadas en la vegetación evaluada.

La estructura y composición de los bosques se ve afectada por la ocurrencia de disturbios de origen natural o antropogénico. La ocurrencia de disturbios frecuentes determina el predominio de especies colonizadoras, mientras que en áreas más estables el dosel del bosque está dominado por especies tolerantes a la sombra (Murillo Chávez y Puente, 2022).

Caballero Miranda (2017) establece que la estructura de una masa vegetal corresponde al agregado cuantitativo de unidades funcionales, es decir, la ocupación espacial de sus componentes. Esta puede entenderse como cualquier situación, ya sea estable o en evolución, de una población o comunidad, en la cual sea posible detectar un tipo de organización representable mediante un modelo matemático, una ley estadística de distribución, una clasificación o parámetros característicos como el diámetro, la altura total, las copas, la distribución espacial, la riqueza florística, la diversidad, las asociaciones, entre otros. Por tanto, la

estructura incluye un componente vertical (distribución de la biomasa en el plano vertical) y un componente horizontal (frecuencia y distribución del DAP).

Asimismo, está influida por características edáficas y climáticas, estrategias propias de las especies y efectos de disturbios sobre la dinámica del bosque. Esta estructura horizontal se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica, siendo resultado de la respuesta de las plantas al ambiente, sus limitaciones y amenazas. Los cambios en estos factores pueden provocar modificaciones estructurales, tanto por procesos internos del bosque como por factores externos, tales como el aprovechamiento forestal o fenómenos naturales.

Los estudios estructurales son de gran valor práctico y de significativo interés científico, ya que permiten proyectar y desarrollar adecuadamente los planes de manejo silvicultural en los bosques tropicales. Los resultados obtenidos a partir de estos análisis estructurales permiten, entre otros aspectos, realizar deducciones relevantes sobre el origen, la dinámica y las tendencias del desarrollo futuro de las comunidades forestales (Murillo y Puente, 2022).

Unidad Muestral

La unidad muestral o parcela de muestreo constituye la unidad básica de análisis sobre la que se hace el registro de la flora y las mediciones de sus variables. La guía de inventario de flora y vegetación del Ministerio del Ambiente - MINAM (2015) determina que para bosques de la región costa el tamaño mínimo de la unidad muestral es de 0,50 hectáreas.

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), el tamaño mínimo de la unidad muestral se basa en el criterio del “área mínima de la comunidad”, el cual se

refiere a que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal.

En la práctica, se ha comprobado que, a medida que se incrementa la superficie a inventariar, aumenta el número de especies; al comienzo bruscamente, y luego con más lentitud, hasta que es muy bajo o nulo. Esta relación se puede visualizar en una curva donde los ejes son el número de especies y el área inventariada, a lo cual se denomina curva especie-área. Se obtiene el área mínima para hacer un inventario representativo, cuando se observa un incremento del área en un 10 %, lo cual produce a su vez, un incremento menor del 10 % en el número de especies, según lo establece el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015).

Bosques Tropicales Secos

Son formaciones altamente amenazadas, principalmente por acciones antrópicas, y han sido definidas en algunos casos como los ecosistemas más amenazados del Neotrópico, incluso más que los bosques húmedos, según Cayola Pérez (2004).

Los bosques secos y sus productos han desempeñado históricamente un papel esencial en la vida de las poblaciones nativas, siendo fuente tradicional de aprovisionamiento de madera. En muchas regiones, la leña y el carbón vegetal continúan siendo los únicos combustibles disponibles. Además, estos ecosistemas proveen productos cuya diversidad, valor e importancia son comparables a los de los bosques húmedos. El pastoreo dentro del bosque y la recolección de hojas como forraje constituyen la base fundamental de la actividad pecuaria en vastas zonas. Durante periodos críticos de sequía, estos recursos se convierten con frecuencia en

la única alternativa de supervivencia para el ganado. Más allá de sus funciones directas, los bosques secos también ofrecen beneficios ecológicos significativos, como la provisión de sombra para personas y animales, la protección del suelo contra la erosión eólica e hídrica, la conservación de la fertilidad, la reducción del impacto del viento y la influencia positiva sobre el balance hídrico (Cayola Pérez, 2004).

Bosques Secos de Lambayeque

AIDER (2014) en su proyecto de carbono forestal en el Perú, indica que, Piura y Lambayeque poseen en sus territorios la mayor superficie de bosque seco tropical del Perú. En el caso de Lambayeque se sabe que al 2014 existen más de 700 mil hectáreas de bosques entre áreas naturales protegidas, tierras de comunidades campesinas, predios privados y del Proyecto Olmos. Así mismo menciona que los pobladores tienen una estrecha relación con el bosque, por obtener del estrato boscoso numerosos productos maderables y no maderables, los cuales son utilizados para el autoconsumo o utilizados para trueque y pocos llegan al mercado. Dentro de los productos que se aprovechan son: la madera para construcción, postes, leña o carbón, plantas y frutas comestibles, semillas, fibras; además se utiliza el forraje para el ganado caprino y vacuno.

Parcelas Permanentes de Muestreo

Las parcelas permanentes son instrumentos que permiten seguir el crecimiento y rendimiento del bosque, constituyen una de las mejores herramientas del inventario cuantitativo ecológico, que considera la medida de varios parámetros importantes de los individuos y el análisis de su abundancia y distribución como

funciones de sus ambientes físicos y bióticos, para poder descifrar los patrones de estructura y composición de los bosques tropicales, relacionándolos al crecimiento, cambios climáticos, producción de biomasa, fenología de las especies arbóreas y usos diversos (Cayola Pérez, 2004).

El muestreo mediante parcelas es altamente eficiente, siempre que estas sean cuadradas y de tamaño adecuado, ya que, a diferencia del muestreo visual, permiten obtener datos cuantitativos y estadísticamente rigurosos. Son esenciales para el monitoreo a largo plazo de la vegetación, ya que, si se encuentran bien marcadas, permiten relocalizar los mismos individuos después de largos periodos. Además, son óptimas para estimar la estructura y composición de la vegetación, siempre que se utilice un número suficiente de parcelas bien distribuidas en el área de estudio. En ese sentido, para áreas extensas se recomienda emplear un gran número de parcelas pequeñas y dispersas (Cayola Pérez, 2004).

La asignación de un término a un determinado bosque da una idea general respecto a su estructura, composición y a las condiciones del medio ambiente, pero esto no es suficiente para realizar una planificación en él, se requiere información exacta, por ejemplo: sobre las especies arbóreas locales, su proporción, distribución, masas en pie, variabilidad, entre otros aspectos (Cayola Pérez, 2004).

Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT)

Según lo indicando en el Plan Operativo Institucional del PEOT (2015), el Proyecto Especial Olmos Tinajones nace de la unión de los Proyectos Olmos y Tinajones, dicha fusión se concretó presupuestalmente mediante el Decreto Supremo N° 25986, desde el 4 de julio de 2003, el PEOT, es un órgano

desconcentrado del Gobierno Regional del Departamento de Lambayeque (GRL), constituye una Unidad Ejecutora Presupuestal que cuenta con autonomía de gestión técnica, económica, financiera y administrativa. Depende jerárquicamente y funcionalmente de la presidencia del gobierno regional, y está representado por un consejo directivo liderado por un presidente designado por el presidente de la región.

Promueve la ejecución de proyectos de Irrigación, mejoramiento de riego, manejo adecuado y conservación de los recursos hídricos y de suelos. Asimismo promueve la participación de la inversión privada y cooperación técnica para la ejecución de obras y prestación de servicios; supervisa el mantenimiento y la operación de las obras de ingeniería orientadas al trasvase, regulación, conducción, distribución y el aprovechamiento multipropósito y racional de los recursos hídricos en su ámbito de influencia, articulando sus acciones con la Autoridad Nacional del Agua, en el marco de la Ley de Recursos Hídricos y su respectivo Reglamento, precisándose que en materia agraria, el Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), ejerce acciones de control y vigilancia del uso de agua con fines agrarios y en tal sentido supervisa la distribución del agua de riego a cargo de las organizaciones de usuarios de agua u otros operadores, bajo la normatividad vigente.

Así mismo se realiza la supervisión del cumplimiento del estudio de impacto ambiental de las obras de trasvase e irrigación del proyecto Olmos, mediante el seguimiento de los estándares de calidad de agua que se trasvasará en la etapa de Operación y Mantenimiento de las Obras de Traslase, hacia los diferentes puntos de las Obras de irrigación, y las actividades ambientales indicadas en el

mencionado estudio, así como el seguimiento al cumplimiento del Plan de manejo Ambiental de las Obras de Irrigación en la etapa de Operación, que también incluye Seguimiento, Supervisión y Desarrollo de actividades del Plan de Recuperación y enriquecimiento de bosque seco en el ámbito de las Obras de Irrigación (PEOT, 2015).

Propiedades Físico Químicas del Suelo

López y Estrada (2015) mencionan que el suelo presenta propiedades físicas y químicas que los caracterizan y determinan su calidad. Las propiedades físicas están relacionadas con el movimiento del aire, calor, agua, raíces y nutrientes, estas pueden ser medidas sin alteración química de la composición del suelo, entre dichas propiedades esta la textura, profundidad, densidad, estructura, temperatura, porosidad, color y conductividad eléctrica. Por su parte, las propiedades químicas del suelo afectan su composición, entre propiedades se tiene pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), el contenido de materia orgánica (MO).

Entre las propiedades físico-químicas del suelo, destacan por su importancia la textura del suelo, el potencial de hidrógeno pH, la salinización del suelo y los macronutrientes presentes, los cuales se describen a continuación.

Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas minerales de diferentes tamaños: arena, limo y arcilla. Esta característica física incide en la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, así como en su aireación y permeabilidad (FAO, 2019). Por ejemplo, los suelos arenosos drenan

rápidamente, pero retienen pocos nutrientes, mientras que los arcillosos son más compactos y tienen mayor capacidad de retención, aunque con menor aireación (López & Estrada, 2015).

pH del suelo

El pH del suelo es una propiedad que determina la capacidad que tienen las partículas de suelo para adsorber iones hidrógeno (H^+). El intervalo normal de pH en el suelo oscila entre 3,5 (muy ácido) a 9,5 (muy alcalino). En suelos ácidos la actividad de los organismos es inhibida por las cantidades tóxicas de aluminio y magnesio, mientras que en condiciones alcalinas algunos nutrimentos disminuyen su disponibilidad, por lo que para suelos agrícolas el valor de pH recomendado es de 6,5 (FAO, 2019).

El pH influye en la solubilidad, movilidad, disponibilidad de nutrimentos y otros constituyentes inorgánicos presentes en el suelo, un pH neutro (6,5) permita un nivel máximo de la solubilidad en la mayoría de los nutrientes, en cambio los valores de pH menores a neutro causan deficiencias de calcio, nitrógeno, magnesio y potasio, mientras que los pH mayores a 7 reducen la disponibilidad del zinc, hierro, cobre y manganeso (Bárbaro et al. 2019).

Salinidad del suelo

La salinidad se entiende como la acumulación de altas concentraciones de sales en el suelo, lo que disminuye su potencial osmótico y afecta negativamente a las plantas. Entre las sales más comunes se encuentran $MgCl_2$, $MgSO_4$, $NaCl$ y Na_2SO_4 . Existen dos tipos: la salinidad natural, asociada a climas áridos y

materiales ricos en sales, y la adquirida, generada por riegos prolongados con aguas salinas (Laboratorio Fertibox, 2019).

La presencia excesiva de sales modifica las propiedades fisicoquímicas del suelo, reduce la permeabilidad y compacta su estructura, dificultando la absorción de agua por las plantas. Además, la sodicidad causada por el exceso de iones Na frente a Ca y Mg disminuye el rendimiento de los cultivos (Laboratorio Fertibox, 2019).

Macronutrientes del suelo

Los macronutrientes son elementos esenciales requeridos por las plantas en grandes cantidades para su crecimiento y desarrollo. Se clasifican en primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y secundarios (calcio, magnesio y azufre). Estos nutrientes participan en funciones clave como la síntesis de proteínas, la transferencia de energía y la formación de estructuras celulares. La deficiencia de cualquiera de ellos puede limitar el rendimiento vegetal, y su disponibilidad depende de factores como el pH, la materia orgánica y la textura del suelo (FAO, 2019; López & Estrada, 2015).

2.3. Definición de términos básicos

Tamaño de la unidad muestral

La unidad muestral o parcela de muestreo constituye la unidad básica de análisis sobre la que se hace el registro de la flora y las mediciones de sus variables. La guía de inventario de flora y vegetación del Ministerio del Ambiente - MINAM (2015) determina que para bosques de la región costa el tamaño mínimo de la unidad muestral es de 0,50 hectáreas.

Análisis estructural de la vegetación

La estructura de una masa vegetal es el agregado cuantitativo de unidades funcionales, es decir, la ocupación espacial de los componentes o es cualquier situación estable o evolutiva de una población o comunidad, en la cual pueda detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística de distribución, una clasificación o parámetro característico como diámetro, altura totales, copas, distribución espacial, riqueza florística, diversidad, asociaciones y otros (Caballero Miranda, 2017).

Estructura horizontal

La estructura horizontal permite conocer la posición de las copas de las especies que conforman el bosque, observadas desde el centro, es decir como una proyección vertical o vista de planta, cuya evaluación se realiza a partir de la agrupación de las especies en categorías o clases de frecuencia absoluta, mediante histogramas de frecuencia (Alvis Gordo, 2009).

La estructura horizontal se evalúa a través de índices, los cuales expresan el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Estos índices expresan la ocurrencia de las especies y proporcionan la información ecológica dentro del ecosistema; como es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia ecológica (IVI). Siendo los histogramas de frecuencia los que representan en forma gráfica, la proporción en la que aparecen las especies, expresando la homogeneidad del bosque; por lo cual es necesario una evaluación adecuada, dependiendo esto de un buen estudio botánico y un adecuado procesamiento de datos en gabinete (Caballero Miranda, 2017).

Estructura vertical

La estructura vertical es parte de la estructura espacial de las comunidades vegetales, correspondiendo a las alturas de los árboles que lo componen, los cuales, en razón a sus diferentes requerimientos de luz, se ordenan en diferentes ubicaciones en el perfil vertical del bosque, y según como la intensidad de luz va disminuyendo en el bosque a medida que penetra hacia los niveles inferiores del dosel, la luz es absorbida por la vegetación presente (Vásquez Díaz, 2021).

Composición florística

La composición florística de un bosque está determinada por el requerimiento ecológico de sus especies, por la dinámica del bosque y por los factores ambientales como la posición geográfica, clima, suelos y topografía. Así mismo, entre los factores más importantes que influyen en la composición de la flora presente en un determinado bosque, vinculados a la dinámica del bosque y a la

ecología de las especies que lo conforma, están los claros según su tamaño y frecuencia, la vigorosidad de las especies y las fuentes de semillas (Zamora Ávila, 2010).

Distribución diamétrica

Es la agrupación de los árboles de un bosque dentro intervalos de diámetros normales seleccionados bajo diferentes criterios. Al determinar el número de árboles por clase diamétrica se obtiene la frecuencia de árboles a partir de esto, se observa el grado de heterogeneidad que presentan los rodales o fragmentos evaluados (Melo y Vargas, 2003).

Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia suma los parámetros abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa. Con este índice es posible evaluar el “peso ecológico” de cada especie dentro del tipo de bosque correspondiente. La obtención de IVI similares para las especies indicadoras, sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición, en sus estructuras, en lo referente al sitio y en su dinámica (Mera Paredes, 2017).

Parámetros estructurales

Los parámetros estructurales más relevantes son la abundancia, la frecuencia y la dominancia, definidos de la siguiente manera:

Abundancia

Es el número de árboles por especie. Este valor indica la participación de una especie respecto al total de individuos registrados. Se distingue entre la abundancia absoluta, entendida como el número de individuos por especie, y la abundancia relativa, que corresponde a la proporción porcentual de cada especie en relación con el total de árboles (Vásquez Díaz, 2021).

Frecuencia

Permite determinar en cuántas parcelas aparece una determinada especie, en relación con el total de parcelas inventariadas. La frecuencia absoluta se expresa como un porcentaje (100% representa la presencia de la especie en todas las parcelas). La frecuencia relativa se calcula como el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie respecto a la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Vásquez Díaz, 2021).

Dominancia

Se refiere al grado de cobertura de las especies, manifestado por el espacio que ocupan. Se calcula mediante la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles sobre el suelo o, más comúnmente, a través del área basal de sus fustes. Dado que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es compleja, la medición de las copas suele ser difícil; por ello, se emplea el área basal, ya que existe una alta correlación lineal entre el diámetro del fuste y el de la copa (Vásquez Díaz, 2021).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Las propiedades físicas y químicas del suelo influyen de manera directa y significativa en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos.

3.1.2. Hipótesis específicas

La composición florística y la estructura horizontal y vertical del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos es poco diversa.

El perfil del suelo del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos no tiene los horizontes de suelo bien definidos.

La relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos es inversa y proporcional.

3.2. Variables

3.2.1. Variable 1

La variable 1 está constituida por las propiedades físicas y químicas del suelo.

Los indicadores de las propiedades físicas del suelo comprenden el porcentaje de arena (%), el porcentaje de arcilla (%), la densidad aparente (g/cm^3) y la profundidad efectiva del horizonte “A” (cm); mientras que los indicadores de las propiedades químicas incluyen el pH (adimensional), la salinidad (mS/m), el contenido de materia orgánica (%) y la concentración de macronutrientes (ppm), específicamente potasio (K) y fósforo (P).

3.2.2. Variable 2

La Variable 2 está relacionada con las dimensiones que definen la estructura del bosque seco, las cuales comprenden la composición florística, la estructura vertical y la estructura horizontal.

Los indicadores considerados fueron: para la composición florística, el número de individuos registrados; para la estructura vertical, el número de especies presentes, que refleja su distribución en los diferentes estratos del bosque; y para la estructura horizontal, se evaluó a través del índice de valor de importancia (IVI), expresado en función del volumen (m^3) de los individuos presentes.

3.3. Operacionalización de Variables

La operacionalización de las variables se resume en la tabla 1.

Tabla 1*Matriz de operacionalización de variables en estudio.*

Título: Influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, 2023						
Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de recolección de datos	Unidad de observación
Variable 1 Propiedades físicas y químicas	El suelo presenta propiedades físicas y químicas que los caracterizan y determinan su calidad. Las propiedades físicas están relacionadas con el movimiento del aire, calor, agua, raíces y nutrientes. Por su parte, las propiedades químicas del suelo afectan su composición (López y Estrada, 2015).	Propiedades físicas y químicas del suelo expresado en textura del suelo, pH, salinidad y macronutrientes del suelo que influyen en la composición y estructura de un bosque.	Propiedades físicas	Arena (%), arcilla (%), densidad aparente (g/cm ³) y profundidad efectiva del horizonte "A" (cm)	Técnica: observación directa Instrumento: Formato y fichas guías de recolección de datos	Muestra de suelo y reportes de laboratorio
			Propiedades químicas	pH (adimensional) Salinidad (mS/m) Macronutrientes (ppm)		
Variable 2 Estructura del bosque seco	Es la ocupación espacial de los componentes en situación estable o evolutiva del bosque en la cual pueda detectarse algún tipo de organización representable una clasificación o parámetro característico como diámetro, alturas totales, copas, distribución espacial, y otros (Caballero Miranda, 2017)	Ocupación vertical de un área caracterizada o por la organización de los componentes arbóreos expresados en su composición florística, la estructura vertical y horizontal del mismo.	Composición florística	Número de especies arbóreas	Técnica: observación directa Instrumento: Formato y fichas guías de recolección de datos	Parcelas de muestreo y reportes de inventarios de campo
			Estructura vertical del bosque Estructura horizontal del bosque	Estratos del bosque IVI en % Abundancia (N° árboles) Dominancia (vol. m ³)		

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación del estudio

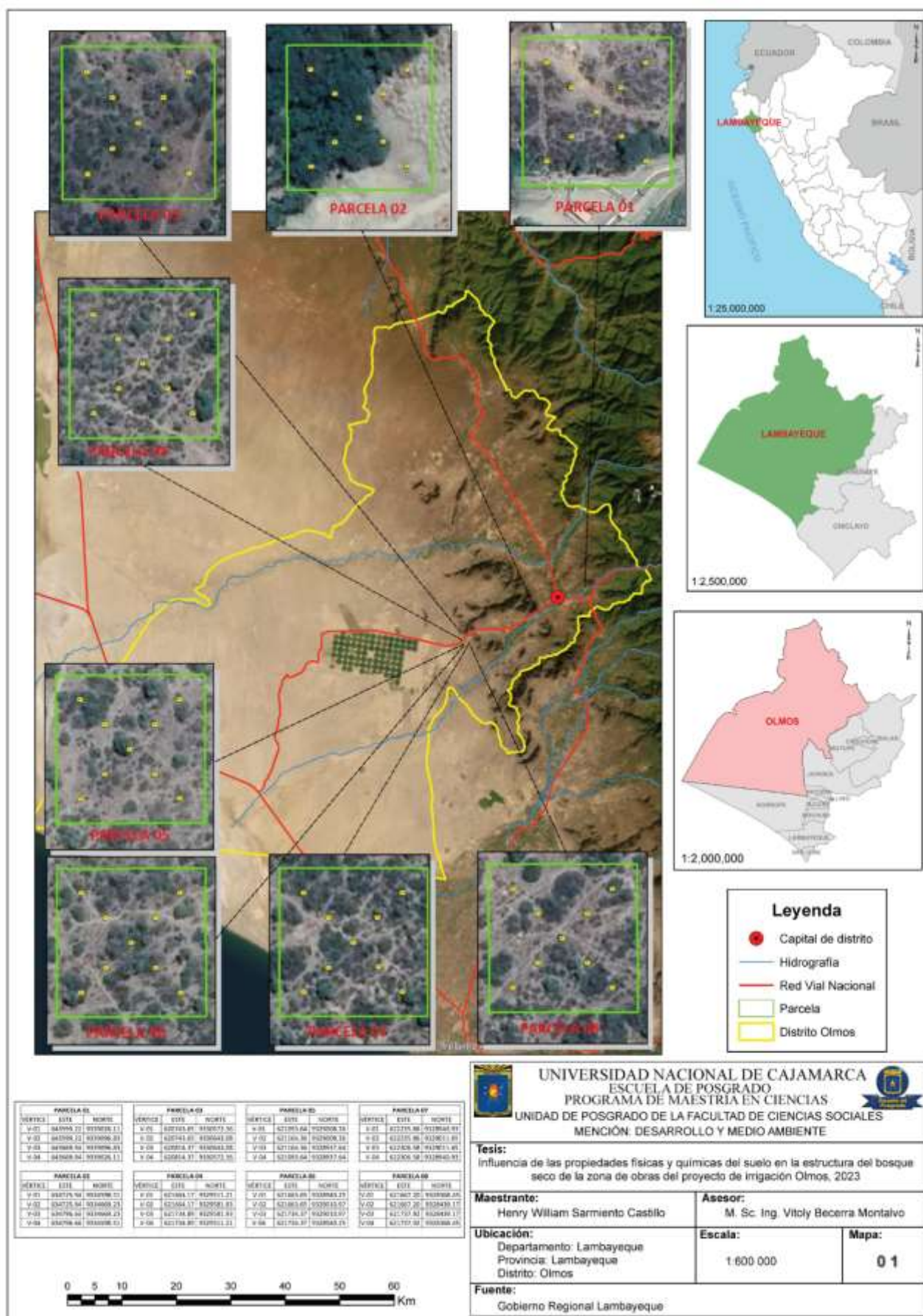
La investigación se desarrolló en ocho parcelas permanentes de muestreo, instaladas en las 456 hectáreas intangibles de bosque seco estacional, ubicadas en el ámbito de influencia de las obras del proyecto de irrigación Olmos, en el distrito de Olmos, provincia y región Lambayeque.

Ubicación geográfica

El distrito de Olmos, conformado en su mayoría por la Comunidad Campesina Santo Domingo de Olmos, se localiza en el extremo norte de la provincia de Lambayeque, región Lambayeque. Su territorio se extiende aproximadamente entre los paralelos 4° 24' y 6° 30' de latitud sur, y los meridianos 80° 31' y 79° 38' de longitud oeste. En coordenadas UTM (sistema WGS84, zona 17M), abarca rangos aproximados entre 575 000 y 631 000 metros Este, y entre 9 274 000 y 9 337 000 metros Norte. El centro poblado principal se encuentra a 115 kilómetros de la ciudad de Lambayeque, siguiendo la carretera Lambayeque–Olmos, ramal de la Interoceánica Norte. El distrito pertenece a la región natural Costa o Chala, aunque en su extremo noroeste presenta zonas de transición hacia la Yunga Marítima, y alcanza una altitud media de 175 m s. n. m.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio – Parcelas de evaluación permanente.



Sus límites territoriales son: al norte, con los distritos de Catacaos, Matanza, Buenos Aires y Salitral (provincias de Piura y Morropón, departamento de Piura); al este, con Huarmaca (Huancabamba, Piura) y con los distritos de Motupe y Jayanca (Lambayeque); al sur, con Mórrope (Lambayeque); y al oeste, con el océano Pacífico, a la altura de Punta Cabo Verde, y con la provincia de Sechura (Piura).

4.2. Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es no experimental, ya que se recolectó información directamente del objeto de estudio, sin manipular deliberadamente las variables, observando los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural.

Respecto a su temporalidad, el estudio corresponde a un diseño transversal, dado que los datos fueron recolectados en un único momento del tiempo. Esta característica permite describir y analizar las variables en un punto específico, identificando posibles asociaciones entre ellas sin necesidad de realizar un seguimiento longitudinal.

4.3. Métodos de investigación

De acuerdo con el enfoque metodológico adoptado, la investigación se desarrolló bajo un método cuantitativo, ya que los datos recolectados y analizados fueron de naturaleza numérica, lo que permitió establecer correlaciones estadísticas entre las variables estudiadas.

En cuanto a la lógica de inferencia, se aplicó un método inductivo, partiendo de la observación y análisis de una muestra conformada por ocho parcelas

permanentes de muestreo, con el fin de obtener conclusiones generalizables sobre la estructura del bosque seco estacional en el área de estudio.

Asimismo, se empleó un diseño correlacional para relacionar propiedades edáficas —como textura, densidad, pH, salinidad, materia orgánica y macronutrientes— con parámetros estructurales del bosque, representados por abundancia, riqueza y volumen.

Esta metodología fue adecuada para cumplir los objetivos planteados y evidenció correlaciones significativas que sustentan la influencia del suelo en la dinámica del ecosistema.

Tabla 2

Tipo de investigación realizada

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Correlacional
Fuente de datos	Primaria
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde sucede	Campo, laboratorio y gabinete.
Intervención disciplinaria	Multidisciplinaria

Bunge, Mario. (1972). La investigación científica: su estrategia y su filosofía.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

Población

La población es el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación (Bernal, 2010). Para esta investigación la población estuvo conformada por el bosque seco de las zonas aledañas a las obras del proyecto de irrigación Olmos, que constituye un total de 456 hectáreas. La población es finita.

Muestra

La muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre el cual se efectuarán la medición y la observación de las variables de estudio, (Baena, 2017). La muestra es no probabilística, ya que se determinó por conveniencia, en función a que las evaluaciones de las variables en estudio se realizaron en las parcelas permanentes de muestreo ya establecidas por el proyecto especial Olmos Tinajones, las cuales son en número de ocho (08), con una extensión de 0,50 hectáreas cada una de ellas, siguiendo lo recomendado por el MINAM (2015). Estas parcelas se encuentran ubicadas de manera sistemática en el área total de estudio o población a un aproximado de 500 metros una de otra.

En estas parcelas se midió la variable 2, como es la composición florística, estructura vertical y horizontal del bosque, para lo cual se siguió las metodologías recomendadas y descritas en el proyecto de investigación; así mismo se obtuvieron las muestras de suelo, las cuales fueron analizadas en laboratorio, con cuyos resultados se determinó la variable 2.

Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por las ocho parcelas permanentes de muestreo de una extensión de 5000 metros cuadrados (0,50 ha), las cuales son cuadradas con un lado de 70,71 metros, en estas se consolidaron los valores de estructura del bosque, como de las propiedades físicas y químicas del suelo, las cuales fueron analizadas y descritas, así mismo se realizó el análisis estadístico correspondiente.

Unidad de observación

La unidad de observación para las propiedades físicas del suelo, es la presencia y tamaño de los horizontes presentes en cada calicata, así como sus características de textura, estructura, presencia de raíces, entre otros aspectos físicos; y la unidad de observación para las propiedades químicas, son los elementos presentes en el suelo como pH, salinidad y macronutrientes, proveniente del análisis realizado en el laboratorio.

La unidad de observación de la estructura del bosque seco como variable 2, se basa en el análisis de la composición florística, estructura vertical y horizontal del bosque, para lo cual se observa el número de árboles presentes al interior de cada parcela de muestreo, cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP) o su similar para bosques secos, sea superior o igual a 10 cm; así mismo se realiza observación dasométrica de cada individuo de cada especie, en cuanto a su altura total, altura comercial, volumen y estado fitosanitario.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

La recopilación de la información del trabajo de campo se realizó en las ocho (08) parcelas permanentes de muestreo establecidas por el proyecto especial Olmos Tinajones, con una extensión de 5000 metros cuadrados (0,50 ha) cada una, de forma cuadrada y con 70,71 metros por cada lado; en cada una de estas áreas se realizó el inventario forestal y se instaló una calicata en el centro de cada parcela, en donde se efectuó el análisis del perfil y se tomó dos muestras de suelo, una por cada horizonte superior, para su posterior análisis de caracterización en el laboratorio.

Tabla 3

Fuentes, técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos de cada variable

Variable	Fuente	Técnica	Instrumento
Propiedades físicas y químicas del suelo	Primaria	Observación directa	Formatos y fichas guía de recolección de datos
Estructura del bosque seco	Primaria	Observación directa	Formatos y fichas guía de recolección de datos

4.5.1. Inventario forestal

Para las medidas dendrométricas de cada árbol se consideró lo establecido en los “Lineamientos y Formatos para la Formulación de los Planes de Manejo Forestal en Bosque Secos de la Costa”, aprobado el 11 de mayo del 2012 con Resolución Ministerial N° 0166-2012-AG, realizándose en el inventario forestal las siguientes mediciones:

Medición del DAP o diámetro de árbol y ramas

La medición del diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,30 m) se aplicó como referencia general. En casos de árboles con ramificación por debajo de esa altura (como algarrobo y faique), se establecieron criterios específicos: medir a 50 cm del suelo, a 15 cm sobre la bifurcación o promediar varias mediciones entre 0,50 y 1,30 m según la forma del fuste. En bifurcaciones tempranas se diferenciaron criterios para cálculo de volumen y para verificar el diámetro mínimo de corte (DMC). Para ramas, el diámetro se midió a 15 cm del punto de ramificación. Finalmente, se usó cinta métrica en fustes irregulares y forcípula en los demás casos.

Medición de la longitud del fuste y de las ramas

La altura comercial generalmente se define como la altura del fuste, desde el suelo hasta la base de la copa, expresado en metros. Sin embargo, en el caso de bosques secos, cuyas especies principalmente son empleadas para leña o carbón y para lo cual se utiliza incluso las ramas delgadas, lo ideal es medir o estimar la longitud total del fuste y de las ramas principales y basales. En este sentido para determinar la longitud del fuste y de las ramas se hizo mediante la ayuda de una vara graduada de 2,5 metros de largo.

4.5.2. Muestreo de suelos

Construcción de calicata, caracterización del suelo y toma de muestras

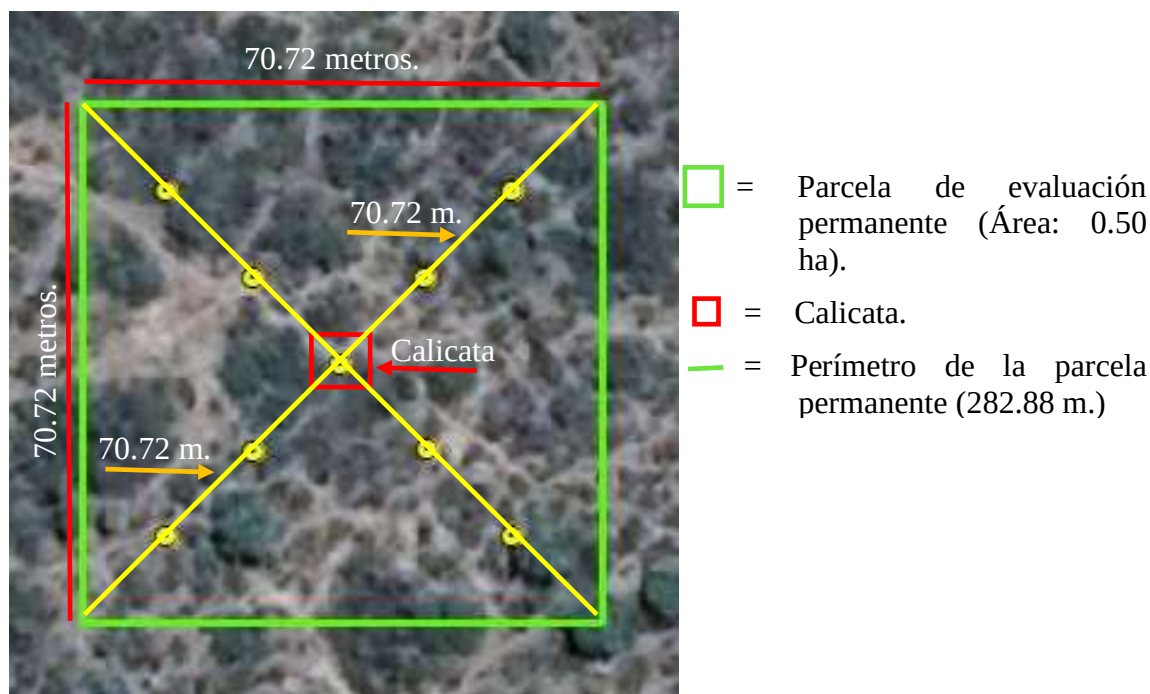
La toma de muestra de suelos para determinar las propiedades físicas y químicas, se tomó en cuenta la recomendación de Mendoza y Espinoza (2017); quienes indican el muestreo en “X” para parcelas regulares como es el caso de la

presente investigación. Para esto se trazaron dos diagonales de las parcelas cuadradas, y sobre la intersección de las líneas, en la parte central de la parcela (ver figura 2).

Las calicatas excavadas tuvieron dimensiones de 1,50 metros de profundidad por 1,00 metro de ancho. En cada una de ellas se realizó la identificación y descripción de los horizontes y estratos del suelo, con el propósito de caracterizar y clasificar el tipo de suelo presente en cada parcela. Se excavó una calicata por parcela de muestreo, sumando un total de ocho calicatas (ver Figura 3). Para la lectura e interpretación de los perfiles edáficos, se contó con la asesoría de un especialista en taxonomía y clasificación de suelos.

Figura 2

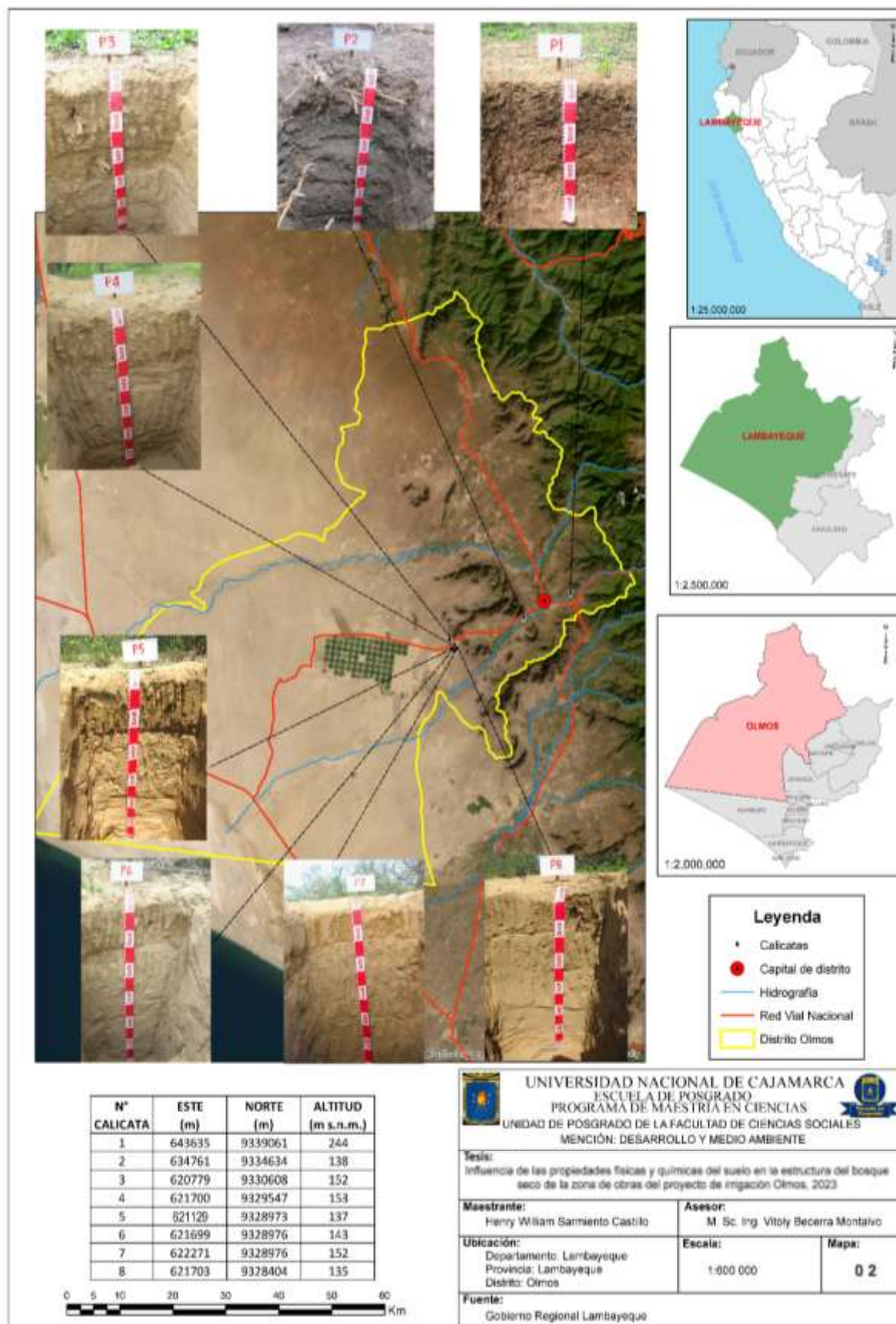
Ubicación de calicata en cada parcela, para caracterizar el suelo y obtener las muestras



Nota. Tomado de la Guía Técnica para Muestreo de Suelos, Mendoza y Espinoza (2017)

Figura 3

Distribución de calicatas en el área de estudio.



4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

4.6.1. Técnicas para el procesamiento de información

Procesamiento de muestras de suelos en el laboratorio

Las muestras de suelo obtenidas en campo, fueron remitidas al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía, para su respectivo análisis de caracterización para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo; teniendo en consideración para esto, la cadena de custodia (ver anexo 1), con cuya documentación se indicó detalles de quién solicita el análisis, procedencia de las muestras, código de cada calicata, código de cada muestra, fecha de muestreo y tipo de análisis.

Procesamiento de datos de inventario forestal

Luego del trabajo de campo se realizó el cálculo del volumen, la estimación y análisis de la estructura del bosque, así como determinar la composición florística y la estructura horizontal y vertical, tal como se describe a continuación.

Cálculo de volumen de fuste y ramas

Teniendo en cuenta que la mayoría de los árboles son ramificados (y otros bifurcados), el volumen comercial se calculó en función de los diámetros y altura del fuste principal del árbol y los diámetros y longitudes de cada porción (ramas basales primarias y secundarias) del árbol, que se consideró aprovechable, para luego calcular el volumen por separado y finalmente la suma total. La fórmula que se aplicó fue la siguiente:

$$V = AB \times L \times F$$

Donde:

V : Volumen del árbol en metros cúbicos

AB : Área basal del fuste en metros cuadrados

L : Longitud del fuste, altura comercial, longitud de rama en metros

F : Factor de forma, se considerará 0.90 para todas las especies encontradas

$$AB = \pi/4 \times D^2$$

Donde:

AB : Área basal del fuste en metros cuadrados

Π : valor de Pi = 3.1416

D : Diámetro o DAP del fuste en metros

Cálculo de volumen por el método del entubado (Cilindro)

El método del “cilindro” o “entubado”, empleado en la costa norte para especies de fuste irregular como algarrobo y faique, consiste en integrar las ramas secundarias y terciarias a la principal —tantas veces como ramas principales presente el árbol—, conformando un cilindro por cada una. A cada cilindro se le mide el diámetro y la longitud para calcular su volumen, los cuales se suman al volumen del fuste. Finalmente, al volumen total del árbol se le aplica un factor de forma de 0,90, obteniéndose así el valor ajustado.

Determinación de la estructura del bosque

Se determinó la estructura horizontal y estructura vertical del bosque, de acuerdo a lo que se describe a continuación.

a) Estructura horizontal del bosque

Este parámetro constituye una serie de variables, las mismos que se obtuvieron al procesar los datos de campo, los cuales permitieron atribuirle características, atributos a la vegetación de forma horizontal. Siendo estos:

Abundancia absoluta y relativa. En el caso de las formaciones arbustivas y boscosas presentes, se determinó la abundancia absoluta y relativa. La abundancia absoluta hace referencia al número de individuos/especie en un área determinada, la misma que se obtuvieron a partir de las parcelas (unidades de muestreo) evaluadas.

La abundancia relativa hace referencia al número de individuos de cada especie (n) en relación a la cantidad total de individuos de todas las especies (N), expresado en porcentaje ($n/N \times 100$).

Este tipo de parámetro del bosque permitió conocer el tamaño de la población de plantas con las que cuenta una determinada especie vegetal, con el fin de tomar acciones pertinentes si se trata de una especie con escasa población.

Abundancia absoluta (Ab): Es el número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio (n_i).

$$Ab = \sum n_i$$

Donde:

n_i : Número de individuos de la misma especie i.

Abundancia relativa (Ab %):

$$Ab \% = (n_i / N) \times 100$$

Donde:

n_i : Número de individuos de la misma especie i .

N : Número de individuos totales en la muestra.

Coefficiente de mezcla. Es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, el mismo que está en relación con el número de especies y el número total de individuos. El coeficiente de mezcla permitió tener una idea general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma en cómo se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del bosque. Los valores del coeficiente de mezcla dependen del diámetro mínimo de evaluación, además del tamaño de la muestra. Por lo tanto, solo es válido comparar ecosistemas que hayan sido evaluados bajo condiciones de muestreo con igual intensidad.

$$CM = S/N$$

Donde:

S : Número total de especies en el muestreo.

N : Número total de individuos en el muestreo.

Frecuencia absoluta y relativa. La frecuencia absoluta y relativa permitió determinar el número de parcelas en las que aparece una determinada especie, en relación al total de las ocho parcelas inventariadas, además permitió identificar la ausencia o existencia de una especie en concreto en una determinada parcela. La abundancia absoluta se expresa en porcentaje (el 100 % hace referencia a una existencia de las especies en todas las parcelas).

Frecuencia absoluta (Fa): Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie

$$Fa = mi/M$$

Dónde:

mi : Número de unidades muestrales donde aparece la especie i.

M : Total de unidades muestrales.

Frecuencia relativa (Fr %): Se determinó como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

$$Fr \% = (Fa/Ft) \times 100$$

Dónde:

Fa : Frecuencia absoluta de la especie i.

Ft : Frecuencia total de todas las especies.

Dominancia absoluta y relativa. Se relaciona con el nivel de cobertura de las especies en función de la manifestación del espacio ocupado por ellas, se determinó como una suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en la superficie terrestre.

Los bosques naturales tropicales presentan una estructura bastante completa, es por ello que las proyecciones de las copas de los árboles resultan difíciles, y en algunos casos imposible de poder realizar, debido a esto se utilizaron las áreas basales, puesto que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste.

Dominancia absoluta (Da): Es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados.

$$Da = \sum ABi$$

Donde:

Abi : Área basal en metros cuadrados de la especie i.

Dominancia relativa (Dr %): Es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies inventariadas.

$$Dr \% = (DaS / DaT) \times 100$$

Donde:

DaS : Dominancia absoluta de una especie.

DaT : Dominancia absoluta de todas las especies.

Índice de valor de importancia ecológica de especies forestales. El IVI (Índice de Valor de Importancia) mide el peso ecológico de cada especie en una determinada comunidad vegetal, es decir, es posible identificar cuáles son las especies con presencia más importante en un determinado tipo de bosque, teniendo en cuenta la relación con su densidad poblacional, al dominio espacial horizontal y a la amplitud de su distribución geográfica.

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

$$IVI = Ab \% + Fr \% + Dr \%$$

Donde:

Ab % : Abundancia relativa.

Fr % : Frecuencia relativa.

Dr % : Dominancia relativa.

b) Estructura vertical del bosque

La estructura vertical del bosque se definió a partir de diversas variables recolectadas durante el trabajo de campo, lo que permitió una caracterización vertical de la vegetación. Estas variables incluyen:

Perfil del bosque: Este análisis de la estructura vertical se realizó mediante la distribución de individuos en distintas clases de altura, siguiendo las categorías propuestas por IUFRO (1968) y citadas por Lamprecht (1990). Estas categorías se dividen en piso superior (altura mayor a dos tercios de la altura máxima), piso medio (entre un tercio y dos tercios de la altura máxima) y piso inferior (altura menor a un tercio de la altura máxima).

Estado de conservación del bosque: Esta evaluación se basó en los resultados del inventario y observaciones directas en cada parcela, considerando también el entorno para identificar cualquier alteración o perturbación causada por actividades humanas. Esta evaluación es complementaria y no forma parte de las variables principales.

Especies con alto valor de importancia: Indicador que identifica el número de especies nativas presentes exclusivamente en el área de estudio, permitiendo una valoración precisa de los recursos florísticos y su relevancia como recurso biológico. Para su determinación se utilizó "El Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú" (León et al., 2006).

Especies amenazadas: Las especies registradas en el muestreo fueron verificadas con las listas de conservación nacionales e internacionales, como la categorización de especies amenazadas de flora silvestre (D.S. N° 043-2006-AG) y la lista roja de la UICN (2012). La UICN, autoridad principal en especies amenazadas, clasifica a estas especies en tres categorías según su riesgo de extinción: Vulnerables (VU), en peligro de extinción (EN), y en peligro crítico de extinción (CR).

4.6.2. Análisis de la información

Los datos que se obtuvieron de la variable 1 que son las propiedades físicas y químicas del suelo, fueron tabulados en una hoja de cálculo, para su análisis posterior. Los datos del inventario de la vegetación arbórea obtenidos de las parcelas, fueron tabulados en una hoja de cálculo para su procesamiento y determinación de las dimensiones de composición florística, estructura vertical y horizontal, estos datos fueron computados por parcela de evaluación. Para el tratamiento estadístico de los datos se empleó la estadística descriptiva en la elaboración de las tablas y gráficos estadísticos, mejorando así la interpretación de los resultados, y las medidas de tendencia central y dispersión; para establecer la relación entre las variables y sus dimensiones, se aplicó la prueba de hipótesis utilizando el coeficiente de correlación de Pearson (r) para evaluar la relación entre las variables. La interpretación de los resultados se llevó a cabo de la siguiente manera: valores cercanos a 0, es decir, aquellos que se encuentran en el rango de -0,1 a 0,1, reflejan una correlación muy débil o inexistente; valores entre 0,1 y 0,3 (o entre -0,1 y -0,3) sugieren una correlación débil; valores comprendidos entre 0,3 y 0,5 (o entre -0,3 y -0,5) denotan una correlación moderada; valores que oscilan entre 0,5 y 0,7 (o entre -0,5 y -0,7) indican una correlación fuerte; y, finalmente, valores superiores a 0,7 (o inferiores a -

0,7) evidencian una correlación muy fuerte. Y el procesamiento y análisis estadístico se realizó con el software SPSS V25.

Aspectos éticos a considerar

En el desarrollo de la presente investigación se respetaron los principios éticos establecidos por la UNESCO, que incluyen la dignidad y los derechos humanos, el análisis del beneficio y el daño, la autonomía y responsabilidad individual, el consentimiento informado, la protección de personas sin capacidad de consentimiento, la vulnerabilidad e integridad personal, la privacidad y confidencialidad, la equidad, justicia e igualdad, la no discriminación, el respeto a la diversidad cultural y al pluralismo, así como la solidaridad, la cooperación, la responsabilidad social, la promoción de la salud, el reparto justo de beneficios y la protección del ambiente, la biosfera y la biodiversidad.

Asimismo, se garantizó que los procesos de recolección, análisis e interpretación de datos se realizaran con transparencia, objetividad y honestidad científica, evitando sesgos o distorsiones. Bajo este marco ético, la investigación no solo asegura el cumplimiento de principios universales, sino que también refuerza el compromiso con el bienestar social, la equidad y la conservación de los ecosistemas, contribuyendo al fortalecimiento de políticas ambientales y a la responsabilidad intergeneracional en favor de la sociedad y el ambiente.

4.7. Matriz de consistencia metodológica

Tabla 4

Matriz de consistencia metodológica

Título “Influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023”								
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/ cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra
Pregunta general ¿Cómo influyen las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023?	Objetivo general Determinar la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, 2023.	Hipótesis general Las propiedades físicas y químicas del suelo influyen de manera directa y significativa en la estructura del bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos.	Variable 1 Propiedades físicas y químicas.	Propiedades físicas.	Arena (%), arcilla (%), densidad aparente (g/cm ³), profund. efect. horiz. “A” (cm)	Técnica: observación directa. Instrumento: Formato y fichas de recolección de datos.	Observación directa del perfil de suelo en cada una de las parcelas permanentes de muestreo, a través de ocho calicatas establecidas. Evaluación y análisis del reporte de muestras de suelo examinadas en laboratorio.	La población la conforman 456 hectáreas de bosque seco de las zonas aledañas a las obras del proyecto de irrigación Olmos.
				Propiedades químicas.	pH (adimensional) Salinidad (mS/m) Macronutrientes (ppm).			
Preguntas auxiliares ¿Cómo es la composición florística, la estructura horizontal y vertical del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos? ¿Cómo es el perfil del suelo de los bosques secos en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos? ¿Cómo es la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos?	Objetivos específicos Determinar la composición florística, la estructura horizontal y vertical del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos. Describir el perfil del suelo de los bosques secos en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos. Establecer la relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos.	Hipótesis específicas La composición florística, la estructura horizontal y vertical del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos es poco diversa. El perfil del suelo de los bosques secos en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos no tiene los horizontes de suelo bien definidos. La relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos es inversa y proporcional.	Variable 2 Estructura del bosque seco	Composición florística	Número de especies arbóreas	Técnica: medición dasométrica y observación directa. Instrumento: Formato y fichas de recolección de datos.	Conteo, medición y evaluación directa mediante la observación de los individuos de cada especie que se ubican al interior de cada una de las ocho (08) parcelas de evaluación permanente y que tienen un diámetro a la altura del pecho superior o igual a los 10 cm. Sistematización y análisis de la información dasométrica obtenida en campo para determinar el número de especies arbóreas, lo estratos del bosque y el índice de valor de importancia de cada especie forestal inventariada.	La muestra son las parcelas permanentes de muestreo ya establecidas por el proyecto especial Olmos Tinajones, las cuales son en número de ocho (08), con una extensión de 0.50 hectáreas cada una de ellas.
				Estructura vertical del bosque	Estratos del bosque			
				Estructura horizontal del bosque.	IVI en % Abundancia (N° árboles) Dominancia (vol. m3)			

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. *Composición florística del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos*

En el ámbito del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, se identificaron y registraron un total de 6 especies de flora arbórea, cuyos nombres comunes son, vichayo, sapote, overo, palo verde, algarrobo y faique, y agrupadas en 3 familias y 5 géneros, según el sistema de clasificación de las angiospermas APG IV – 2016 (ver tabla 5). De las cuales, 4 especies presentan hábitos arbóreos, como son el algarrobo, faique, palo verde y sapote y 2 especies tienen una estructura arbustiva, como es el vichayo y el overo.

La identificación de 6 especies de flora arbórea en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos sugiere una diversidad moderada. La presencia de 3 familias y 5 géneros indica una cierta variedad taxonómica, lo cual es positivo para la estabilidad del ecosistema. Sin embargo, la baja cantidad de especies también puede reflejar las condiciones ambientales extremas del bosque seco, donde solo ciertas especies adaptadas pueden sobrevivir.

Tabla 5

Listado de especies de flora arbórea presentes en el área de estudio

Nº	Nombre científico	Nombre común	Familia - Sistema Cronquist - 1981	Familia - Sistema APG IV - 2016
01	<i>Capparis avicennifolia</i> Kunth	Vichayo	Capparaceae	Capparaceae
02	<i>Capparis scabrida</i> Kunth	Sapote	Capparaceae	Capparaceae
03	<i>Cordia lutea</i> Lam.	Overo	Boraginaceae	Cordiaceae
04	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins	Palo verde	Caesalpinaceae	Fabaceae
05	<i>Prosopis pallida</i> (Humb.& Bonpl. ex Willd.) Kunth	Algarrobo	Mimosaceae	Fabaceae
06	<i>Vachellia macracantha</i> (Humb.& Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Faique, huarango	Mimosaceae	Fabaceae

Nota. Elaborado en base al certificado de identificación de especies otorgado por Flores (2023)

Los resultados indican que el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos tiene una diversidad moderada de especies arbóreas y arbustivas, agrupadas en pocas familias y géneros. La presencia de especies con diferentes hábitos de crecimiento (arbóreo y arbustivo) sugiere una estructura vegetal que puede soportar una diversidad de vida silvestre y contribuir a la resiliencia del ecosistema. Sin embargo, la limitada cantidad de especies puede ser un reflejo de las duras condiciones ambientales del bosque seco, lo que resalta la importancia de las estrategias de conservación y manejo sostenible para preservar y, potencialmente, aumentar la biodiversidad de esta zona.

Tabla 6

Número de individuos de especie arbóreas presentes por cada parcela evaluada

Nº	Número de parcela	Nombre común de las especies presentes	Nombre científico de las especies presentes	Número de individuos por especie	Número total de individuos	% de presencia
01	P1	Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	5	41	7,47
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	36		
02	P2	Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	91	91	16,58
03	P3	Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	1	79	14,39
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	3		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	58		
		Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	5		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	12		
04	P4	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	2	78	14,21
		Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	2		
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	4		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	63		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	7		
05	P5	Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	5	54	9,84
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	6		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	37		
		Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	2		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	4		
06	P6	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	1	93	16,94
		Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	5		
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	7		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	69		
		Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	5		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	6		
07	P7	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	1	69	12,57
		Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	9		
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	5		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	45		
		Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	3		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	6		
08	P8	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	1	44	8,01
		Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	11		
		Overo	<i>Cordia lutea</i>	17		
		Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	2		
		Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	5		
		Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	8		
Total				549	549	100,00

En las 8 unidades muestrales o parcelas de evaluación, se registraron 549 individuos de las 6 especies de flora arbórea presentes con un diámetro de fuste igual y/o superior a los 10 cm. La parcela número 6 presenta mayor cantidad de individuos

vegetales, con un número total de 93 (16,94 %), teniendo el *Parkinsonia praecox* (palo verde) una presencia de 69 árboles; siendo la parcela número 2 la que ocupa el segundo nivel con el mayor número total de individuos por especie (16,58 %), representada por una sola especie como es el *Vachellia macracantha* (faique), con la presencia de 91 árboles. La de menor presencia de especies por área se registra en la parcela 8, con 44 individuos (8,01 %) de las 6 especies arbóreas presentes.

La distribución desigual de individuos entre las parcelas puede estar influenciada por variaciones en las condiciones microambientales, como la disponibilidad de agua, la calidad del suelo y la competencia por recursos. La alta presencia de *Parkinsonia praecox* en la parcela 6 y *Vachellia macracantha* en la parcela 2 sugiere que estas especies son particularmente bien adaptadas a las condiciones específicas de esas áreas.

La dominancia de *Parkinsonia praecox* y *Vachellia macracantha* en sus respectivas parcelas sugiere que estas especies pueden jugar roles clave en la estructura y dinámica del bosque seco en esta zona. Su capacidad para dominar ciertas áreas podría ser un indicador de su resistencia y adaptabilidad a las condiciones ambientales del bosque seco.

La menor densidad de individuos en la parcela 8 indica que las condiciones del suelo, la disponibilidad de recursos o la presión de otros factores ambientales no son tan favorables como en otras parcelas. Esto resalta la importancia de entender las variaciones locales en las condiciones ambientales y su impacto en la estructura del bosque.

Los resultados muestran una distribución desigual de individuos arbóreos entre las diferentes parcelas del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos. La dominancia de *Parkinsonia praecox* en la parcela 6 y *Vachellia macracantha* en la parcela 2 resalta la adaptabilidad y competitividad de estas especies en condiciones específicas. La parcela 8, con la menor densidad de individuos, sugiere la presencia de condiciones ambientales menos favorables. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar las variaciones microambientales en la gestión y conservación del bosque seco, ya que estas pueden influir significativamente en la composición y estructura del ecosistema arbóreo.

Tabla 7

Composición florística del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Nº	Nombre científico	Nombre común	Familia	% familia	Cantidad de individuos	% individuos
01	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo			5	0,91
02	<i>Vachellia macracantha</i>	Faique	Fabaceae	74,32	129	23,50
03	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo verde			274	49,91
04	<i>Cordia lutea</i>	Overo	Cordiaceae	14,21	78	14,21
05	<i>Capparis avicennifolia</i>	Vichayo	Capparaceae	11,48	20	3,64
06	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote			43	7,83
Total				100,00	549	100,00

La composición florística en el ámbito del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, predomina la familia fabaceae con un 74,32 % y el mayor número de individuos está representado por el *Parkinsonia praecox* (palo verde) con un 49.91 %, siendo el *Prosopis pallida* (algarrobo) la especie con menor presencia, con un 0.91 % de representación en la zona evaluada.

El análisis de la composición florística y la dominancia de especies proporciona una comprensión clara de la estructura y dinámica de este ecosistema. La preeminencia de la familia Fabaceae y la dominancia de *Parkinsonia praecox* destacan la adaptabilidad de estas especies a las condiciones áridas, mientras que la baja presencia de *Prosopis pallida* sugiere la necesidad de intervenciones específicas para su conservación. Las propiedades del suelo juegan un papel crucial en esta dinámica, y cualquier estrategia de manejo debe considerar estos factores para mejorar la diversidad y sostenibilidad del bosque seco.

La composición florística reflejada en la presencia de las especies *Capparis avicennifolia*, *Capparis scabrida*, *Cordia lutea*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis pallida* y *Vachellia macracantha*, representan una diversidad taxonómica limitada, la cual sugiere una adaptación específica de estas especies a las condiciones ambientales y edáficas de la zona, mostrando la capacidad de estas plantas para sobrevivir en un entorno con limitaciones hídricas y edáficas propias de un bosque seco tropical. Esta diversidad proporciona información crucial para la gestión y conservación del ecosistema, destacando la necesidad de proteger estas especies adaptadas.

4.1.2. Estructura horizontal del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación

Olmos

Abundancia absoluta y relativa

Como resultado del inventario de la flora arbórea del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, la abundancia absoluta o suma total de los árboles es de 549 árboles, siendo *Parkinsonia praecox* (Palo verde) la especie predominante con 274 árboles registrados (49,91 %), seguido por *Acacia macracantha*

(Faique) con 129 árboles (23,50 %), *Cordia lutea* (Overo) con 78 árboles (14,21 %), *Capparis scabrida* (Sapote) con 43 árboles (7,83 %), *Capparis avicennifolia* (Vichayo) con 20 árboles (3,64 %) y *Prosopis pallida* (Algarrobo) con 5 árboles (0,91 %), esto se observa en la tabla 8 y figura 4.

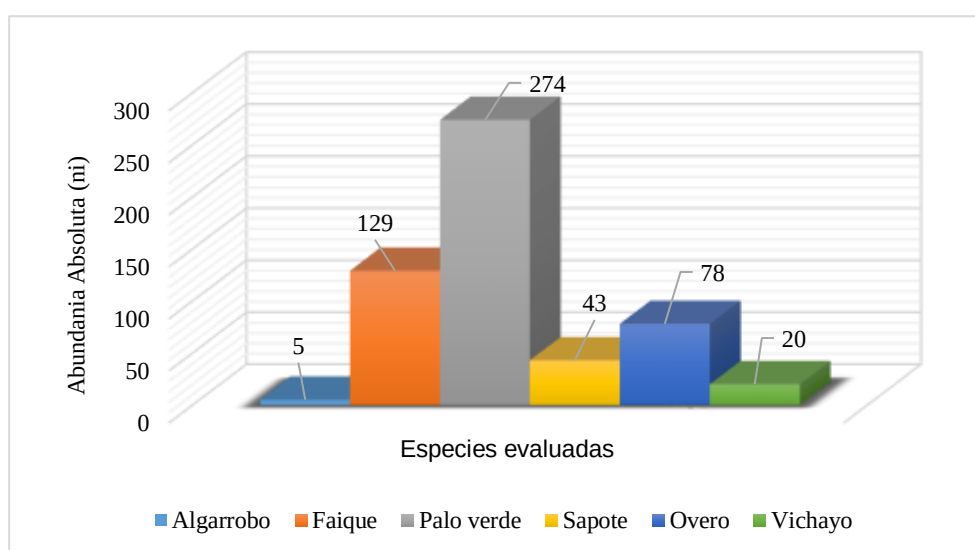
Tabla 8

Abundancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia Absoluta (ni)	Abundancia relativa (Ab %)
1	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo	5	0,91
2	<i>Acacia macracantha</i>	Faique	129	23,50
3	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo verde	274	49,91
4	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote	43	7,83
5	<i>Cordia lutea</i>	Overo	78	14,21
6	<i>Capparis avicennifolia</i>	Vichayo	20	3,64
TOTAL			549	100,00

Figura 4

Abundancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos.



El inventario de la flora arbórea del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos revela un total de 549 árboles. Este número proporciona una base cuantitativa para evaluar la densidad y la estructura del bosque seco, así como para comparar la abundancia relativa de cada especie dentro del ecosistema.

La abundancia relativa permite comprender cómo se distribuyen las especies en términos porcentuales dentro de la población total de árboles. El *Parkinsonia praecox* (Palo verde) es la especie más abundante con un 49,91 % del total de árboles, lo que indica que casi la mitad del bosque está compuesto por esta especie. Esta alta abundancia sugiere que *Parkinsonia praecox* tiene características adaptativas que le permiten prosperar en las condiciones específicas del bosque seco, como la resistencia a la sequía y la capacidad de competir eficazmente por los recursos. La alta abundancia del Palo verde puede influir significativamente en la estructura y dinámica del ecosistema; así mismo, su dominancia puede afectar la disponibilidad de recursos para otras especies y, por lo tanto, influir en la biodiversidad general del bosque.

Como especies sub-abundantes se registran a la *Acacia macracantha* (Faique) con una importancia del 23,50 % de la abundancia relativa, lo que representa aproximadamente una cuarta parte del total de árboles. Su presencia significativa sugiere que también es una especie bien adaptada y competitiva en este entorno. Y la *Cordia lutea* (Overo) representa el 14,21 % del total de árboles, mostrando una adaptación moderada y contribuyendo de manera notable a la biodiversidad del bosque. La *Acacia macracantha* y *Cordia lutea* como especies subdominantes deben ser monitoreadas y protegidas para asegurar que su presencia siga contribuyendo a la diversidad y funcionalidad del ecosistema.

Las especies arbóreas con baja abundancia relativa son el *Capparis scabrida* (Sapote) y *Capparis avicennifolia* (Vichayo), los cuales tienen una representación menor, con 7,83 % y 3,64 %, respectivamente. Aunque menos abundantes, estas especies contribuyen a la diversidad del ecosistema y pueden desempeñar roles ecológicos específicos que favorecen la resiliencia y la estabilidad del bosque. Y el *Prosopis pallida* (Algarrobo) tiene la menor presencia con solo el 0,91 % del total de árboles, la baja abundancia de esta especie podría deberse a factores limitantes específicos, como la competencia, las condiciones edáficas desfavorables, la susceptibilidad a plagas, la afectación al cambio climático y factores antrópicos relacionados con la tala ilegal. Las especies menos abundantes, especialmente *Prosopis pallida*, pueden requerir estrategias de conservación específicas para aumentar su representación y asegurar su supervivencia a largo plazo. Esto podría incluir la restauración del hábitat, la reducción de la competencia y la protección contra amenazas específicas.

Frecuencia absoluta y relativa

La frecuencia o presencia en cada unidad muestral de las especies inventariadas son: *Acacia macracantha* (Faique) con 22,22 %, *Parkinsonia praecox* (Palo Verde) con 19,44 %, *Capparis scabrida* (Sapote) con 17,67 %, *Capparis avicennifolia* (Vichayo) con 17,67 %, *Cordia lutea* (Overo) con 13,89 % y *Prosopis pallida* con 11,11 %, esto se puede apreciar en la tabla 9 y figura 5.

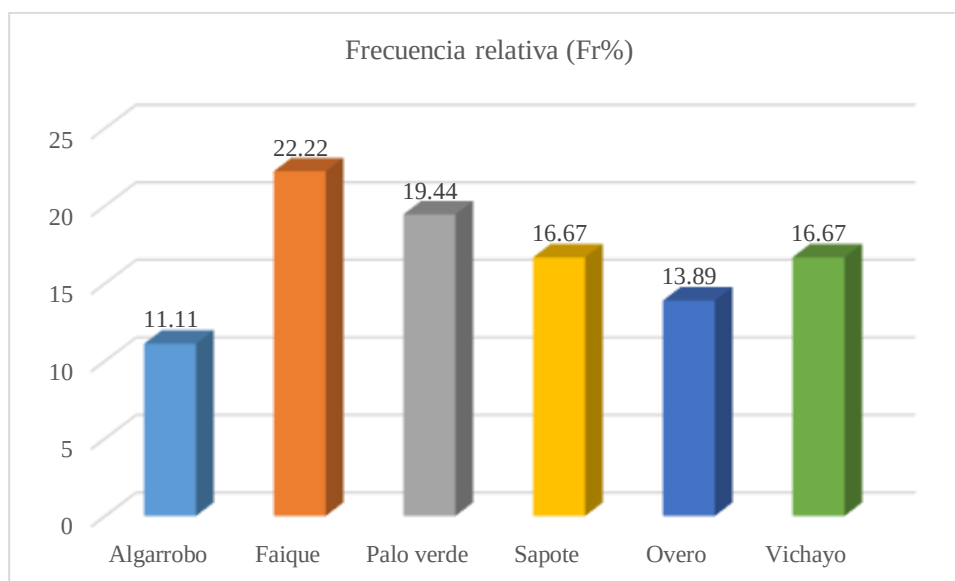
Tabla 9

Frecuencia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

N°	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia absoluta (Fa)	Frecuencia relativa (Fr %)
1	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo	0,50	11,11
2	<i>Acacia macracantha</i>	Faique	1,00	22,22
3	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo verde	0,88	19,44
4	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote	0,75	16,67
5	<i>Cordia lutea</i>	Overo	0,63	13,89
6	<i>Capparis avicennifolia</i>	Vichayo	0,75	16,67
TOTAL			4,50	100,00

Figura 5

Frecuencia relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos



La frecuencia de *Acacia macracantha* y *Parkinsonia praecox* es alta, la primera especie arbórea es la más frecuentemente encontrada en las parcelas evaluadas. Su alta frecuencia sugiere que esta especie tiene una distribución amplia y uniforme en el área de estudio, lo que podría estar relacionado con su capacidad de adaptación a las condiciones edáficas y climáticas del bosque seco. El *Parkinsonia*

praecox también muestra una alta frecuencia, lo que indica una buena distribución en el bosque seco. Su presencia significativa en las parcelas evaluadas refuerza su papel dominante en la estructura del ecosistema, como se observó en los análisis de abundancia. La frecuencia alta de estas dos especies, indica que son importantes, no solo en términos de abundancia, sino también en términos de presencia a lo largo del área de estudio. Esto podría tener implicaciones importantes para la estructura y dinámica del ecosistema, ya que las especies abundantes y frecuentes, a menudo juegan roles clave en la determinación de las características del hábitat

Las frecuencias intermedias de *Capparis scabrida* y *Capparis avicennifolia* son similares, lo que indica que ambas tienen una distribución moderadamente uniforme en el bosque seco. Su presencia en casi la misma proporción sugiere que ocupan nichos ecológicos comparables o que tienen adaptaciones similares al ambiente. Estas dos especies sugieren una buena representación y contribución a la biodiversidad del bosque seco, ayudando a mantener el equilibrio ecológico al ofrecer diversidad estructural y funcional.

Cordia lutea y *Prosopis pallida* presentan baja frecuencia, la primera especie tiene una frecuencia menor en comparación con las especies anteriores. Esto puede indicar que su distribución es más limitada o que necesita condiciones más específicas para su crecimiento y desarrollo en el bosque seco. Y la especie *Prosopis pallida* tuvo la menor frecuencia en las parcelas evaluadas. Su baja frecuencia sugiere que esta especie está menos distribuida en el área de estudio, lo que podría estar relacionado con factores limitantes específicos, como competencia por recursos, preferencias de hábitat más restringidas, o menor capacidad de dispersión. Por tanto, la baja frecuencia de *Cordia lutea* y especialmente de *Prosopis pallida* señala la necesidad de medidas

de conservación específicas para estas especies. Esto podría incluir la protección de sus hábitats preferidos, esfuerzos de reforestación, y monitoreo continuo para asegurar su supervivencia y posible aumento de su frecuencia en el ecosistema.

Dominancia absoluta y relativa

La dominancia absoluta de las especies evaluadas suma un total de 17,70 m², siendo *Capparis scabrida* (Sapote) la especie que presentó mayor área basal con 6,97 m² (39,40 %), seguido de *Acacia macracantha* (Faique) con 5,42 m² (30,62 %), *Capparis avicennifolia* (Vichayo) con 2,25 m² (12,68 %), *Parkinsonia praecox* (Palo verde) con 2,03 m² (11,47 %), *Cordia lutea* (Overo) con 0,63 m² (3,56 %) y *Prosopis pallida* (Algarrobo) con 0,40 m² (2,27 %), esto se aprecia en la tabla 10 y figura 6.

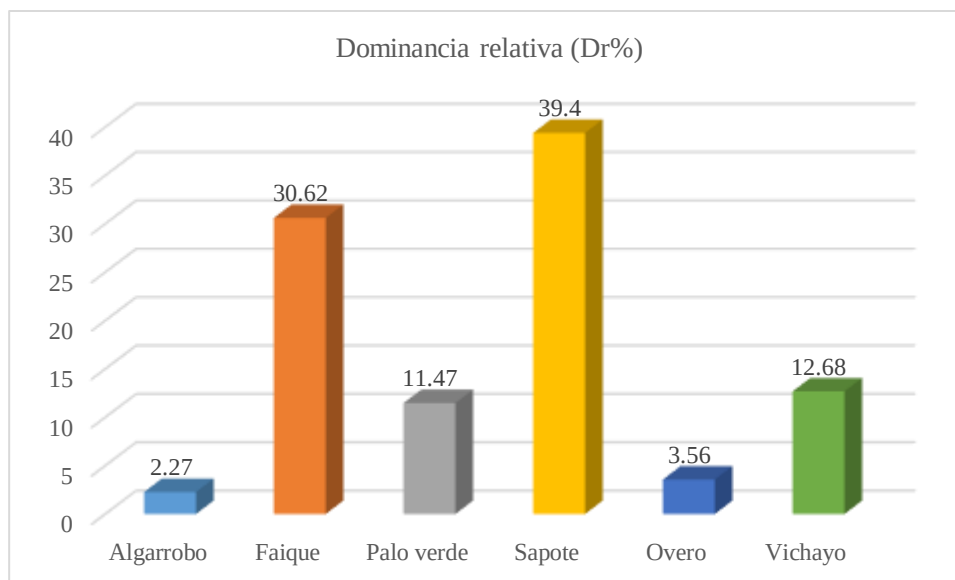
Tabla 10

Dominancia absoluta y relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

N°	Nombre científico	Nombre común	Dominancia absoluta (Da)	Dominancia relativa (Dr%)
1	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo	0,40	2,27
2	<i>Acacia macracantha</i>	Faique	5,42	30,62
3	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo verde	2,03	11,47
4	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote	6,97	39,40
5	<i>Cordia lutea</i>	Overo	0,63	3,56
6	<i>Capparis avicennifolia</i>	Vichayo	2,25	12,68
TOTAL			17,70	100,00

Figura 6

Dominancia relativa de las especies de flora arbórea evaluadas en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos



Las especies con mayor área basal son *Capparis scabrida* y *Acacia macracantha*, la primera especie posee la mayor área basal, indicando que tiene una presencia significativa en términos de volumen de madera en el bosque seco. Este alto valor de dominancia sugiere que el Sapote no solo es abundante, sino también de gran tamaño, lo cual puede influir considerablemente en la estructura vertical y horizontal del bosque. Su predominancia en área basal podría estar relacionada con su capacidad para alcanzar tamaños grandes y tener un crecimiento robusto en las condiciones del bosque seco. La *Acacia macracantha*, aunque no tiene la mayor área basal, sigue siendo una especie dominante en términos de volumen de madera. Su presencia significativa refuerza su rol como una especie clave en la estructura del bosque. La dominancia de esta especie puede contribuir a la formación de hábitats y provisión de recursos para otras especies del ecosistema. Estas dos especies arbóreas juegan un papel crucial en la estructura del bosque, contribuyendo significativamente al volumen total de madera y posiblemente influyendo en la estructura y funcionalidad del

ecosistema. Su presencia dominante puede afectar aspectos como la sombra, el microclima, y los hábitats disponibles para otras especies.

Las diferencias en dominancia entre las especies *Capparis avicennifolia* y *Parkinsonia praecox* es que tienen una presencia intermedia en términos de área basal. *Capparis avicennifolia* su dominancia es menor comparada con *Capparis scabrida* y *Acacia macracantha*, pero sigue siendo importante en la estructura del bosque. Su contribución a la biomasa total del bosque es notable, pero menos pronunciada que las especies anteriormente mencionadas. *Parkinsonia praecox*, a pesar de ser una especie con alta abundancia relativa, muestra una dominancia menor en términos de área basal. Esto puede sugerir que, aunque es común en número, no alcanza tamaños tan grandes como las especies con mayor área basal. Sin embargo, su presencia sigue siendo relevante en la estructura del bosque. Las diferencias en dominancia entre las especies *Capparis avicennifolia* y *Parkinsonia praecox* destacan la variabilidad en la capacidad de crecimiento y adaptación.

Las especies con menor dominancia son *Cordia lutea* y *Prosopis pallida*, la primera tiene una dominancia baja en términos de área basal. Esto indica que esta especie contribuye menos al volumen total de madera en el bosque, lo que puede reflejar una menor capacidad de crecimiento en comparación con las especies más dominantes o una menor representación en términos de tamaño. *Prosopis pallida* es la especie con la menor dominancia en términos de área basal. Esto puede sugerir que esta especie no solo es menos abundante en el área de estudio, sino que también tiene una menor capacidad de alcanzar tamaños grandes, limitando su impacto en la estructura del bosque. Estas dos especies podrían enfrentar desafíos en términos de

competencia y adaptación a las condiciones del bosque seco, lo cual puede ser relevante para las estrategias de manejo y conservación.

La información sobre la dominancia de las especies puede determinar las estrategias de manejo del bosque. Es importante considerar cómo las especies dominantes afectan a la estructura del ecosistema y qué medidas pueden ser necesarias para apoyar a las especies menos dominantes, garantizando así un equilibrio en la estructura del bosque y la biodiversidad.

La dominancia absoluta y relativa proporciona una visión integral de cómo las diferentes especies contribuyen al volumen total de madera en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos. Las especies con mayor dominancia son fundamentales para la estructura del bosque y su funcionalidad, mientras que las especies con menor dominancia pueden necesitar atención especial para asegurar su conservación y equilibrio en el ecosistema. Este análisis es clave para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo y conservación del bosque.

Índice de valor de importancia

De acuerdo a los resultados obtenidos de las 6 especies de flora arbórea evaluadas, con mayor importancia ecológica son *Parkinsonia praecox* (Palo verde), *Acacia macracantha* (Faique) y *Cordia lutea* (Overo), ver figura 7.

Las especies forestales evaluadas obtuvieron el siguiente peso ecológico: *Parkinsonia praecox* con 105,97 %, *Acacia macracantha* con 76,34 %, *Cordia lutea* con 45,12 %, *Capparis scabrida* con 37,18 %, *Capparis avicennifolia* con 21,09 % y *Prosopis pallida* con 14,29 %. (ver tabla 11)

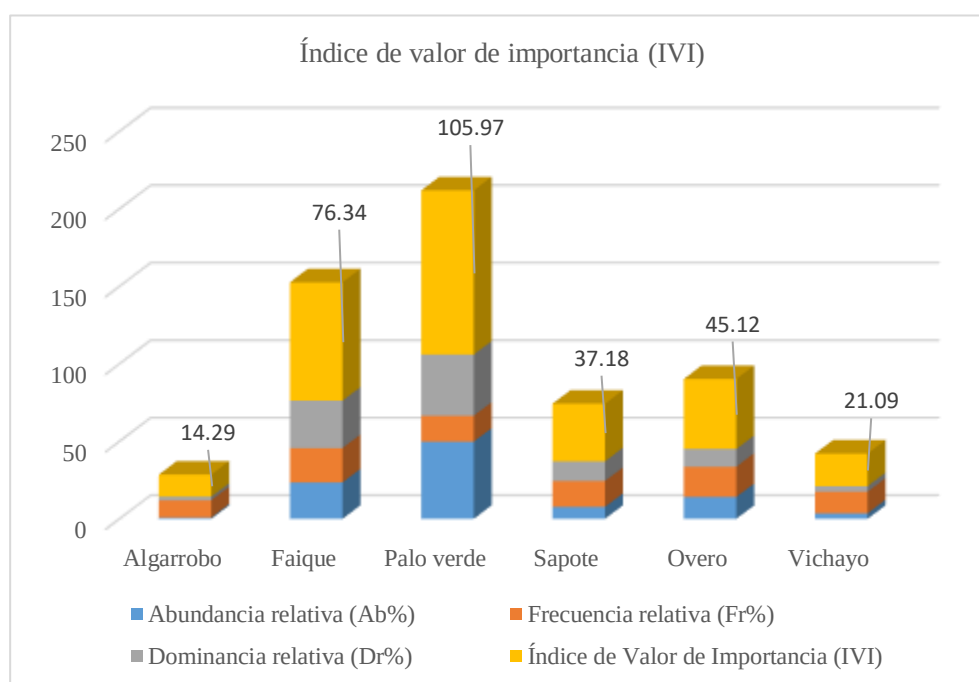
Tabla 11

Índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbóreas presentes en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Nº	Nombre científico	Nombre común	Abundancia relativa (Ab %)	Frecuencia relativa (Fr %)	Dominancia relativa (Dr %)	Índice de Valor de Importancia (IVI)
1	<i>Prosopis pallida</i>	Algarrobo	0,91	11,11	2,27	14,29
2	<i>Acacia macracantha</i>	Faique	23,50	22,22	30,62	76,34
3	<i>Parkinsonia praecox</i>	Palo verde	49,91	16,67	39,40	105,97
4	<i>Capparis scabrida</i>	Sapote	7,83	16,67	12,68	37,18
5	<i>Cordia lutea</i>	Overo	14,21	19,44	11,47	45,12
6	<i>Capparis avicennifolia</i>	Vichayo	3,64	13,89	3,56	21,09
TOTAL						300,00

Figura 7

Índice de valor de importancia de las especies arbóreas presentes en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos



Parkinsonia praecox y *Acacia macracantha* son las especies con un alto índice de valor de importancia (IVI). *Parkinsonia praecox* es la especie con el IVI más alto, superando el 100 %. Esto indica que es la especie más dominante en términos de abundancia, frecuencia y área basal en el bosque seco. Su alto IVI refleja su gran importancia ecológica y su papel central en la estructura del bosque. La alta proporción de individuos y el gran tamaño de los árboles de esta especie sugieren que tiene una influencia significativa en el ecosistema, influyendo en el hábitat, la sombra, y el microclima del área. *Acacia macracantha* ocupa el segundo lugar en el IVI, lo que indica una presencia notable en el bosque. Aunque no alcanza el IVI de *Parkinsonia praecox*, su importancia es considerable. La alta abundancia y frecuencia, junto con una dominancia significativa, indican que *Acacia macracantha* juega un papel importante en la estructura del bosque y contribuye de manera significativa a la biodiversidad y a la funcionalidad del ecosistema. Estas dos especies arbóreas son fundamentales para la estructura y funcionalidad del bosque seco. Su alta representación indica que tienen una influencia considerable en el ecosistema, afectando la diversidad de hábitats, la estructura del bosque y los procesos ecológicos.

Cordia lutea tiene un IVI intermedio, esto indica que, aunque es menos dominante que las dos primeras especies, sigue siendo relevante en el bosque. Su presencia es notable, pero su contribución es menor en comparación con *Parkinsonia praecox* y *Acacia macracantha*. Esto refleja una menor abundancia, frecuencia o área basal en comparación con las especies más dominantes. En cambio, *Capparis scabrida* tiene un IVI más bajo en comparación con las especies anteriores, pero aún representa una parte significativa de la comunidad arbórea. Su menor IVI puede ser indicativo de una menor abundancia o frecuencia en el bosque, a pesar de su importancia en términos de dominancia relativa. *Capparis avicennifolia* muestra un IVI

considerablemente más bajo, lo que sugiere que esta especie tiene una presencia limitada en comparación con las especies anteriores. Esto puede ser un reflejo de su menor abundancia, frecuencia y área basal, indicando una menor influencia en la estructura general del bosque. *Prosopis pallida* tiene el IVI más bajo de todas las especies evaluadas, lo que indica que es la menos importante en términos de abundancia, frecuencia y área basal. Su baja representación en el bosque puede significar que tiene un impacto menor en la estructura del ecosistema en comparación con las otras especies.

Conocer el IVI de las especies ayuda a priorizar esfuerzos de conservación y manejo. Las especies con un alto IVI deben ser objeto de especial atención para asegurar su manejo sostenible, dado su rol clave en el ecosistema. Las especies con bajo IVI, menos dominantes, también deben ser monitoreadas para garantizar su población y así, asegurar la biodiversidad general. Así mismo, la información del IVI puede guiar las decisiones sobre las estrategias de manejo del bosque, incluyendo la restauración, la plantación forestal de especies y la gestión de recursos. Asegurar un equilibrio en la representación de las especies ayudará a mantener la estructura y funcionalidad del bosque.

El análisis del IVI proporciona una visión integral de la importancia relativa de cada especie en el bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos. Las especies con un alto IVI tienen una influencia significativa en la estructura y dinámica del bosque, mientras que las especies con un IVI más bajo tienen una menor representación. Este análisis es esencial para desarrollar estrategias efectivas de manejo y conservación que promuevan la salud y la sostenibilidad del ecosistema forestal.

Cociente de mezcla (CM)

El grado de intensidad de la mezcla de las especies arbóreas presentes en el bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, está dado por el número de especies que es 6, entre el número total de individuos que son 549, siendo el cociente de mezcla 0,011; lo cual indica que, en promedio, hay 0,011 individuos por cada especie en el bosque seco. Este valor refleja una alta densidad de individuos en relación con el número de especies. En términos prácticos, esto indica que las especies arbóreas están representadas en cantidades muy diferentes dentro del bosque. La baja proporción del CM sugiere que, aunque hay varias especies, la mayoría de los individuos están dominados por unas pocas especies, con una alta concentración de individuos en unas pocas especies y una baja presencia en otras.

Un CM bajo puede indicar que el bosque seco está dominado por unas pocas especies arbóreas, lo que sugiere que algunas especies tienen una presencia mucho más alta que otras. Este patrón es consistente con los resultados previos donde *Parkinsonia praecox* (Palo Verde) tiene una dominancia significativa en términos de número de árboles.

Aunque se identificaron 6 especies, la baja proporción de individuos por especie muestra que la diversidad en términos de número de individuos por especie es relativamente baja. La alta dominancia de unas pocas especies puede llevar a una estructura del bosque menos diversa en términos de cobertura arbórea.

La baja mezcla de especies puede tener implicaciones para la estabilidad del ecosistema. Un bosque con baja diversidad en términos de la distribución de individuos puede ser más susceptible a perturbaciones, ya que la pérdida o el cambio

en las especies dominantes podría tener un impacto muy significativo en la estructura general del bosque.

Para mejorar la diversidad y la estructura del bosque, podría ser beneficioso introducir o promover especies menos representadas para equilibrar la distribución de individuos y aumentar la resiliencia del ecosistema. Así mismo, monitorear el cambio en el CM a lo largo del tiempo permitirá evaluar la efectividad de las estrategias de manejo y la respuesta del bosque a las intervenciones de manejo y conservación.

El cociente de mezcla de 0,011 en el bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, indica una alta concentración de individuos en pocas especies, sugiriendo una estructura del bosque dominada por unas pocas especies arbóreas. Esto resalta la necesidad de considerar la diversidad de especies en las estrategias de manejo y conservación para asegurar una estructura de bosque más equilibrada y resiliente. La interpretación del CM, junto con otros indicadores ecológicos, puede proporcionar una visión integral para la gestión y restauración del bosque seco.

4.1.3. *Estructura vertical del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos*

La distribución de las seis especies arbóreas presentes en el ecosistema del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, en respuesta a los factores microclimáticos, gradientes ambientales y al disturbio natural y/o acciones antrópicas, presenta la siguiente estructura vertical.

Perfil del bosque

La mayor altura registrada de los árboles fue de 10 m. A partir de esta medida, se establecieron tres estratos para definir la estructura vertical del bosque: el estrato superior comprende alturas mayores a 6,7 m, el estrato inferior incluye alturas menores a 3,3 m, y el estrato medio abarca alturas entre 3,3 y 6,7 m (ver tabla 12). Además, el estrato medio, con alturas de 3,3 a 6,7 m, contiene la mayor cantidad de individuos, representando el 56,10 % (308 individuos) del total de la flora arbórea evaluada (ver figura 8).

Tabla 12

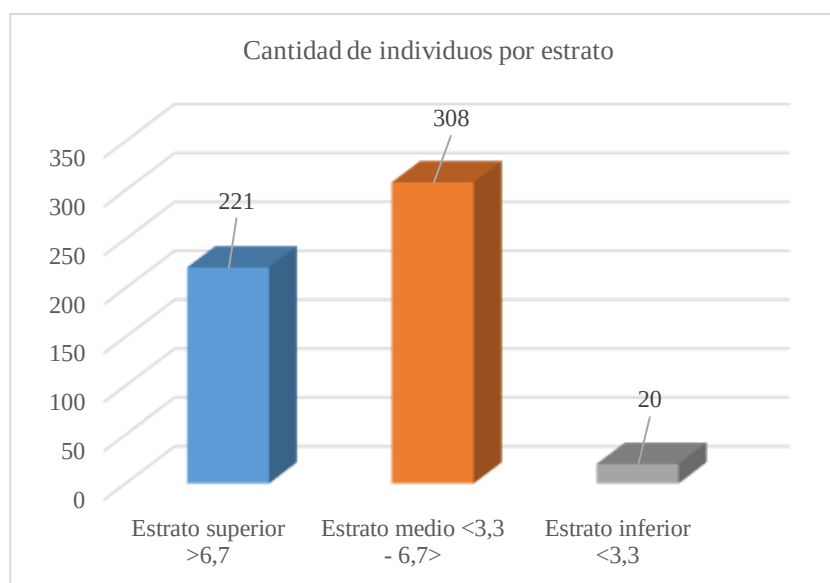
Estratos del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Clases de altura		Individuos	
Estrato	Rango (m)	Cantidad	Porcentaje (%)
Estrato superior	>6,7	221	40,26
Estrato medio	<3,3 - 6,7>	308	56,10
Estrato inferior	<3,3	20	3,64
Total		549	100,00

Según los resultados obtenidos, la estructura vertical del bosque está representada por el porte medio, debido a que este estrato presenta el de mayor porcentaje (56,10 %) del total de individuos de la flora evaluada (ver tabla 12). Las especies que predominan por el tamaño promedio en este estrato, son el *Prosopis pallida* (Algarrobo) y el *Capparis scabrida* (Sapote), tal como se aprecia en la tabla 13 y figura 9.

Figura 8

Individuos por estrato del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos

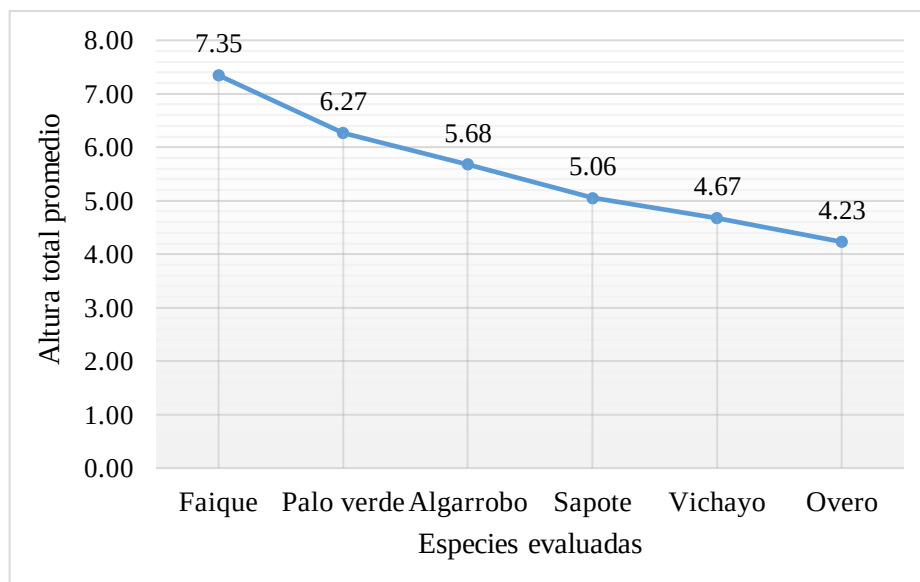
**Tabla 13**

Altura promedio de las especies presentes en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Nº	Nombre común de las especies presentes	Nombre científico de las especies presentes	Altura promedio (m)
01	Faique	<i>Vachellia macracantha</i>	7,35
02	Palo verde	<i>Parkinsonia praecox</i>	6,27
03	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	5,68
04	Sapote	<i>Capparis scabrida</i>	5,06
05	Vichayo	<i>Capparis avicennifolia</i>	4,67
06	Overo	<i>Cordia lutea</i>	4,23

Figura 9

Altura promedio de las especies presentes en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos



Las especies *Vachellia macracantha* (Faique) y *Parkinsonia praecox* (Palo verde) se encuentran dentro del estrato superior. *Vachellia macracantha* domina el estrato superior con una altura promedio de 7,35 m. Su presencia en esta altura sugiere que tiene un acceso privilegiado a la luz solar, lo cual es crucial para su fotosíntesis y crecimiento. *Parkinsonia praecox* también ocupa una posición elevada en el bosque, con una altura promedio de 6,27 m, aunque ligeramente por debajo del faique. Su capacidad para alcanzar estas alturas le permite competir eficazmente por la luz (ver tabla 13 y figura 9).

En el estrato medio se ubican los árboles de *Prosopis pallida* (Algarrobo) y *Capparis scabrida* (Sapote), la primera especie con una altura promedio de 5,68 m, se encuentra bien adaptada al estrato medio. El Algarrobo es conocido por su resistencia y adaptabilidad en ambientes áridos, y su ubicación en el estrato medio indica su capacidad para prosperar con luz filtrada. *Capparis scabrida* registra una altura

promedio de 5,06 m, y también ocupa el estrato medio. Esta especie, al igual que el Algarrobo, se beneficia de la luz indirecta y muestra una estrategia de crecimiento que favorece su supervivencia en este nivel (ver tabla 13 y figura 9).

En el estrato inferior predomina las especies como *Capparis avicennifolia* (Vichayo), con una altura promedio de 4,67 m, aunque no alcanza grandes alturas, es eficiente en la utilización de los recursos disponibles cerca del suelo, y *Cordia lutea* (Overo) con una altura total promedio de 4,23 m, su tamaño más pequeño le permite sobrevivir en condiciones de menor disponibilidad de luz, aprovechando los claros y las áreas más abiertas del sotobosque (ver tabla 13 y figura 9).

Figura 10

Esquema de la estructura vertical del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos



La estratificación vertical demuestra la coexistencia de especies con diferentes estrategias de crecimiento y adaptación a la competencia por la luz y los recursos. Las

especies del estrato superior probablemente tienen adaptaciones para maximizar la captación de luz solar, mientras que las del estrato inferior pueden estar adaptadas a condiciones de sombra y a la competencia por nutrientes en el suelo.

La distribución de especies a lo largo de los tres estratos sugiere una compleja interacción de factores ecológicos y adaptativos. Las especies en el estrato superior, como *Vachellia macracantha* y *Parkinsonia praecox*, tienen ventajas competitivas en términos de acceso a la luz solar, lo que es fundamental en un ecosistema seco donde la luz es un recurso crítico. Por otro lado, las especies del estrato medio e inferior, como *Prosopis pallida*, *Capparis scabrida*, *Capparis avicennifolia* y *Cordia lutea*, han desarrollado estrategias para maximizar su supervivencia y crecimiento con luz filtrada o indirecta.

La clara estratificación y la diversidad de especies en cada nivel indican una estructura de bosque bien organizada, donde cada especie ocupa un nicho específico que maximiza su eficiencia en el uso de recursos. Esto también refleja la resiliencia del ecosistema del bosque de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, capaz de soportar condiciones ambientales desafiantes mediante una distribución eficiente de sus especies vegetales.

Este análisis proporciona información valiosa para la gestión y conservación del bosque seco, ya que entender la estructura vertical y la distribución de las especies puede ayudar en la implementación de estrategias de conservación y manejo forestal que mantengan la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema.

4.1.4. Perfil del suelo del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Ubicación de perfiles modales

En la tabla 14 se muestra la ubicación de cada calicata en donde se realizó el estudio de los respectivos perfiles; las cuales fueron georreferenciadas con el datum de referencia WGS84, ubicadas entre 135 a 244 m s. n. m., y se realizó el muestreo durante marzo del 2023.

Tabla 14

Ubicación de perfiles modales en el bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
P1	643 646	9 339 035	244
P2	634 761	9 334 634	138
P3	620 779	9 330 608	152
P4	621 699	9 329 547	153
P5	621 129	9 328 972	137
P6	621 699	9 328 976	143
P7	622 271	9 328 976	152
P8	621 702	9 328 404	135

Descripción de perfiles modales

En las tablas siguientes, se describe el perfil de cada una de las ocho calicatas, especificando la ubicación y taxonomía del suelo, así como las características físicas básicas presentes y las características del perfil de los horizontes A1, BC, C, C1, C2, C3 y C4.

Tabla 15

Descripción del perfil de las calicatas - Ubicación de calicatas y taxonomía del suelo

Descripción perfil	Calicata P1	Calicata P2	Calicata P3	Calicata P4	Calicata P5	Calicata P6	Calicata P7	Calicata P8
Ubicación	Toma La Juliana	Miraflores	Palo verde	Palo verde	Palo verde	Palo verde	Palo verde	Palo verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Aridisoles; Sub Orden: Gran Cambids; Grupo: Haplocambids; Sub Grupo: Typic Haplocambids.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.	Orden: Entisoles; Sub Orden: Gran Orthents; Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Regosoles	Fluvisoles	Arenosoles	Arenosoles	Arenosoles	Arenosoles	Arenosoles	Arenosoles
Clasificación por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad media, con limitaciones de suelo y clima. F2sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Ladera suave.	Planicie.	Planicie.	Planicie.	Planicie.	Planicie.	Planicie.	Planicie.
Micro relieve	Ondulado suave.	Microaccidentado.	Plano.	Plano.	Plano.	Plano.	Plano.	Plano.
Vegetación	Overo y faique.	Faique.	Zapote, palo verde, overo y faique.	Zapote, palo verde, zapote, algarrobo y faique.	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.
Altitud	244 m s.n.m.	138 m s.n.m.	244 m s.n.m.	153 m s.n.m.	137 m s.n.m.	143 m s.n.m.	152 m s.n.m.	135 m s.n.m.
Coordenadas UTM	643646 metros Este y 9 339035 metros Norte	634761 metros Este y 9 334634 metros Norte	643646 metros Este y 9 339035 metros Norte	621699 metros Este y 9 329547 metros Norte	621129 metros Este y 9 328972 metros Norte	621699 metros Este y 9 328976 metros Norte	622271 metros Este y 9 328976 metros Norte	621702 metros Este y 9 328404 metros Norte

La taxonomía del suelo registrado en las ocho calicatas (ver tabla 15), muestra lo siguiente:

Clasificación según Soil Taxonomy:

Entisoles: Las calicatas P1, P3, P4, P5, P6, P7 y P8 pertenecen a este orden.

Los Entisoles, especialmente los Torriorthents, son suelos jóvenes con escaso desarrollo de horizontes, típicos de climas áridos y condiciones de erosión o deposición reciente. La predominancia de Entisoles indica que el proceso de formación del suelo en esta área es incipiente, influenciado por las condiciones áridas que limitan la actividad biológica y la alteración de minerales.

Aridisoles: La calicata P2 pertenece a este orden, específicamente a los Haplocambids. Los Aridisoles son suelos de ambientes áridos con un horizonte B cambico, lo que sugiere un mayor grado de desarrollo y acumulación de materiales comparado con los Entisoles, indicando una formación del suelo del suelo más prolongada y estable, reflejando un proceso de desarrollo del suelo más avanzado.

Clasificación según FAO:

Arenosoles: Las calicatas P3, P4, P5, P6, P7 y P8 pertenecen a este grupo. Son suelos arenosos con baja capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que presenta limitaciones significativas para la agricultura y los hace aptos para la producción forestal de baja calidad agrológica.

Regosoles: La calicata P1 pertenece a este grupo, caracterizado por suelos jóvenes sin diferenciación de horizontes, típicos de áreas con erosión activa o deposición reciente. Esto refuerza la idea de suelos poco desarrollados en la zona.

Fluviosoles: La calicata P2 pertenece a este grupo, formado en depósitos aluviales recientes. Esto sugiere una influencia significativa de depósitos de sedimentos recientes, posiblemente debido a la proximidad a cursos de agua intermitentes o eventos de deposición aluvial.

Clasificación por Uso Mayor del Suelo:

Tierras aptas para producción forestal con limitaciones de suelo y clima:

F3sc (Baja calidad agrológica): Las calicatas P1, P3, P4, P5, P6, P7 y P8 se ubican en terrenos clasificados como F3sc, los cuales presentan limitaciones significativas en cuanto a características edáficas y climáticas, restringiendo su uso preferente a la producción forestal de baja intensidad.

F2sc (Calidad agrológica media): La calicata P2 corresponde a la clase F2sc, indicando suelos con condiciones de mejor calidad agrológica, lo cual es relativamente más favorable para un uso forestal más intensivo e, incluso, la posibilidad de cultivos resistentes a limitaciones edafoclimáticas.

En conjunto, la clasificación indica que la mayor parte del área evaluada presenta restricciones importantes para el desarrollo de actividades agrícolas, siendo más adecuada para fines forestales. No obstante, la calicata P2 destaca por ofrecer mayor versatilidad de uso, con mayor calidad agrícola para usos más intensivos, dentro de un enfoque sostenible.

Fisiografía y altitud:

Planicie: Las calicatas P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8 se localizan en zonas de planicie, caracterizadas por un microrelieve plano o ligeramente accidentado, con

pendientes que varían entre 0 % y 2 %. Esto sugiere una topografía relativamente uniforme que podría influir en la distribución de la vegetación y el flujo de agua.

Ladera suave: La calicata P1 se encuentra ubicada en una ladera de pendiente suave, con un microrelieve ondulado y pendientes entre 2 % y 8 %. Esta condición fisiográfica puede reflejar procesos diferenciados de erosión y deposición de sedimentos.

Altitud: La altitud del área evaluada varía entre 138 y 244 metros sobre el nivel del mar. Esta altitud, combinada con las características del suelo y la topografía, influye en las condiciones ambientales y la distribución de especies vegetales en la zona.

La predominancia de planicies sugiere una topografía uniforme mayormente plana, y la variabilidad en la altitud y microrelieve influye en la distribución de la vegetación, las condiciones del suelo y el flujo de agua. La presencia de una ladera suave y variaciones en el microrelieve indican posibles diferencias en la erosión y deposición de sedimentos. Predominan los suelos jóvenes y poco desarrollados, con limitaciones significativas para la agricultura, pero adecuados para la producción forestal.

En la tabla 16, se visualiza las características del material parental, la textura, el drenaje, la reacción del suelo, la pendiente, la profundidad, los fragmentos rocosos, y otros factores que influyen en las propiedades del suelo y su potencial uso, estas se describen:

Material parental y textura del suelo

Material parental:

Depósitos aluviales (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Estos suelos son formados por sedimentos transportados y depositados por el agua, lo cual típicamente resulta en suelos bien drenados y ricos en nutrientes.

Depósitos de material detrítico grueso de areniscas (P1): Estos suelos están compuestos por partículas grandes y fragmentos de roca, lo cual puede influir en su estructura y capacidad de retención de agua.

Textura del suelo:

Textura gruesa (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Suelos con textura gruesa, como los arenosos, tiene una alta capacidad de drenaje, pero baja retención de nutrientes y agua.

Textura media (P1): Suelos con textura media, como los limosos, ofrecen un balance mejor entre retención de agua y drenaje, y suelen ser más fértiles.

Drenaje del Suelo

Drenaje natural excesivo (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8): El drenaje excesivo puede llevar a la pérdida rápida de agua y nutrientes, lo cual requiere estrategias de manejo de agua, como riego frecuente y uso de materia orgánica para mejorar la retención de agua.

Buen drenaje (P1): Indica una capacidad adecuada para el drenaje de agua, lo cual es favorable para la mayoría de los cultivos y reduce el riesgo de encharcamiento.

Reacción del Suelo (pH)

Neutro (P1, P2, P4, P5, P6, P7 y P8): Un pH neutro es ideal para la mayoría de las plantas ya que facilita la disponibilidad de nutrientes.

Ligeramente alcalino (P3): Un pH ligeramente alcalino puede ser adecuado para ciertas plantas, pero puede limitar la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales como el hierro y el fósforo.

Pendiente del Terreno

Pendiente plana a ligeramente inclinada (85 % del área, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Estas pendientes son ideales para actividades agrícolas ya que reducen el riesgo de erosión y facilitan el manejo del suelo.

Pendiente fuertemente inclinada (12,5 % del área, P1): Pendientes más pronunciadas pueden incrementar el riesgo de erosión y presentan desafíos para el uso agrícola y la construcción.

Profundidad del Suelo

Moderadamente profundos: La profundidad adecuada es crucial para el desarrollo radicular y la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes, permitiendo un buen crecimiento de las plantas.

Fragmentos Rocosos

Ausencia de fragmentos gruesos (P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Suelos sin fragmentos rocosos son más fáciles de trabajar y permiten un mejor desarrollo de las raíces.

Presencia de fragmentos rocosos (P1 y P2): Los fragmentos gravosos pueden dificultar el laboreo del suelo y el crecimiento radicular, pero pueden mejorar el drenaje y la aireación del suelo.

Pedregosidad de la Superficie

Superficie libre de piedras (P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Facilita la siembra y el manejo agrícola.

Moderadamente pedregoso (P2) y Ligeramente Pedregoso (P1): La presencia de piedras en la superficie puede dificultar algunas operaciones agrícolas, pero también puede mejorar el drenaje superficial.

Erosión Hídrica

Ausencia de erosión hídrica (P3, P4, P5, P6, P7 y P8): Indica estabilidad del suelo, lo cual es positivo para la conservación del suelo y el manejo agrícola.

Erosión moderada (P1 y P2): Requiere medidas de control de erosión, como la implementación de barreras vegetativas o estructuras físicas para prevenir la pérdida de suelo.

Salinidad y Riesgo de Anegamiento

Suelos no salinos: La ausencia de salinidad es favorable para la mayoría de los cultivos y evita problemas de toxicidad.

Sin riesgo de inundación: La ausencia de riesgo de anegamiento es ideal para mantener la salud del suelo y las plantas.

Clima y Fertilidad del Suelo

Clima árido templado cálido y zona de vida de matorral desértico

Premontano Tropical (md-PT): Estas condiciones climáticas indican que el manejo del agua es crucial debido a la baja precipitación.

Baja fertilidad del suelo: La baja fertilidad requiere la implementación de prácticas de manejo del suelo, como la adición de fertilizantes y materia orgánica, para mejorar la productividad agrícola.

Tabla 17

Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte A1 presente en cada calicata

Calicata P1	Calicata P2	Calicata P3	Calicata P4	Calicata P5	Calicata P6	Calicata P7	Calicata P8
A1 00 –23 cm.: Horizonte de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura franca; de estructura bloques sub angulares, finos y medios, grado moderado; consistencia firme en húmedo y ligeramente adhesivo en mojado; reacción neutra (pH:6,89); nivel bajo de materia orgánica (MO: 1,23 %); altos en fósforo disponible (P: 26.8 ppm); altos en potasio disponible (K: 670 ppm).	A1 00 – 22 cm.: Horizonte de color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,16); nivel medio en materia orgánica (MO: 2,19 %); altos en fósforo disponible (P: 19,0 ppm); niveles altos en potasio disponible (K: 302 ppm).	A1 00 – 40 cm.: Horizonte de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura arena franca; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción ligeramente alcalina (pH: 7,66); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0.03 %); medios en fósforo disponible (P: 9,0 ppm); altos en potasio disponible (K: 251 ppm).	A1 00 –32 cm.: Horizonte de color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 6,98); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 5.0 ppm); medios en potasio disponible (K: 162 ppm).	A1 00 –31 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,11); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 8.3 ppm); medios en potasio disponible (K: 186 ppm).	A1 00 –30 cm.: Horizonte de color pardo (10YR 5/3) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,16); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 9,7 ppm); medios en potasio disponible (K: 187 ppm).	A1 00 –29 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,12); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 7.3 ppm); medios en potasio disponible (K: 145 ppm).	A1 00 –27 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 6,94); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,21 %); medios en fósforo disponible (P: 8,4 ppm); medios en potasio disponible (K: 162 ppm).
Nivel bajo en capacidad de intercambio catiónico, con CIC: 9,28 meq/100g (P1) y nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico, con CIC: 5,60 me/100g (P2), CIC: 4,16 meq/100g (P3), CIC: 4,00 meq/100g (P4 y P6), CIC: 4,48 meq/100g (P5 y P7) y CIC: 4,32 meq/100g (P8).							
Sin calcáreo total, con CaCO ₃ : 0.00 % (P1, P2, P3, P4, P6 y P8) y nivel bajo en calcáreo total, con CaCO ₃ : 0,09 % (P5 y P7).							
Saturación de bases alta, con SB: 97% (P1), SB: 100% (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8).							
No presenta problemas de toxicidad por aluminio, con Al: 0.00 me/100g (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8).							
No salino, con CE: 0,23 dS/m (P1), CE: 1,12 dS/m (P2), CE: 0,33 dS/m (P3), CE: 0,08 dS/m (P4), CE: 0,08 dS/m (P5), CE: 0,14 dS/m (P6), CE: 0,10 dS/m (P7) y CE: 0.23 dS/m (P8), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes.							
Horizonte con escaso desarrollo de raíces finas (P1, P2, P4, P5, P7 y P8), horizonte de P2 con buen desarrollo de raíces finas y medias, horizonte P6 con escaso desarrollo de raíces finas y medias.							
Pobre actividad biológica (P1, P3, P4, P5, P6, P7 y P8) y no se observa actividad biológica (P2).							
Presencia de gravillas de cuarcitas 10% y límite gradual suave (P1), abundantes gravillas de areniscas y materiales volcánicos, y límite difuso suave (P2) y sin fragmentos gruesos con límite difuso suave (P3, P4, P5, P6, P7 y P8).							

Según la tabla 17, el análisis de las calicatas muestra variabilidad en las características del horizonte A1, siendo este el siguiente:

La calicata P1, con un horizonte de 0 a 23 cm, presenta color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), textura franco, estructura de bloques sub angulares, consistencia firme en húmedo y ligeramente adhesiva en mojado, pH neutro (6,89), bajo contenido de materia orgánica (1,23 %), y altos niveles de fósforo (26,8 ppm) y potasio (670 ppm). La textura franco y la estructura de bloques subangulares indican una buena capacidad de retención de agua y nutrientes, lo cual es positivo para el crecimiento de las plantas. La consistencia firme y ligeramente adhesiva puede limitar la penetración de las raíces, pero la alta fertilidad (altos niveles de fósforo y potasio) compensa esta limitación. La baja materia orgánica sugiere la necesidad de enmiendas orgánicas para mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua y nutrientes.

La calicata P2, con un horizonte de 0 a 22 cm, tiene color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (7,16), contenido medio de materia orgánica (2,19 %), y altos niveles de fósforo (19,0 ppm) y potasio (302 ppm). La textura arenosa y la estructura de grano simple facilitan el drenaje, pero pueden limitar la retención de nutrientes y agua. La consistencia muy friable y no adhesiva es favorable para el desarrollo radicular. La materia orgánica es media, lo cual es positivo en comparación con las otras calicatas. Los altos niveles de fósforo y potasio indican una fertilidad adecuada, pero se recomienda seguir mejorando el contenido de materia orgánica.

La calicata P3, con un horizonte de 0 a 40 cm, muestra color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4), textura arena franca, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH ligeramente alcalino (7,66), muy bajo contenido de materia orgánica (0,03 %), niveles medios de fósforo (9,0 ppm), y altos niveles de potasio (251 ppm). La textura arena franca proporciona un equilibrio entre drenaje y retención de nutrientes. La consistencia suelta y muy friable es favorable para la penetración de raíces. El pH ligeramente alcalino puede afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes. El contenido extremadamente bajo de materia orgánica es preocupante y requiere intervención inmediata. Los niveles de fósforo y potasio son adecuados, pero la materia orgánica debe ser aumentada para mejorar la fertilidad general del suelo.

La calicata P4, con un horizonte de 0 a 32 cm, presenta color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (6,98), bajo contenido de materia orgánica (0,03 %), bajos niveles de fósforo (5,0 ppm), y niveles medios de potasio (162 ppm). La textura arenosa y estructura de grano simple indican un buen drenaje, pero una baja capacidad de retención de nutrientes. La consistencia suelta y muy friable es beneficiosa para el crecimiento de las raíces. El pH neutro es adecuado para la mayoría de las plantas. Sin embargo, los bajos niveles de materia orgánica y fósforo son limitantes y sugieren la necesidad de aplicar enmiendas orgánicas y fertilizantes fosforados para mejorar la fertilidad del suelo.

La calicata P5, con un horizonte de 0 a 31 cm, tiene color pardo amarillento (10YR 5/4), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (7,11), bajo contenido de materia orgánica (0,03 %), niveles medios de fósforo (8,3 ppm), y potasio (186 ppm).

Las características físicas del suelo (textura arenosa, estructura de grano simple) indican un buen drenaje, pero una baja capacidad de retención de agua y nutrientes. La consistencia es favorable para el crecimiento de las raíces. El pH neutro es óptimo para la mayoría de los cultivos. Los bajos niveles de materia orgánica y fósforo son limitantes, sugiriendo la necesidad de enmiendas y fertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo.

La calicata P6, con un horizonte de 0 a 30 cm, muestra color pardo (10YR 5/3), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (7,16), bajo contenido de materia orgánica (0,03 %), niveles medios de fósforo (9,7 ppm), y potasio (187 ppm). La textura arenosa y la estructura de grano simple proporcionan un buen drenaje, pero una baja capacidad de retención de nutrientes. La consistencia es favorable para el crecimiento radicular. El pH neutro es adecuado para la mayoría de los cultivos. Los bajos niveles de materia orgánica y fósforo sugieren la necesidad de aplicar enmiendas y fertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo.

La calicata P7, con un horizonte de 0 a 29 cm, tiene color pardo amarillento (10YR 5/4), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (7,12), bajo contenido de materia orgánica (0,03 %), niveles medios de fósforo (7,3 ppm), y potasio (145 ppm). Las características físicas (textura arenosa, estructura de grano simple) favorecen el drenaje, pero limitan la retención de nutrientes. La consistencia es favorable para el desarrollo radicular. El pH neutro es óptimo para la mayoría de los cultivos. Los bajos niveles de materia orgánica y fósforo requieren enmiendas y fertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo.

La calicata P8, con un horizonte de 0 a 27 cm, presenta color pardo amarillento (10YR 5/4), textura arenosa, estructura de grano simple, consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, pH neutro (6,94), bajo contenido de materia orgánica (0,21 %), niveles medios de fósforo (8.4 ppm), y potasio (162 ppm). Las características físicas favorecen el drenaje, pero limitan la retención de nutrientes y agua. La consistencia es favorable para el desarrollo radicular. El pH neutro es adecuado para la mayoría de los cultivos. Aunque el contenido de materia orgánica es bajo, es relativamente más alto que en otras calicatas, lo cual es positivo. Los niveles medios de fósforo y potasio son aceptables, pero se recomienda mejorar el contenido de materia orgánica para optimizar la fertilidad del suelo.

Las calicatas P1 a P8 presentan variaciones significativas en términos de textura, estructura y contenido de nutrientes. La mayoría de los suelos tienen una textura arenosa y una estructura de grano simple, lo que favorece el drenaje, pero limita la retención de nutrientes y agua. Las consistencias sueltas y muy friables son favorables para el desarrollo radicular, pero los bajos contenidos de materia orgánica y fósforo son una limitación común que debe abordarse con enmiendas y fertilizantes adecuados. El pH neutro en la mayoría de los horizontes es favorable para el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Para optimizar la fertilidad y productividad de estos suelos, se recomienda mejorar el contenido de materia orgánica y ajustar los niveles de nutrientes mediante prácticas de manejo sostenible del suelo.

Todas las unidades muestrales presentan un bajo nivel de capacidad de intercambio catiónico (CIC). Específicamente, la CIC es de 9.28 meq/100g en P1 y muy baja en las demás: 5,60 meq/100g en P2, 4,16 meq/100g en P3, 4,00 meq/100g en P4 y P6, 4.48 meq/100g en P5 y P7, y 4,32 meq/100g en P8. La baja CIC indica que

los suelos tienen una capacidad limitada para retener y suministrar nutrientes esenciales a las plantas. Esto puede afectar negativamente la fertilidad del suelo y la productividad agrícola y forestal.

No hay calcáreo total en la mayoría de las calicatas, con CaCO_3 de 0,00 % en P1, P2, P3, P4, P6 y P8, y un nivel bajo de CaCO_3 de 0,09 % en P5 y P7. La ausencia de CaCO_3 indica que los suelos no son calcáreos, lo cual puede ser favorable para la disponibilidad de ciertos nutrientes y el crecimiento de una amplia variedad de plantas.

La saturación de bases es alta, con SB de 97 % en P1 y 100 % en las demás unidades muestrales. Una alta saturación de bases es indicativa de una buena disponibilidad de cationes esenciales (como calcio, magnesio y potasio), lo cual es favorable para la fertilidad del suelo.

No se observan problemas de toxicidad por aluminio, con Al de 0,00 me/100g en todas las calicatas. La ausencia de toxicidad por aluminio es favorable para el crecimiento de las plantas, ya que el aluminio puede ser tóxico para las raíces en suelos ácidos.

Los suelos no son salinos, con CE de 0,23 dS/m en P1, 1,12 dS/m en P2, 0,33 dS/m en P3, 0,08 dS/m en P4 y P5, 0,14 dS/m en P6, 0,10 dS/m en P7, y 0,23 dS/m en P8. La baja salinidad es favorable para la mayoría de vegetales, evitando problemas de toxicidad por sales y facilitando la absorción de agua y nutrientes por las plantas.

La razón de absorción de sodio (RAS) es baja, lo cual no afecta la disponibilidad de nutrientes.

En términos de desarrollo de raíces, los horizontes muestran variaciones: P1, P2, P4, P5, P7 y P8 tienen un desarrollo escaso de raíces finas; P2 tiene un buen

desarrollo de raíces finas y medias, mientras que P6 tiene un desarrollo escaso de raíces finas y medias. Un desarrollo radicular limitado puede afectar la absorción de agua y nutrientes, limitando el crecimiento y desarrollo de las especies arbóreas presentes.

La actividad biológica es pobre en P1, P3, P4, P5, P6, P7 y P8, y no se observa actividad biológica en P2. Una actividad biológica pobre indica una baja presencia de microorganismos benéficos, lo cual puede afectar la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes.

La presencia de fragmentos gruesos también varía: P1 tiene gravillas de cuarcitas (10 %) y un límite gradual suave; P2 con abundantes gravillas de areniscas y materiales volcánicos y un límite difuso suave, mientras que P3, P4, P5, P6, P7 y P8 no presentan fragmentos gruesos y un límite difuso suave. La presencia de fragmentos gruesos mejora el drenaje y la aireación del suelo, pero también puede dificultar el desarrollo radicular.

En resumen, los suelos evaluados muestran algunas limitaciones en términos de fertilidad, principalmente debido a la baja CIC y la pobre actividad biológica. Sin embargo, la alta saturación de bases, la ausencia de toxicidad por aluminio y la baja salinidad son aspectos positivos para el crecimiento y desarrollo de las especies arbóreas del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos.

Tabla 18

Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte BC presente en cada calicata

[illegible]**Tabla 19**

Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C presente en cada calicata

[illegible]

Según la tabla 18, de las ocho unidades muestrales analizadas, solo la calicata P1 presenta un horizonte BC, que se extiende de los 23 a los 46 cm de profundidad. Este horizonte transicional presenta características tanto del horizonte B como del horizonte C, sin poder clasificarse claramente como uno u otro. Las siguientes características del horizonte BC en P1 son relevantes para su interpretación:

Composición y Textura:

Gravillas de cuarcitas: Más del 60 % de este horizonte está compuesto por gravillas de cuarcitas, indicando una alta presencia de material rocoso.

Textura franco arcillosa: La textura franco arcillosa sugiere una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, proporcionando una capacidad moderada de retención de agua y nutrientes.

Reacción del Suelo:

pH neutro (6.64): Un pH neutro es favorable para la mayoría de las plantas, facilitando la disponibilidad de nutrientes esenciales.

Nutrientes y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):

Materia orgánica: El nivel de materia orgánica es bajo (0,27 %), lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes a largo plazo y la actividad biológica del suelo.

CIC: La capacidad de intercambio catiónico es baja (10,40 meq/100g), lo que indica una limitada capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes esenciales a las plantas.

La baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el bajo nivel de materia orgánica sugieren que este horizonte puede tener una limitada capacidad para retener y suministrar nutrientes a las plantas. Esto podría requerir la adición de enmiendas orgánicas o fertilizantes para mejorar la fertilidad del suelo.

Fósforo disponible: Los niveles de fósforo disponible son altos (17,5 ppm), lo cual es positivo para el crecimiento de las plantas, ya que el fósforo es crucial para la fotosíntesis y el desarrollo radicular.

Potasio disponible: También presenta altos niveles de potasio disponible (511 ppm), esencial para la regulación del agua en las plantas y la resistencia a enfermedades.

Los altos niveles de fósforo y potasio disponible son positivos y pueden apoyar el crecimiento de las plantas, aunque la baja CIC podría limitar su disponibilidad a largo plazo.

Otros Parámetros Químicos:

Calcáreo total (CaCO₃): No contiene calcáreo total (0,00 % CaCO₃), lo que sugiere que no hay problemas asociados con la acumulación de carbonato de calcio que podrían afectar la estructura y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Saturación de bases: La saturación de bases es alta (53 %), indicando una buena disponibilidad de cationes esenciales como calcio, magnesio, y potasio. El pH neutro (6,64) y la alta saturación de bases son condiciones favorables para la mayoría de los cultivos, facilitando la disponibilidad de nutrientes esenciales y reduciendo el riesgo de toxicidad.

Toxicidad por aluminio: No presenta problemas de toxicidad por aluminio (0,00 meq/100g), lo cual es beneficioso para el crecimiento de las plantas.

Salinidad: No es salino (CE: 1,64 dS/m), lo cual es favorable para la mayoría de los cultivos ya que la salinidad puede restringir la absorción de agua y nutrientes.

Condiciones Físicas y Biológicas:

Raíces y actividad biológica: Este horizonte no contiene raíces y presenta una actividad biológica pobre, lo que puede afectar negativamente la formación de agregados del suelo y la mineralización de la materia orgánica. La ausencia de raíces y la pobre actividad biológica indican que las prácticas de manejo del suelo deben enfocarse en mejorar la estructura y la actividad biológica, quizás a través de la incorporación de materia orgánica y prácticas de cultivo de cobertura.

Límite claro suave: La presencia de un límite claro y suave entre los horizontes puede indicar una transición gradual en las propiedades del suelo.

De acuerdo con la tabla 19, entre las ocho calicatas evaluadas, únicamente la calicata P1 muestra la presencia de un horizonte BC, que se extiende desde los 46 cm hasta más de 70 cm de profundidad. Este horizonte se caracteriza por estar compuesto predominantemente de gravas y gravillas de areniscas y cuarcitas, presentando una estructura bastante compacta y dura. No se observan raíces en este horizonte, y la actividad biológica es inexistente. Las siguientes características del horizonte C en la calicata P1 son destacables para su análisis:

Composición y estructura del horizonte C: El horizonte C en la calicata P1 está formado principalmente por gravas y gravillas, lo que sugiere una formación geológica de sedimentos gruesos, probablemente debido a procesos de deposición y

compactación. La dureza y la compactación del material indican que este horizonte tiene una baja porosidad y una limitada capacidad para la retención de agua y nutrientes, lo que puede dificultar el crecimiento radicular y la absorción de recursos por las plantas.

Ausencia de raíces y actividad biológica: La ausencia de raíces y de actividad biológica en este horizonte resalta su papel como una capa de transición o de base geológica más que un horizonte funcional para la agricultura o la vegetación. Esta carencia de vida biológica sugiere que las condiciones en este horizonte son inhóspitas para microorganismos, posiblemente asociadas a su alta compactación, escasa porosidad y bajo contenido de materia orgánica.

Implicaciones para el manejo del suelo: La presencia de un horizonte C compacto y carente de actividad biológica limita las posibilidades de mejorar la estructura y retención de agua en el suelo, afectando la salud y estabilidad de las capas superficiales. Esta condición restringe la interacción entre suelo y las plantas a través de sus raíces, esencial para mantener su fertilidad y funcionalidad.

Consideraciones de manejo: Desde el punto de vista de la gestión del suelo y el uso de la tierra, la presencia de un horizonte C con estas características puede requerir prácticas específicas. Por ejemplo, si se pretende mejorar la productividad agrícola, podría ser necesario intervenir mecánicamente para romper la compactación, o ajustar el manejo del riego para evitar problemas de anegamiento. La comprensión de la distribución y las propiedades de este horizonte es crucial para desarrollar estrategias de manejo sostenible.

Calicata P1	Calicata P2	Calicata P3	Calicata P4	Calicata P5	Calicata P6	Calicata P7	Calicata P8
No presenta	C1 22-41 cm.: Horizonte constituido por gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; textura arenosa; de estructura en grano simple; consistencia muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,02); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 1,3 ppm); bajos en potasio disponible (K: 28 ppm).	C1 40-89 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; grabo simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 3,95); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 3,0 ppm); medios en potasio disponible (K: 175 ppm).	C1 32-91 cm.: Horizonte de color pardo (10YR 5/3) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 6,98); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 2.5 ppm); medios en potasio disponible (K: 123 ppm).	C1 31-80 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,07); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 2,8 ppm); medios en potasio disponible (K: 168 ppm).	C1 30-80 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,07); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 3,6 ppm); medios en potasio disponible (K: 138 ppm).	C1 29-82 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,25); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 5,0 ppm); medios en potasio disponible (K: 154 ppm).	C1 27-82 cm.: Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutra (pH: 7,21); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 4.2 ppm); medios en potasio disponible (K: 140 ppm).
	Nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico, con CIC: 2,40 me/100g (P2), CIC: 3,84 meq/100g (P3), CIC: 3,52 meq/100g (P4), CIC: 4,80 meq/100g (P5 y P7) y CIC: 4,32 meq/100g (P6) y nivel bajo en capacidad de intercambio catiónico, con CIC: 6,08 meq/100g (P8).						
	Sin calcáreo total, con CaCO ₃ : 0.00 % (P2, P3, P4, P6 y P7) y nivel bajo en calcáreo total, con CaCO ₃ : 0,09 % (P8).						
	Saturación de bases alta, con SB: 100 % (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8).						
	No presenta problemas de toxicidad por aluminio, con Al: 0.00 me/100g (P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8).						
	No salino, con CE: 0,26 dS/m (P2), CE: 0,11 dS/m (P3), CE: 0,06 dS/m (P4), CE: 0,12 dS/m (P5), CE: 0,06 dS/m (P6), CE: 0,05 dS/m (P7) y CE: 0,08 dS/m (P8), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes.						
	Horizonte con escasas raíces finas (P2 y P4), con escasas raíces gruesas de los arbustos como el palo verde (P3) y escasas raíces finas que llegan hasta los 45 cm de profundidad (P5), 40 cm de profundidad (P6), 50 cm de profundidad (P7) y 48 cm de profundidad (P8)						
	Pobre actividad biológica (P2, P3, P6, P7 y P8), no se observa actividad biológica (P4) y escasa actividad biológica (P5).						
	Sin fragmentos gruesos y límite difuso suave (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 y P8).						

De acuerdo con la tabla 20, la calicata P1 no exhibe el horizonte C1. Además, el análisis de las calicatas P2 a P8 muestra una variabilidad en las características de este horizonte, que se describen a continuación:

La calicata P2, presenta un horizonte C1 que se extiende de 22 a 41 cm.

Este horizonte está compuesto por gravillas volcánicas y areniscas de textura arenosa y estructura de grano simple, con consistencia muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado. Presenta un pH neutro (7,02), pero baja fertilidad, evidenciada por niveles reducidos de materia orgánica (0,03 %), fósforo (1,3 ppm) y potasio (28 ppm). La combinación de gravillas volcánicas y areniscas sugiere un origen geológico específico que afecta la estructura y textura del suelo, favoreciendo una consistencia muy friable y no adhesiva. La neutralidad del pH es ideal para la mayoría de los cultivos, pero los bajos niveles de materia orgánica y nutrientes esenciales como fósforo y potasio indican una baja fertilidad natural, lo que podría requerir enmiendas para mejorar la productividad.

La calicata P3, tiene un horizonte C1 que varía de 40 a 89 cm, con un color pardo amarillento (10YR 5/4) en estado húmedo. La textura es arenosa y la estructura es de grano simple. La consistencia es suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado. El pH es neutro (3,95), el nivel de materia orgánica es bajo (0,03 %), el fósforo disponible es también bajo (3,0 ppm), mientras que el potasio disponible es medio (175 ppm). El color pardo amarillento indica una posible oxidación del hierro presente en el suelo. La consistencia y textura favorecen el drenaje, pero el pH ácido podría limitar la disponibilidad de algunos nutrientes. El contenido moderado de

potasio es positivo, aunque los niveles bajos de materia orgánica y fósforo sugieren la necesidad de fertilización y mejoras orgánicas.

La calicata P4, presenta un horizonte C1 que se extiende de 32 a 91 cm y se caracteriza por un color pardo (10YR 5/3) en húmedo. Tiene una textura arenosa, estructura de grano simple, y su consistencia es suelta en seco y muy friable en húmedo, sin ser adhesiva en mojado. El pH es neutro (6,98), con un bajo nivel de materia orgánica (0,03 %), fósforo disponible (2,5 ppm) y niveles medios de potasio disponible (123 ppm). Este horizonte muestra características similares a P3, pero con un pH neutro que es más favorable para la mayoría de las plantas. La textura arenosa y estructura de grano simple facilitan el manejo del suelo, aunque los bajos niveles de nutrientes siguen siendo una limitación significativa para el desarrollo de cultivos sin la aplicación de enmiendas adecuadas.

La calicata P5, muestra un horizonte C1 de 31 a 80 cm, con un color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. Este horizonte tiene una textura arenosa y una estructura de grano simple. Su consistencia es suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado, con un pH neutro (7,07). El nivel de materia orgánica es bajo (0,03 %), el fósforo disponible es bajo (2,8 ppm) y el potasio disponible es medio (168 ppm). Las características de P5 son consistentes con las de P4, indicando condiciones similares en términos de textura, estructura y composición química del suelo. El pH neutro es ideal para la mayoría de los cultivos, pero nuevamente, la baja materia orgánica y niveles bajos de fósforo requieren atención para mejorar la fertilidad del suelo.

La calicata P6, muestra un horizonte C1 que se extiende de 30 a 80 cm. Tiene un color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo, una textura arenosa y estructura de

grano simple. La consistencia es suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado. El pH es neutro (7,07), con bajo nivel de materia orgánica (0,03 %), fósforo disponible (3,6 ppm) y potasio disponible (138 ppm). La consistencia y textura favorecen el manejo del suelo, pero al igual que en las calicatas anteriores, la baja materia orgánica y los bajos niveles de fósforo limitan la productividad. Las características químicas son adecuadas para el cultivo, pero mejorar el contenido de materia orgánica y fósforo disponible es crucial.

La calicata P7, presenta un horizonte C1 de 29 a 82 cm, con color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. La textura es arenosa, la estructura de grano simple, y la consistencia es suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado. El pH es neutro (7,25), con un bajo nivel de materia orgánica (0,03 %), fósforo disponible (5,0 ppm) y potasio disponible (154 ppm). Las propiedades físicas del suelo en P7 son similares a las de las otras calicatas, con una textura y consistencia que favorecen el manejo, pero la baja materia orgánica sigue siendo una limitación. El nivel de fósforo disponible es ligeramente superior, lo cual es positivo, pero aún puede requerir suplementación para optimizar la fertilidad del suelo.

La calicata P8, muestra un horizonte C1 que va de 27 a 82 cm, con color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. Este horizonte también tiene textura arenosa y estructura de grano simple, con una consistencia suelta en seco, muy friable en húmedo y no adhesiva en mojado. El pH es neutro (7,21), el nivel de materia orgánica es bajo (0,03 %), el fósforo disponible es bajo (4,2 ppm) y el potasio disponible es medio (140 ppm). Las características de P8 reflejan las tendencias observadas en las otras calicatas, con una textura y consistencia que facilitan el manejo del suelo, pero con limitaciones en términos de fertilidad debido a los bajos niveles de materia

orgánica y fósforo. El pH neutro es adecuado para la mayoría de los cultivos, pero se requerirán enmiendas para mejorar los niveles de nutrientes.

El análisis de las unidades muestrales de P2 a P8 en el horizonte C1 revela características significativas que afectan la fertilidad y la funcionalidad del suelo. Los niveles de capacidad de intercambio catiónico (CIC) son extremadamente bajos, variando entre 2,40 meq/100g en P2 y 6,08 meq/100g en P8. Este rango indica una limitada capacidad del suelo para retener y suministrar cationes esenciales, lo que puede repercutir negativamente en la fertilidad del suelo y en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

En cuanto al contenido de calcáreo total, las muestras de P2, P3, P4, P6 y P7 no contienen calcáreo (0,00 % CaCO_3), mientras que P8 presenta un bajo nivel de 0,09% CaCO_3 . La ausencia o baja presencia de calcáreo sugiere que estos suelos no están influenciados significativamente por la cal, lo cual es favorable para la mayoría de los cultivos que prefieren suelos ligeramente ácidos a neutros. La alta saturación de bases (100 %) en todas las calicatas indica una buena disponibilidad de cationes básicos, como calcio, magnesio, potasio y sodio, lo que es positivo para la estructura del suelo y la nutrición de las plantas.

No se detectan problemas de toxicidad por aluminio, ya que los valores de Al son de 0,00 meq/100g en todas las calicatas. Esto es crucial, ya que la presencia de aluminio en el suelo puede ser tóxica para muchas plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. La conductividad eléctrica (CE) indica que los suelos no son salinos, con valores que varían entre 0,05 dS/m en P7 y 0,26 dS/m en P2, lo que es beneficioso para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, ya que la salinidad puede inhibir la absorción de agua y nutrientes.

La razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo que no afecta negativamente la estructura del suelo ni la disponibilidad de nutrientes. En términos de desarrollo radicular, el horizonte C1 muestra una presencia escasa de raíces finas en P2 y P4, y raíces gruesas limitadas de arbustos como el palo verde en P3. Las raíces finas alcanzan profundidades de 45 cm en P5, 40 cm en P6, 50 cm en P7 y 48 cm en P8, lo que sugiere que, aunque hay alguna penetración de raíces, su desarrollo es limitado, posiblemente debido a la compactación del suelo o a la baja fertilidad.

La actividad biológica es generalmente pobre en P2, P3, P6, P7 y P8, nula en P4 y escasa en P5. La actividad biológica limitada indica una baja cantidad de microorganismos beneficiosos en el suelo, lo que puede afectar la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. Finalmente, la ausencia de fragmentos gruesos y la presencia de un límite difuso suave en todos los horizontes sugieren una uniformidad en la estructura del suelo, aunque la falta de fragmentos gruesos puede limitar la aireación y el drenaje en ciertas condiciones.

En conclusión, las unidades muestrales de P2 a P8 en el horizonte C1 presentan suelos con baja capacidad de intercambio catiónico, ausencia o bajos niveles de calcáreo, alta saturación de bases y ausencia de toxicidad por aluminio. Aunque no son salinos y la RAS es baja, el desarrollo radicular y la actividad biológica son limitados, lo que podría afectar la productividad agrícola y la salud general del suelo.

Tabla 21

Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C2 presente en cada calicata

Calicata P1	Calicata P2	Calicata P3	Calicata P4	Calicata P5	Calicata P6	Calicata P7	Calicata P8
No presenta	C2 41-75 cm.: Horizonte constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; con escasa raíces del faique, no se observa actividad biológica; límite difuso suave.	C2 89-125 cm. a más: Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.	C2 91-120 cm. a más: Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.	C2 80-120 cm. a más: Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.	C2 80-130 cm. a más: Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.	C2 82-130 cm. a más: Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.	C2 82-130 cm. a más: Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Tabla 22

Descripción del perfil de las calicatas - Características del perfil del horizonte C3 y C4 presente en cada calicata

Calicata P1	Calicata P2	Calicata P3	Calicata P4	Calicata P5	Calicata P6	Calicata P7	Calicata P8
No presenta	C3 75-106 cm.: Horizonte constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; húmedo y con presencia de moteaduras, con escasa raíces del faique, no se observa actividad biológica; límite difuso suave.	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta
No presenta	C4 106-130 cm.: Horizonte podrido totalmente geyficado, de color verdoso y olor fétido; constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica; con escasa raíces, no se observa actividad biológica.	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta

De acuerdo con la tabla 21, el horizonte C2 no está presente en la calicata P1. Adicionalmente, el análisis de las calicatas P2 a P8 revela una variabilidad en las características de este horizonte, las cuales se detallan a continuación:

La calicata P2, presenta un horizonte C2 que se extiende desde los 41 hasta los 75 cm, compuesto por abundantes gravillas de origen volcánico y areniscas, con escasas raíces del faique y sin actividad biológica observable, además de un límite difuso suave. La presencia de gravillas volcánicas y areniscas indica una deposición geológica específica, posiblemente relacionada con eventos volcánicos pasados. La escasez de raíces y la falta de actividad biológica sugieren un ambiente inhóspito para la biota del suelo, lo cual podría estar asociado a las propiedades físicas del sustrato que dificultan el desarrollo radicular y la actividad microbiana.

La calicata P3, tiene un horizonte C2 que se extiende desde los 89 hasta más de 125 cm, compuesto por arenas amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. Las arenas amarillentas indican una textura que probablemente permite un buen drenaje, pero la ausencia de raíces y actividad biológica puede implicar limitaciones en la disponibilidad de nutrientes o condiciones adversas para el desarrollo de la vida del suelo.

La calicata P4, muestra un horizonte C2 que se extiende desde los 91 hasta más de 120 cm, también constituido por arenas amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. Similar a P3, la composición arenosa favorece el drenaje, pero las condiciones no son propicias para la biota del suelo. Esto puede ser debido a una baja retención de humedad y nutrientes, características típicas de los suelos arenosos.

La calicata P5, presenta un horizonte C2 de 80 a más de 120 cm, igualmente compuesto por arenas amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. Las características de este horizonte son consistentes con los de P3 y P4, lo que refuerza la interpretación de que los suelos arenosos en esta profundidad no ofrecen condiciones favorables para el desarrollo de la biota del suelo.

La calicata P6, tiene un horizonte C2 que se extiende de 80 a más de 130 cm, constituido por arenas pardo amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. La coloración pardo amarillenta puede indicar una mayor oxidación del material, pero las condiciones siguen siendo desfavorables para la biota del suelo, probablemente debido a las mismas razones observadas en los otros perfiles.

La calicata P7, muestra un horizonte C2 que va desde los 82 hasta más de 130 cm, compuesto por arenas pardo amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. La similitud en composición y características con P6 sugiere un entorno homogéneo en esta región, con condiciones igualmente inadecuadas para la biota del suelo.

La calicata P8, también presenta un horizonte C2 que se extiende desde los 82 hasta más de 130 cm, constituido por arenas pardo amarillentas, sin raíces ni fragmentos gruesos, y sin actividad biológica observable. Las características del horizonte C2 en P8 son consistentes con las observadas en P6 y P7, indicando una continuidad en las condiciones del suelo en esta área, que no favorecen la presencia de biota del suelo.

El horizonte C2 en las calicatas P2 a P8 muestra una tendencia consistente de suelos con composición arenosa, con escasa o nula presencia de raíces y sin actividad biológica observable. Estas condiciones sugieren un entorno geológicamente homogéneo, pero biológicamente limitado. La falta de actividad biológica y raíces puede estar relacionada con la baja retención de humedad y nutrientes, características típicas de los suelos arenosos y con presencia de materiales volcánicos y areniscas. Estos resultados indican la necesidad de prácticas de manejo del suelo que mejoren su fertilidad y capacidad de retención de humedad para favorecer el desarrollo de la biota del suelo y la salud general del ecosistema.

Los resultados de las tablas anteriores, es decir de la tabla 15 a la 22, nos muestran en forma concreta lo siguiente:

De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú, elaborado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) del año 1986, el área de estudio se encuentra incluido dentro de la región edáfica Aridisólica, la cual comprende los valles aluviales, desde los 135 hasta los 244 metros de altitud, clima con una temperatura media anual máxima de 25,5 °C y la media anual mínima, de 22,3 °C. El promedio máximo de precipitación total por año es de 242,1 mm y el promedio mínimo, de 100,9 mm.

Los suelos de la zona de estudio son minerales. Proceden del tipo de material parental de origen transportado. Son de desarrollo genético moderado, con secuencia de horizontes A-C en su mayor extensión, pero también se tiene A/BC/C. Según la clasificación natural de suelos de los Estados Unidos de América del 2014, pertenecen en toda su extensión al orden Aridisols, el cual constituye los suelos áridos de zonas desérticas, con una sección de control de humedad del suelo que está seca en alguna o

en todas partes durante algún tiempo en años normales, con régimen de humedad arídico y régimen de temperatura térmico.

El grado de desarrollo de estos suelos es incipiente a moderado, como consecuencia de la débil a moderada influencia de sus factores de formación en la zona de estudio. Respecto del factor clima, representado por la baja distribución de la precipitación a lo largo del año y temperaturas altas, no propicia una adecuada tasa de descomposición de la roca y de los residuos orgánicos. Asimismo, estas condiciones climáticas, en toda la zona de estudio, no favorecen una actividad microbiana eficiente en el suelo. Otro factor es el tipo de cobertura que se tiene constituida principalmente por árboles y arbustos poco densos propios de la zona de vida matorral desértico Premontano Tropical, cuyos restos vegetales no se descomponen con facilidad. Por otro lado, en la morfología del perfil se reconoce que estos suelos no son desarrollados al mostrar perfiles del tipo A-C o A-BC-C, no reconociéndose el horizonte B.

La clasificación de los suelos como Aridisols refleja las condiciones áridas del área de estudio, caracterizadas por baja precipitación y altas temperaturas. Estos factores, junto con la cobertura vegetal dispersa, contribuyen a la baja fertilidad del suelo, afectando el crecimiento y la distribución de las especies vegetales.

4.1.5. Relación de las propiedades físicas, químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos

Propiedades físicas y químicas del suelo del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos

Tabla 23

Propiedades físicas y químicas del suelo del bosque seco de la zona de Obras del Proyecto de Irrigación Olmos

N° de calicata	Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase text.	Densidad aparente	CIC	Cationes Cambiables					Suma de cation.	Suma de bases	% Sat. de bases
								Arena	Limo	Arcilla				Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
								%	%	%				meq/100g							
P1	P1(1)	6,89	0,23	0,00	1,23	26,8	670	42	38	20	Fr.	1.40	9,28	6,92	1,04	0,94	0,08	0,00	8,98	8,98	97
	P1(2)	6,64	1,64	0,00	0,27	17,5	511	34	32	34	Fr.Ar.	1.30	10,40	7,57	1,35	0,71	0,33	0,00	9,96	9,96	96
P2	P2(1)	7,16	1,12	0,00	2,19	19,0	302	92	2	6	A.	1.65	5,60	3,58	1,43	0,52	0,07	0,00	5,60	5,60	100
	P2(2)	7,02	0,26	0,00	0,03	1,3	28	96	0	4	A.	1.70	2,40	1,62	0,63	0,04	0,11	0,00	2,40	2,40	100
P3	P3(1)	7,66	0,33	0,09	0,03	9,0	251	88	6	6	A.Fr.	1.55	4,16	2,57	0,97	0,58	0,03	0,00	4,16	4,16	100
	P3(2)	7,34	0,11	0,00	0,03	3,0	175	94	0	6	A.	1.67	3,84	2,41	0,99	0,40	0,03	0,00	3,84	3,84	100
P4	P4(1)	6,98	0,08	0,00	0,03	5,0	162	96	0	4	A.	1.70	4,00	3,00	0,64	0,35	0,01	0,00	4,00	4,00	100
	P4(2)	6,98	0,06	0,00	0,03	2,5	123	94	0	6	A.	1.67	3,52	2,53	0,67	0,29	0,03	0,00	3,52	3,52	100
P5	P5(1)	7,11	0,14	0,09	0,03	8,3	186	94	0	6	A.	1.67	4,48	3,29	0,76	0,41	0,02	0,00	4,48	4,48	100
	P5(2)	7,07	0,12	0,00	0,03	2,8	168	92	2	6	A.	1.65	4,80	3,73	0,67	0,38	0,01	0,00	4,80	4,80	100
P6	P6(1)	7,16	0,14	0,00	0,03	9,7	187	94	0	6	A.	1.67	4,00	2,75	0,76	0,48	0,01	0,00	4,00	4,00	100
	P6(2)	7,07	0,06	0,00	0,03	3,6	138	94	0	6	A.	1.67	4,32	3,25	0,74	0,32	0,01	0,00	4,32	4,32	100
P7	P7(1)	7,12	0,10	0,09	0,03	7,3	145	96	0	4	A.	1.70	4,48	3,42	0,74	0,31	0,01	0,00	4,48	4,48	100
	P7(2)	7,25	0,05	0,00	0,03	5,0	154	96	0	4	A.	1.70	4,80	3,73	0,69	0,37	0,01	0,00	4,80	4,80	100
P8	P8(1)	6,94	0,23	0,00	0,21	8,4	162	94	0	6	A.	1.67	4,32	3,30	0,66	0,35	0,01	0,00	4,32	4,32	100
	P8(2)	7,21	0,08	0,09	0,03	4,2	140	96	0	4	A.	1.70	6,08	5,08	0,66	0,34	0,01	0,00	6,08	6,08	100

Nota. Elaborado en base al certificado de análisis de suelos otorgado por Calderón (2023)

Las propiedades físicas y químicas del suelo del bosque seco de la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos se muestran en síntesis en la tabla 23, como resultado del análisis de caracterización de los dos horizontes superiores de las 8 parcelas evaluadas; caracterización que se realizó en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía.

Con este análisis de caracterización se puede distinguir respecto a las propiedades físicas del suelo, predominando las clases texturales gruesas (arena, arena franca) en siete parcelas y textura media (franca) en la parcela P1; la estructura es de tipo grano simple en los horizontes A y C de siete parcelas y de tipo bloques subangulares en la parcela P1; la capacidad de retención de agua de estos suelos es baja y la aireación es media; la consistencia es suelta en seco, muy friable en húmedo, y no adhesiva en mojado; exhibiendo colores pardos, pardo grisáceo muy oscuro, pardo amarillento oscuro y pardo amarillento; son suelos moderadamente profundos; de drenaje excesivo, libre de piedras a ligeramente pedregosos en superficie; libre de fragmentos gruesos a ligeramente gravosos en el perfil.

La textura gruesa y la estructura de grano simple en la mayoría de las parcelas indican una baja capacidad de retención de agua, lo cual es típico de suelos arenosos y suelos con alta permeabilidad. Esto puede limitar la disponibilidad de agua para las plantas durante períodos secos, lo que afecta la estructura y composición del bosque seco. La consistencia suelta y friable facilita el crecimiento radicular, pero también implica que los nutrientes pueden ser fácilmente lixiviados, contribuyendo a la baja fertilidad del suelo. Los colores y la presencia de fragmentos pedregosos reflejan las condiciones ambientales y el tipo de material parental del suelo.

Teniendo en cuenta el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (D.S. N° 005-2022-MIDAGRI) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, químicamente los suelos muestreados y evaluados, tienen un pH neutro (pH: 6,89 – 7,16) en siete parcelas y ligeramente alcalino (pH: 7,66) en la parcela P3; no salinos (CE: 0,10 – 1,12 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos a niveles altos (CaCO_3 : 0,00 – 0,09 %); el horizonte de superficie posee nivel bajo de materia orgánica (MO: 0,03 – 1,23 %) en siete parcelas y nivel medio (MO: 2,19 %) en la parcela P2; nivel bajo a alto de fósforo disponible (P: 5,0 – 26,8 ppm) predominando los niveles medios; nivel medio a alto de potasio disponible (K: 145 – 670 ppm), predominando los niveles medios.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que refleja la fertilidad potencial de un suelo, exhibe valores muy bajos a bajos (CIC: 4,00 – 9,28 meq/100g), influenciada principalmente por los bajos contenidos de materia orgánica y arcilla, que no favorece la expresión de las cargas negativas; en el complejo arcillo – húmico, el calcio (Ca: 2,57 a 6,92 meq/100g) y el magnesio (Mg: 0,64 a 1,04 meq/100g), ambos con niveles bajos, de igual manera el potasio (K: 0,31 – 0,94 meq/100g) y el sodio (Na: 0,01 – 0,08 meq/100g) tienen niveles bajos, no presenta cationes ácidos aluminio e hidrógeno (Al+H: 0,00 meq/100g) y saturación de bases alta (SB: 96 - 100 %). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

El pH neutro a ligeramente alcalino es favorable para la mayoría de las especies vegetales, ya que optimiza la disponibilidad de nutrientes. La baja salinidad y RAS indican que no hay restricciones significativas para el crecimiento vegetal debido a la salinidad o sodicidad. Sin embargo, los bajos niveles de materia orgánica limitan

la CIC, lo que reduce la capacidad del suelo para retener y suministrar nutrientes esenciales. Esto, junto con los bajos niveles de nutrientes clave como calcio, magnesio, potasio y sodio, y la baja fertilidad natural del suelo, sugiere que la disponibilidad de nutrientes es una limitante significativa para el crecimiento vegetal en esta zona. La variabilidad en los niveles de fósforo y potasio sugiere diferencias locales en la fertilidad del suelo, lo que puede influir en la distribución y abundancia de especies vegetales.

Relación de las propiedades físicas, químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco

Para evaluar la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre la estructura del bosque seco estacional en la zona de estudio, se aplicó un análisis de regresión lineal simple, donde cada propiedad edáfica se consideró como variable 1 (independiente - X) y las variables estructurales del bosque (número de árboles, número de especies y volumen maderable) como variable 2 (dependientes - Y). La fuerza y dirección de la relación se determinaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), mientras que el coeficiente de determinación (R^2) permitió estimar la proporción de la variabilidad de la variable dependiente explicada por la independiente. Para verificar la significancia estadística de los modelos y de cada coeficiente de regresión, se utilizaron la prueba F de ANOVA (significancia global del modelo) y la prueba t de Student (significancia del coeficiente de pendiente).

Tabla 24

Propiedades químicas y físicas del suelo en relación con la composición estructural del bosque seco estacional

Parcelas	Variable 1									Variable 2		
	Propiedades químicas del suelo					Propiedades físicas del suelo						
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	Y1	Y2	Y3
						Profundidad						
	pH	M.O. (%)	Salinidad	Potasio	Fósforo	Efectiva Horizonte "A"	Arena (%)	Arcilla (%)	Densidad Aparente	N° de individuos	N° de especies	Vol. m ³
P1	6,89	1,23	0,23	670	26,8	23	42	20	1.40	41	1	4,01
P2	7,16	2,19	1,12	302	19,0	22	92	6	1.65	91	1	27,50
P3	7,66	0,03	0,33	251	9,0	40	88	6	1.55	79	5	10,01
P4	6,98	0,03	0,08	162	5,0	32	96	4	1.70	78	5	8,59
P5	7,11	0,03	0,14	186	8,3	31	94	6	1.67	54	5	6,21
P6	7,16	0,03	0,14	187	9,7	30	94	6	1.67	93	6	12,68
P7	7,12	0,03	0,10	145	7,3	29	96	4	1.70	68	6	6,77
P8	6,94	0,21	0,23	162	8,4	27	94	6	1.67	45	6	3,61

La tabla presenta un conjunto de variables edáficas, tanto químicas (pH, materia orgánica, salinidad, potasio y fósforo) como físicas (profundidad efectiva del horizonte "A", porcentaje de arena, porcentaje de arcilla y densidad aparente), evaluadas en ocho parcelas del bosque seco estacional. Estas se contrastan con tres indicadores estructurales del bosque: número de individuos, número de especies y volumen m³ de madera.

Los resultados muestran una heterogeneidad edáfica entre parcelas, con valores de pH en un rango neutro a ligeramente alcalino (6,89–7,66), bajos contenidos de materia orgánica ($\leq 2,19$ %) y fósforo relativamente reducido (5–26,8 ppm). En

términos físicos, el suelo presenta predominio de texturas francas a franco-arenosas (con porcentajes de arena entre 42 % y 96 %) y densidades aparentes que varían de 1,40 a 1,70 g/cm³, lo que sugiere diferencias en la compactación y aireación del perfil.

Al relacionar estas condiciones con la vegetación, se observa que las parcelas con mayor número de individuos y volumen (P2 y P6) no coinciden necesariamente con los mayores valores de nutrientes, sino más bien con condiciones intermedias de pH y densidad aparente, lo que sugiere que la estructura del bosque depende de la interacción de múltiples factores edáficos más que de un solo elemento. Asimismo, la baja riqueza específica en algunas parcelas (por ejemplo, P1 y P2 con una sola especie) contrasta con valores más altos en otras (P6 y P7 con hasta seis especies), lo cual resalta la influencia diferenciada de las propiedades del suelo sobre la abundancia frente a la diversidad arbórea.

En síntesis, la tabla constituye la base para aplicar análisis de correlación de Pearson (r) y regresión lineal simple (R^2), permitiendo cuantificar en qué medida las propiedades del suelo explican la variabilidad en la composición y estructura del bosque seco, aspecto central para comprender su dinámica y orientar estrategias de manejo.

Tabla 25

Resultados del análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre la variable 1 frente a la variable 2

		Variable 2/Coef. Corr. Pearson		
Variable 1		Nº	Nº	Volumen
		árboles	especies	(m ³)
Propiedades físicas del suelo	Prof. Efectiva	0,24	0,62	-0,27
	Horizonte "A"			
	Arena (%)	0.52	0.67	0.27
	Arcilla (%)	-0.55	-0.66	-0.26
	Densidad aparente (g/cm ³)	0.42	0.63	0.20
Propiedades químicas del suelo	pH	0,50	0,18	0,28
	M.O. (%)	0,10	-0,92	0,68
	Salinidad	0,39	-0,67	0,88
	Potasio	-0,40	-0,81	-0,05
	Fósforo	-0.25	-0.90	0.22

Relación de la profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

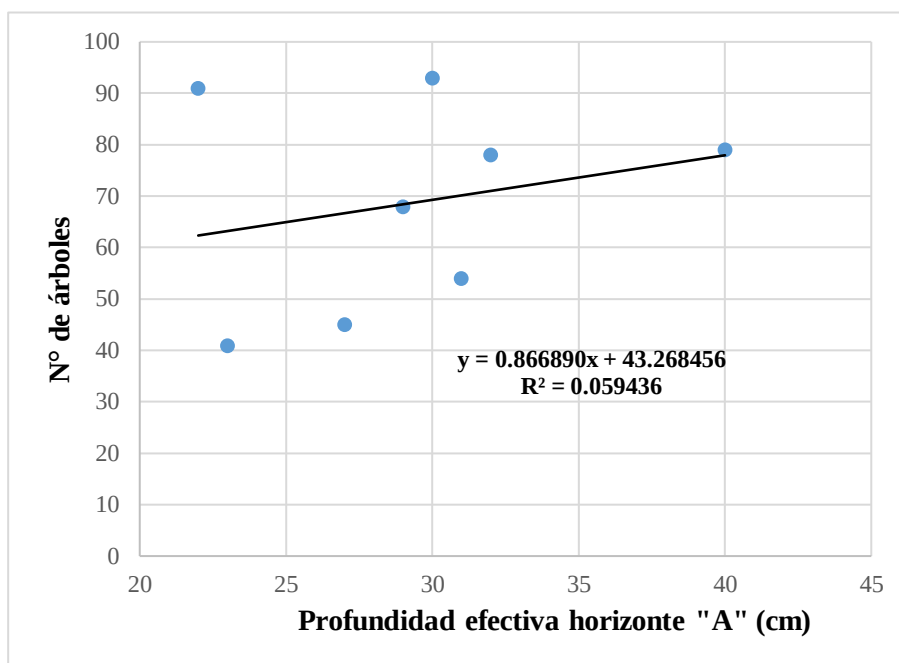
El estudio del coeficiente de correlación de Pearson proporciona una comprensión profunda de la relación entre la profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo (como variable 1) y la variable 2: número de árboles, número de especies y volumen. Los coeficientes de correlación hallados son 0,24 para el número de árboles, 0,62 para el número de especies y -0,27 para el volumen. A continuación, se procede a analizar e interpretar estos resultados:

Relación entre profundidad efectiva del suelo y número de árboles ($r = -0,24$)

Un coeficiente de 0,24 indica una correlación positiva pero débil. Esto sugiere que, en el bosque seco de la zona de obras, a medida que aumenta la profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo, tiende a haber aumento poco significativo en el número de árboles.

Figura 11

Relación entre profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo y número de árboles



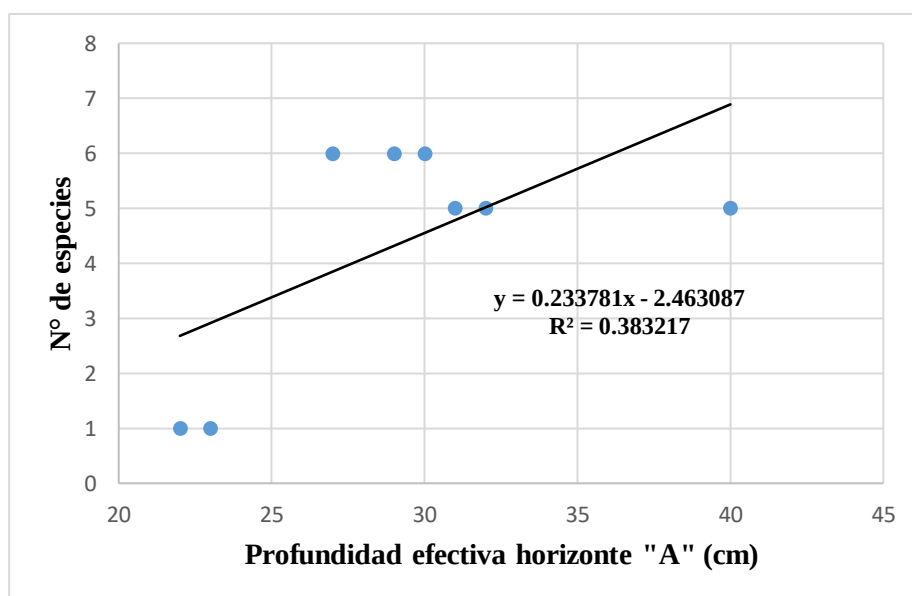
Sugiriendo que, aunque hay una relación positiva débil entre la profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo y el número de árboles, esto podría indicar que otros factores importantes están afectando el número de árboles en la zona y que no se reflejan en la profundidad efectiva del suelo del horizonte "A".

Relación entre profundidad efectiva del suelo y número de especies ($r = 0,62$)

Un coeficiente de 0,62 indica una correlación positiva fuerte. Esto sugiere que, a medida que aumenta la profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo, también aumenta el número de especies presentes.

Figura 12

Relación entre profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo y número de especies



La correlación positiva fuerte sugiere que la profundidad del suelo puede ser un factor importante en la biodiversidad del bosque seco. Un horizonte “A” más profundo podría ofrecer un entorno más favorable para una mayor diversidad de especies, gracias a mejores condiciones de nutrientes y retención de agua.

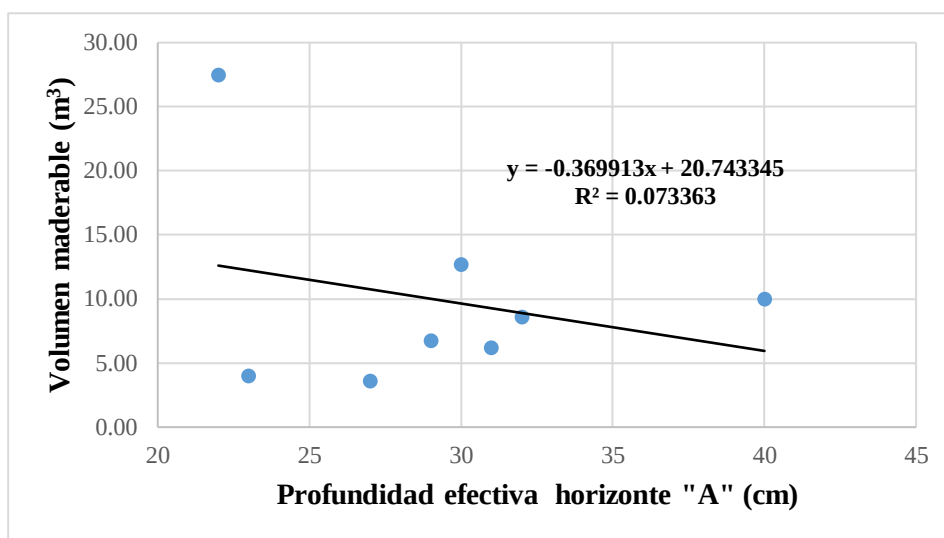
Relación entre profundidad efectiva del suelo y volumen maderable ($r = -0,27$)

El coeficiente de correlación de -0,27 indica una relación negativa débil entre la profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo y el volumen maderable del bosque seco evaluado. Esta relación sugiere que, aunque el suelo presenta mayor

profundidad efectiva, ello no se traduce necesariamente en un mayor volumen de biomasa, pues el volumen de los árboles tiende a disminuir débilmente o con débil significancia.

Figura 13

Relación entre profundidad efectiva del horizonte "A" del suelo y volumen maderable



La relación observada parece estar condicionada por las particularidades del bosque seco, donde la estacionalidad de las lluvias, la limitada disponibilidad de agua en profundidad y la fuerte competencia radicular en el horizonte superficial restringen el aprovechamiento de capas más profundas del suelo. Estudios en bosques secos tropicales (Sierra et al., 2007; Cueva et al., 2019) muestran que muchas especies desarrollan raíces poco profundas para captar la humedad superficial, dada la baja infiltración y rápida evaporación del agua. En este contexto, un horizonte "A" más profundo no siempre supone una ventaja, pues puede asociarse con mayor compactación o menor fertilidad efectiva. Así, aunque la profundidad del suelo es relevante, su efecto sobre el volumen de biomasa está modulado por múltiples factores ecológicos propios del bosque seco estacional.

Relación del porcentaje de arena del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

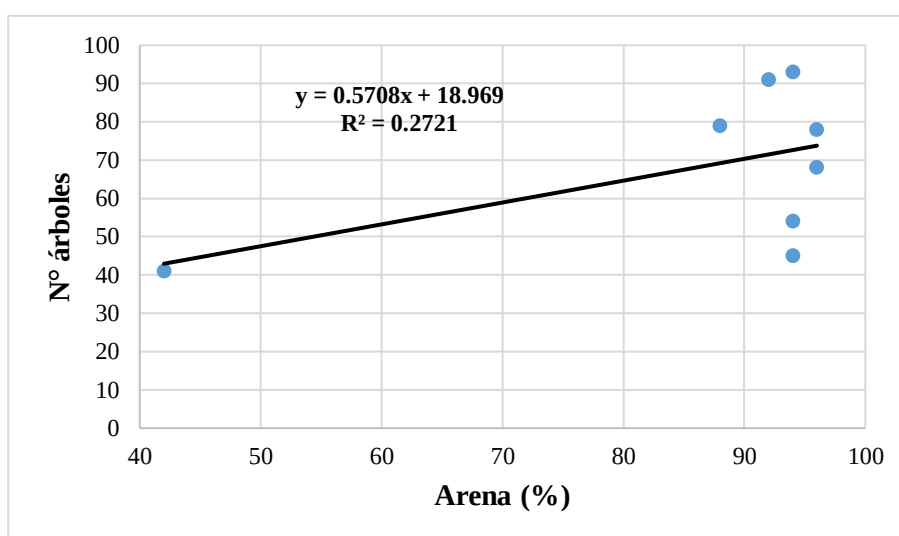
El análisis mediante el coeficiente de correlación de Pearson permite examinar con precisión el grado de asociación entre la fracción arenosa del suelo (variable 1) y las variables vinculadas a la estructura forestal (variable 2): número de árboles, número de especies y volumen. Los coeficientes obtenidos evidencian una correlación de 0,52 con el número de árboles, de 0,67 con el número de especies y de 0,27 con el volumen. En lo sucesivo, se desarrolla el análisis e interpretación correspondiente a estos resultados.

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y número de árboles ($r = 0,52$):

El coeficiente de correlación de 0,52 revela una relación positiva moderada, indicando que en suelos con mayor proporción de arena suele encontrarse una mayor densidad de árboles.

Figura 14

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el número de árboles



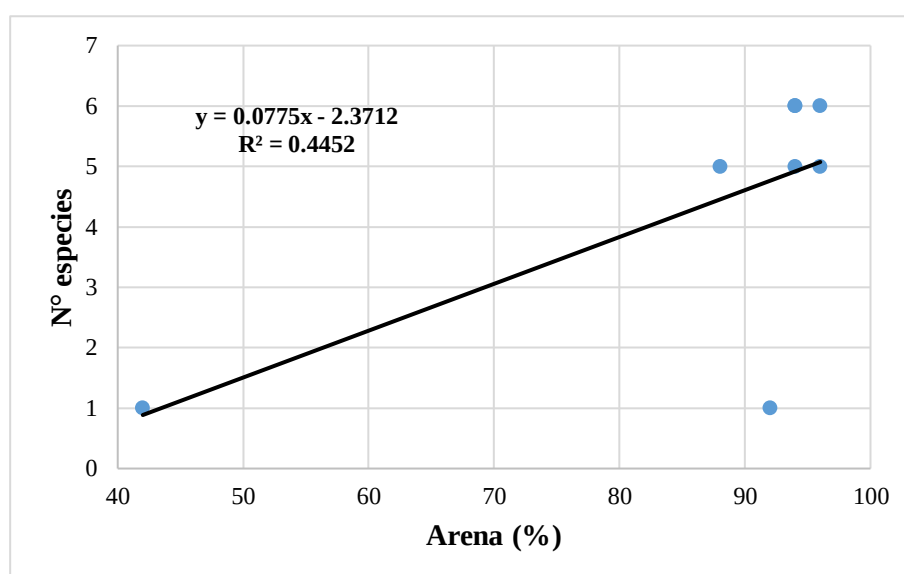
Desde un punto de vista edafológico, los suelos arenosos suelen presentar buena aireación y un drenaje rápido, condiciones que favorecen el establecimiento de plántulas y reducen problemas asociados al anegamiento. Sin embargo, al mismo tiempo, los suelos con mayor fracción arenosa pueden tener limitaciones en la retención de humedad y nutrientes, lo cual impide que la correlación sea más alta. La interpretación de Pearson sugiere que la textura arenosa constituye un factor influyente en la abundancia de individuos, aunque no es el único determinante, ya que factores como la precipitación, la competencia interespecífica y la calidad química del suelo también juegan un papel decisivo.

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y número de especies ($r = 0,67$):

El valor de 0,67 refleja una correlación positiva considerable entre la fracción arenosa y la riqueza de especies.

Figura 15

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el número de especies



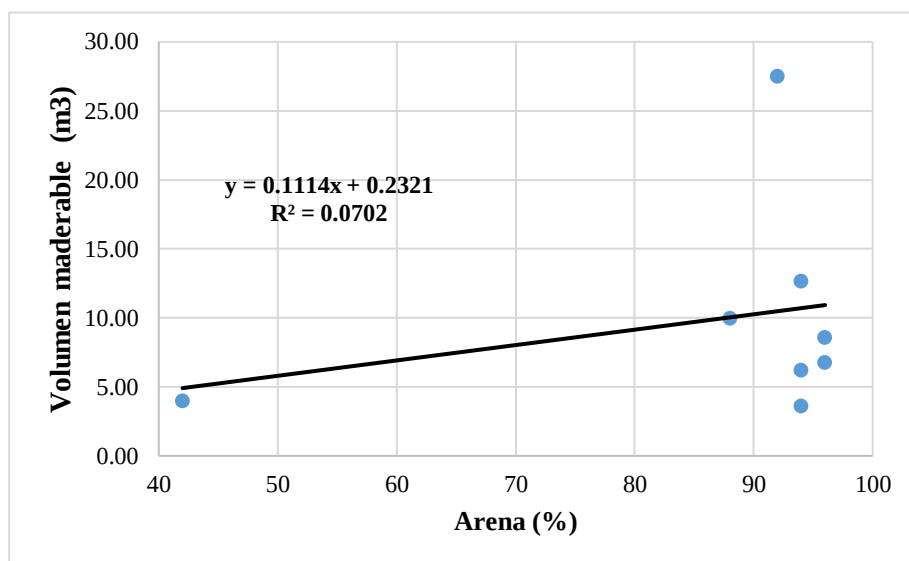
Este resultado sugiere que los suelos con mayor contenido de arena permiten la coexistencia de un mayor número de especies arbóreas, posiblemente porque favorecen condiciones heterogéneas en microhábitats, reducen la competencia por saturación hídrica y facilitan la colonización por especies adaptadas a ambientes bien drenados. En este sentido, la textura arenosa podría contribuir a generar una mayor variabilidad en nichos ecológicos disponibles, estimulando la diversidad florística. De acuerdo con la interpretación del coeficiente de Pearson, este valor refleja una asociación suficientemente robusta como para considerar al contenido de arena un factor predictor importante de la riqueza de especies, aunque sigue siendo necesario considerar la influencia de otros elementos ambientales y antrópicos.

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y volumen maderable ($r = 0,27$):

El coeficiente de 0,27 muestra una correlación positiva débil entre el contenido de arena y el volumen arbóreo.

Figura 16

Relación entre el porcentaje de arena del suelo y el volumen maderable



El aumento del porcentaje de arena en el suelo muestra una incidencia limitada sobre el volumen de los árboles. Aunque existe cierta relación, el crecimiento volumétrico parece depender más de factores como la profundidad efectiva, la disponibilidad de nutrientes y agua o la edad de los individuos. En suelos arenosos, la baja fertilidad y retención hídrica restringen el desarrollo en diámetro y altura, por lo que la fracción arenosa no resulta un factor determinante de la productividad leñosa, aunque sí influye con mayor fuerza en la abundancia y diversidad de especies.

Relación del porcentaje de arcilla del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

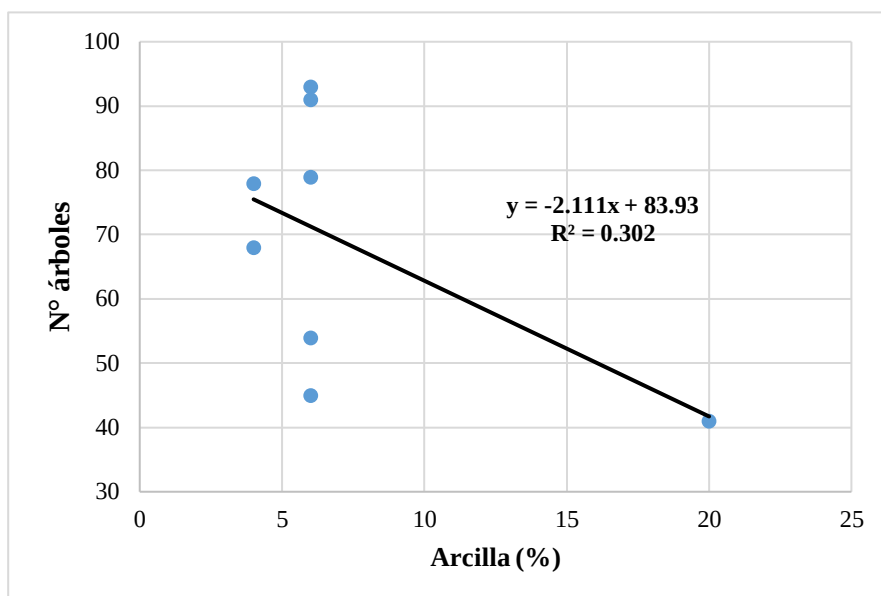
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson permitió identificar la relación existente entre el porcentaje de arcilla en el suelo y las variables estructurales del bosque: número de árboles, número de especies y volumen maderable. Los coeficientes obtenidos fueron de -0,55 para el número de árboles, -0,66 para el número de especies y -0,26 para el volumen, lo que evidencia asociaciones negativas de distinta magnitud. En lo sucesivo, se desarrolla una interpretación detallada de estos resultados.

Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y número de árboles ($r = -0,55$):

El coeficiente de -0,55 refleja una correlación negativa moderada entre el contenido de arcilla y la densidad de árboles. Esto significa que, conforme aumenta la fracción arcillosa del suelo, tiende a disminuir el número de individuos arbóreos.

Figura 17

Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el número de árboles



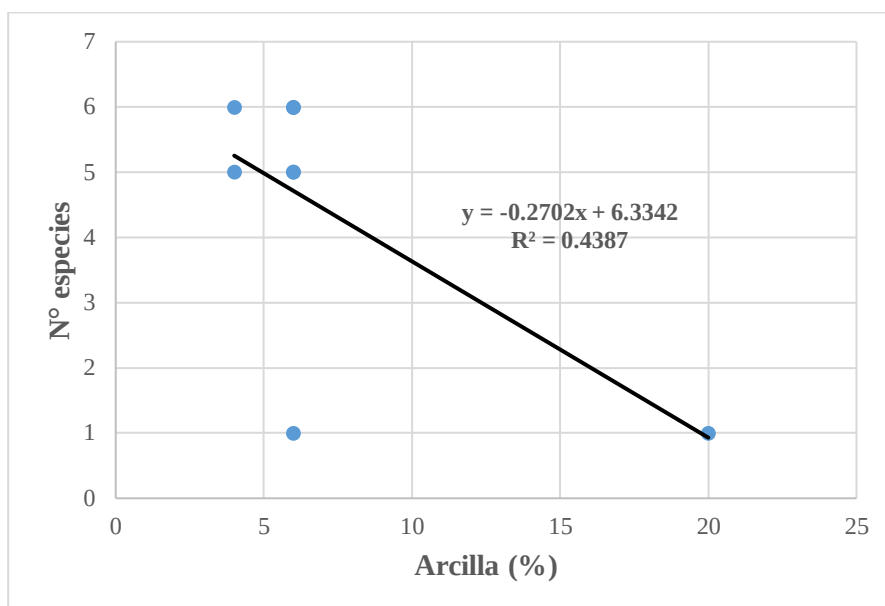
Desde el punto de vista edafológico, los suelos con mayor proporción de arcilla presentan menor aireación y drenaje, lo que puede generar condiciones de compactación y saturación hídrica que limitan la germinación, el establecimiento y la supervivencia de plántulas. De acuerdo con la interpretación de Pearson, este resultado sugiere que la textura arcillosa constituye un factor restrictivo para la abundancia arbórea, condicionando la estructura horizontal del bosque seco.

Relación entre porcentaje de arcilla del suelo y número de especies ($r = -0,66$):

El valor de -0,66 indica una correlación negativa considerable entre el contenido de arcilla y la riqueza de especies. Este hallazgo implica que en suelos con mayor proporción de arcilla se observa una disminución en la diversidad florística.

Figura 18

Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el número de especies



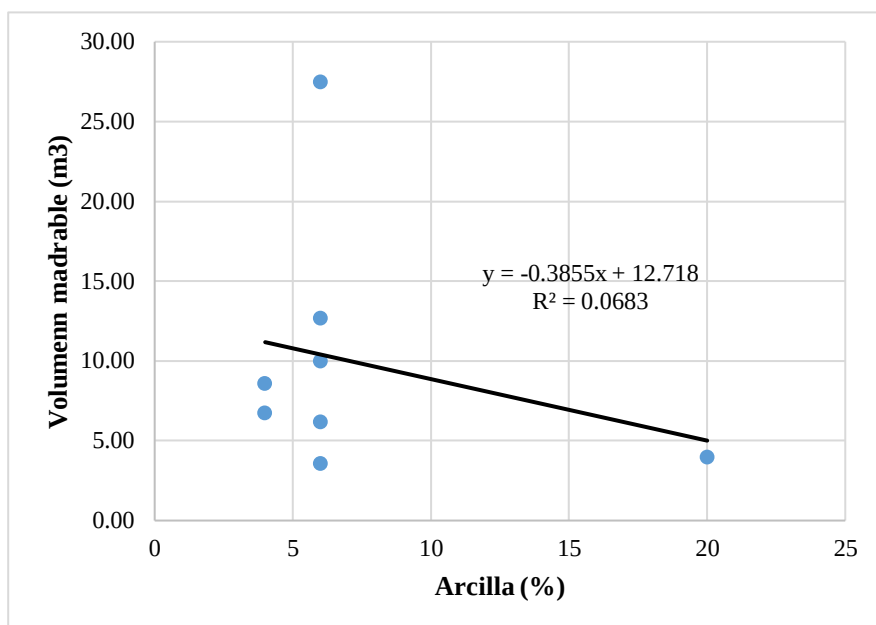
Una posible explicación radica en que la arcilla reduce la heterogeneidad de microhábitats, limita la infiltración y dificulta la disponibilidad de agua en periodos críticos, afectando especialmente a especies menos tolerantes a condiciones de anoxia radicular o estrés hídrico alternante. Según la correlación de Pearson, este resultado tiene un peso significativo, lo que permite inferir que los suelos con alta fracción arcillosa no solo restringen la abundancia, sino también la variedad de especies que pueden establecerse y persistir.

Relación entre porcentaje de arcilla del suelo y volumen maderable ($r = -0,26$):

El coeficiente de -0,26 revela una correlación negativa débil entre el contenido de arcilla y el volumen arbóreo.

Figura 19

Relación entre el porcentaje de arcilla del suelo y el volumen maderable



En este caso, el incremento de arcilla se asocia ligeramente con una reducción del volumen, pero la magnitud de la correlación es baja, lo que indica que otros factores tienen mayor incidencia en el crecimiento en diámetro y altura de los árboles. Entre estos factores se encuentran la fertilidad del suelo, la profundidad efectiva, la disponibilidad de agua subterránea y las interacciones de competencia. En suelos arcillosos, la compactación y la escasa aireación podrían limitar el desarrollo radicular y, en consecuencia, el crecimiento en biomasa; sin embargo, al tratarse de una correlación débil, se infiere que la textura no constituye el principal factor determinante en la productividad volumétrica.

Relación de la densidad aparente del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

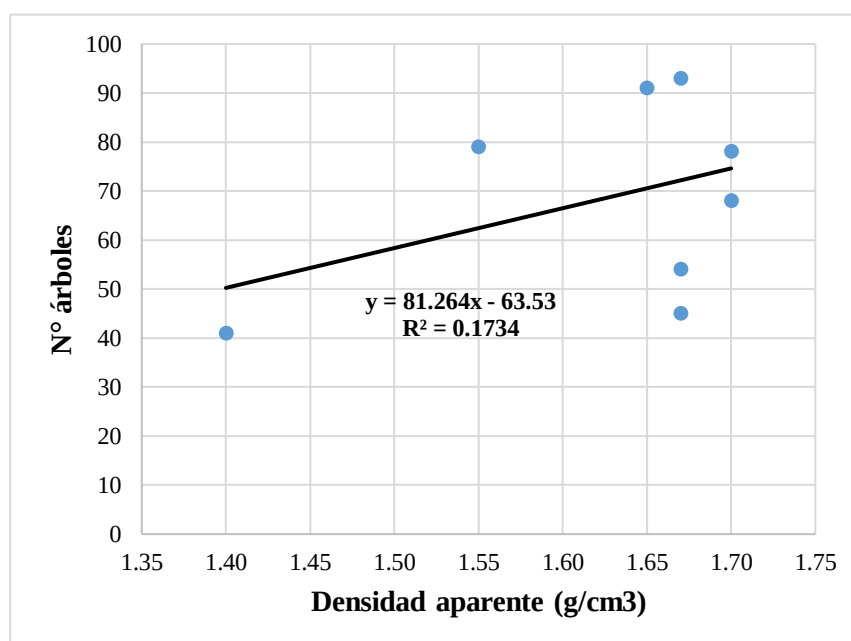
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson permitió identificar la asociación entre la densidad aparente del suelo y las variables estructurales evaluadas: número de árboles, número de especies y volumen maderable. Los coeficientes obtenidos fueron de 0,42, 0,63 y 0,20, respectivamente, lo que evidencia correlaciones positivas de distinta magnitud. En lo sucesivo, se expone una interpretación detallada de dichos resultados.

Relación entre la densidad aparente del suelo y número de árboles ($r = 0,42$):

El coeficiente de 0,42 evidencia una correlación positiva moderada-baja entre la densidad aparente del suelo y la abundancia de árboles.

Figura 20

Relación entre la densidad aparente del suelo y el número de árboles



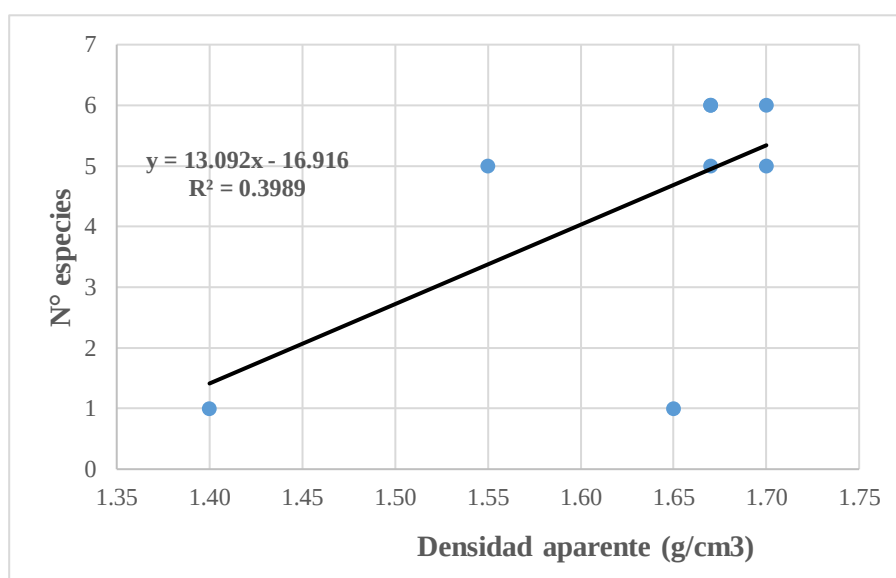
Esto significa que, a medida que la densidad aparente aumenta, se observa una ligera tendencia al incremento en el número de individuos. Sin embargo, en términos edafológicos, una densidad más elevada suele indicar mayor compactación, lo que puede limitar el desarrollo radicular y la infiltración de agua. Por ello, la correlación encontrada sugiere que, aunque existe cierta relación favorable, esta no es determinante, lo que refleja que otros factores —como la textura, la disponibilidad de nutrientes y las condiciones de humedad— ejercen una influencia más significativa sobre la abundancia arbórea.

Relación entre la densidad aparente del suelo y número de especies ($r = 0,63$):

El valor de 0,63 revela una correlación positiva moderada-alta entre la densidad aparente del suelo y la riqueza de especies.

Figura 21

Relación entre la densidad aparente del suelo y el número de especies



Una posible explicación radica en que cierta compactación puede favorecer la estabilidad estructural del suelo y evitar pérdidas excesivas de humedad en ambientes

secos, lo que permitiría la coexistencia de especies adaptadas a estas condiciones.

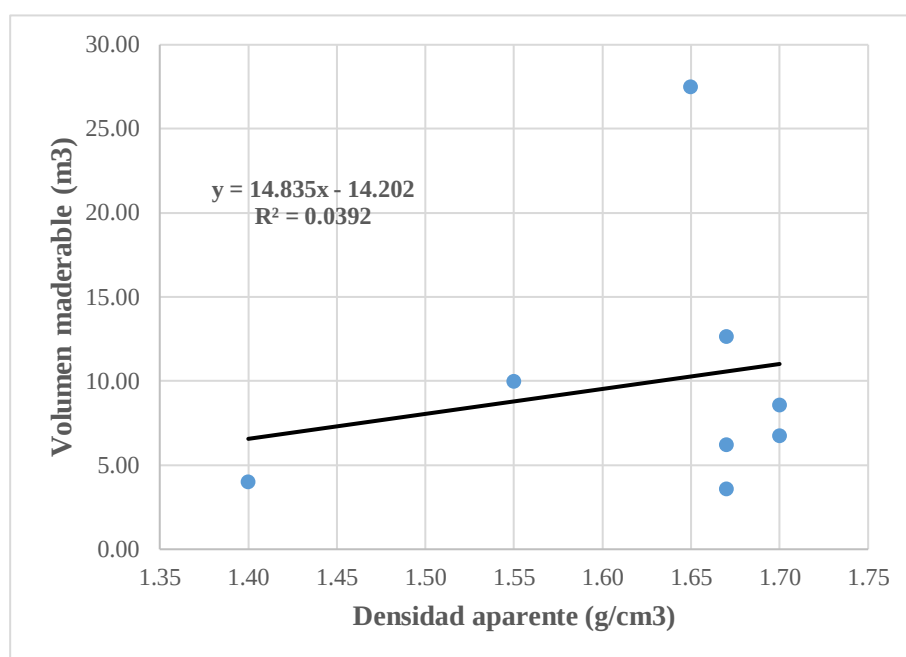
Según la interpretación de Pearson, este grado de correlación es relevante, pues señala que la densidad aparente constituye un factor edáfico que influye en la diversidad, aunque no de manera exclusiva, ya que la regeneración natural, la presión antrópica y las características microclimáticas también tienen un papel importante.

Relación entre la densidad aparente del suelo y volumen maderable ($r = 0,20$):

El coeficiente de 0,20 refleja una correlación positiva débil entre la densidad aparente y el volumen de los árboles.

Figura 22

Relación entre la densidad aparente del suelo y el volumen maderable



Esto sugiere que un incremento en la densidad aparente no guarda una relación significativa con el aumento de biomasa o productividad maderable. De hecho, su baja magnitud evidencia que factores como la fertilidad, la profundidad efectiva del suelo, la disponibilidad de agua y la edad de los individuos tienen mayor peso en el

desarrollo volumétrico. En suelos más compactos, las limitaciones radiculares suelen restringir el crecimiento en diámetro y altura, lo que explica la debilidad de la correlación observada. Además, esta condición puede generar un menor intercambio gaseoso y una reducción en la capacidad de infiltración, afectando de manera indirecta la dinámica hídrica del ecosistema. En este contexto, la densidad aparente no debe considerarse un factor determinante por sí solo, sino en interacción con otras propiedades edáficas que condicionan el crecimiento arbóreo en el bosque seco.

Relación del pH del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

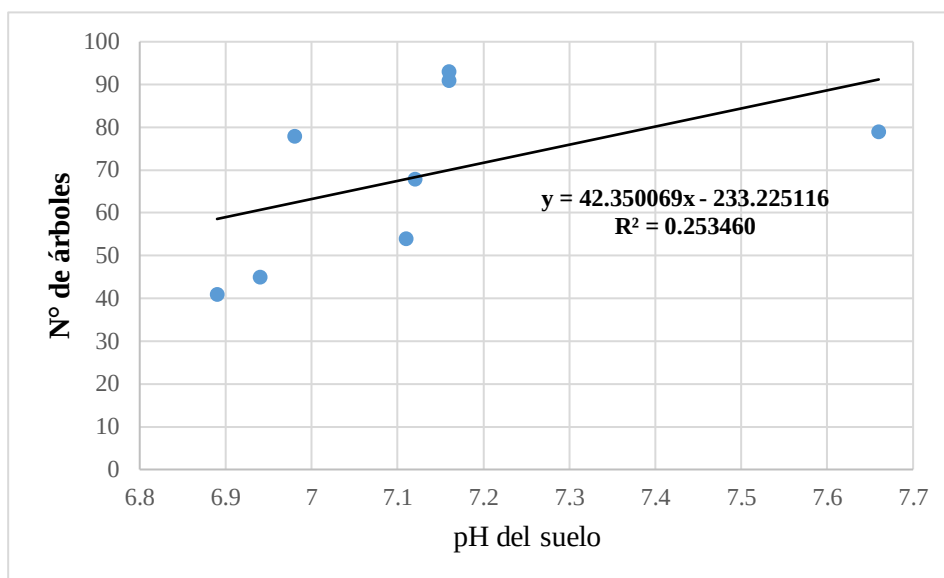
Según los resultados de la tabla 25, el análisis del coeficiente de correlación de Pearson (r) proporciona información detallada sobre la relación entre la variable 1, el pH del suelo, y la variable 2: número de árboles, número de especies y volumen. Los valores de correlación obtenidos son 0,50 para el número de árboles, 0,18 para el número de especies y 0,28 para el volumen. A continuación, se presenta un análisis e interpretación de estos resultados:

Relación entre pH del suelo y el número de árboles ($r = 0,50$):

El coeficiente de correlación de Pearson (r) es de 0,50, lo cual indica una relación positiva moderada entre el pH del suelo y el número de árboles en el bosque seco.

Figura 23

Relación entre el pH del suelo y el número de árboles



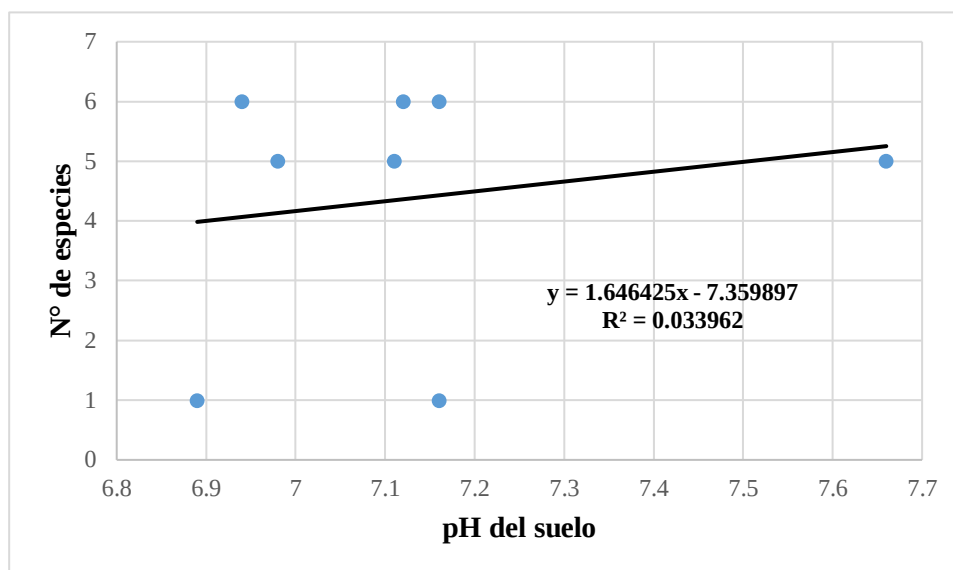
Esto sugiere que un aumento en el pH del suelo está asociado con un incremento moderado en el número de árboles presentes. En términos ecológicos, un pH más alto puede contribuir a mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento de árboles, lo que favorece su proliferación. Sin embargo, dado que la correlación es moderada, se debe considerar que el pH es un factor importante pero no el único determinante del número de árboles. Otros factores, como la disponibilidad de agua, la competencia entre especies y las condiciones climáticas, también pueden influir significativamente.

Relación entre pH del suelo y el número de especies ($r = 0,18$):

El coeficiente de correlación de 0,18 indica una relación positiva débil entre el pH del suelo y el número de especies en el área de estudio.

Figura 24

Relación entre el pH del suelo y el número de especies arbóreas



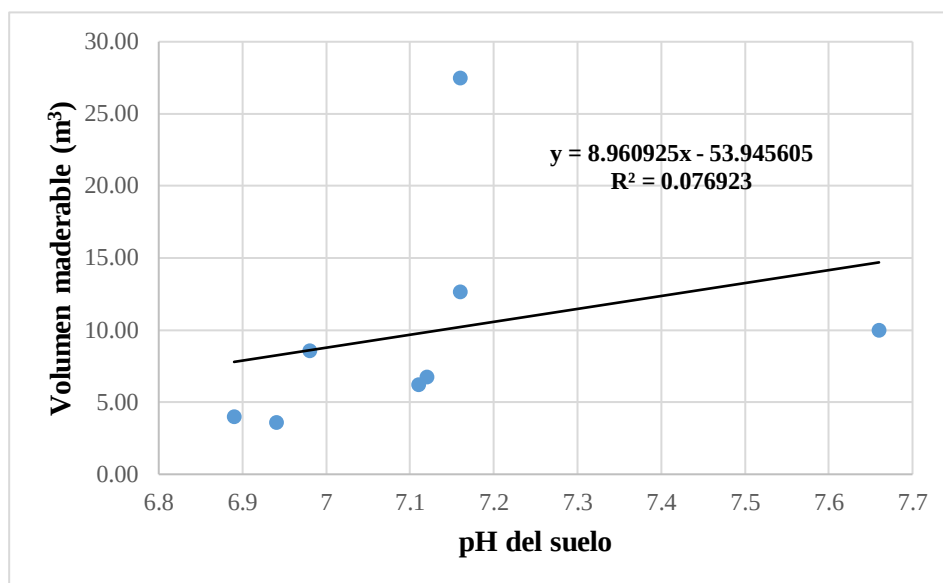
Esto sugiere que, aunque un pH más equilibrado podría favorecer en cierta medida la presencia de mayor diversidad arbórea, su influencia no resulta significativa ni determinante. En este caso, la variabilidad en la riqueza florística parece estar más asociada a otros factores edáficos y ecológicos, como la disponibilidad de nutrientes, la textura del suelo, la estacionalidad de las lluvias y la competencia entre especies. Además, al tratarse de un ecosistema seco, las adaptaciones de las especies a condiciones extremas de humedad y temperatura probablemente tengan un mayor peso en la configuración de la diversidad observada.

Relación entre pH del suelo y volumen maderable ($r = 0,28$):

El coeficiente de correlación de 0,28 refleja una relación positiva débil entre el pH del suelo y el volumen de vegetación o biomasa en el bosque seco.

Figura 25

Relación entre el pH del suelo y el volumen maderable



Esto sugiere que un pH más equilibrado puede favorecer el crecimiento, aunque no de forma determinante. Otros factores como la calidad del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, y las prácticas de manejo del suelo también pueden tener un impacto significativo en el volumen de vegetación.

Relación de la materia orgánica (M.O.) del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

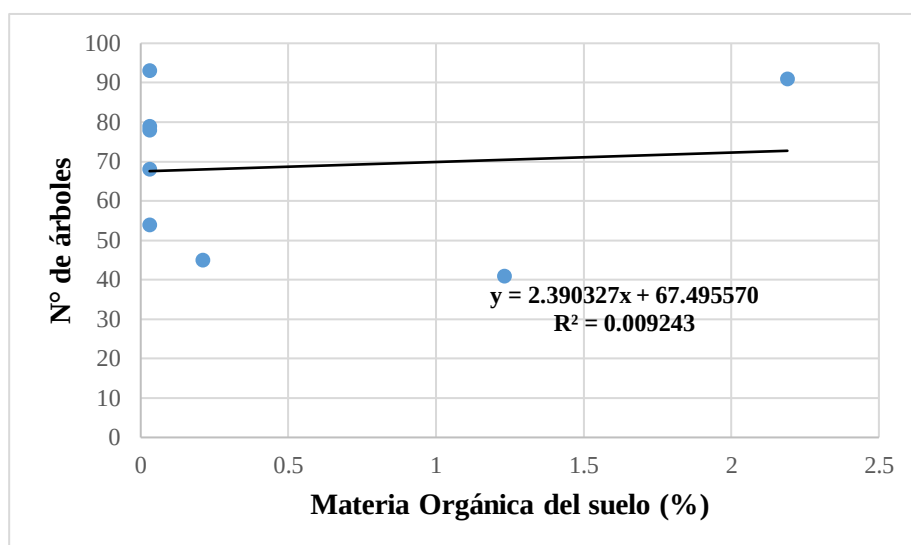
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson ofrece una visión detallada sobre cómo se relaciona la materia orgánica del suelo, como variable 1, con la variable 2: número de árboles, número de especies y volumen. Los coeficientes de correlación encontrados son 0,10 para el número de árboles, -0,92 para el número de especies y 0,68 para el volumen. A continuación, se realiza un análisis e interpretación de estos resultados:

Relación entre materia orgánica del suelo y número de árboles ($r = 0,10$):

El coeficiente de correlación de 0,10 indica una relación positiva muy débil entre el contenido de materia orgánica en el suelo y el número de árboles.

Figura 26

Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el número de árboles



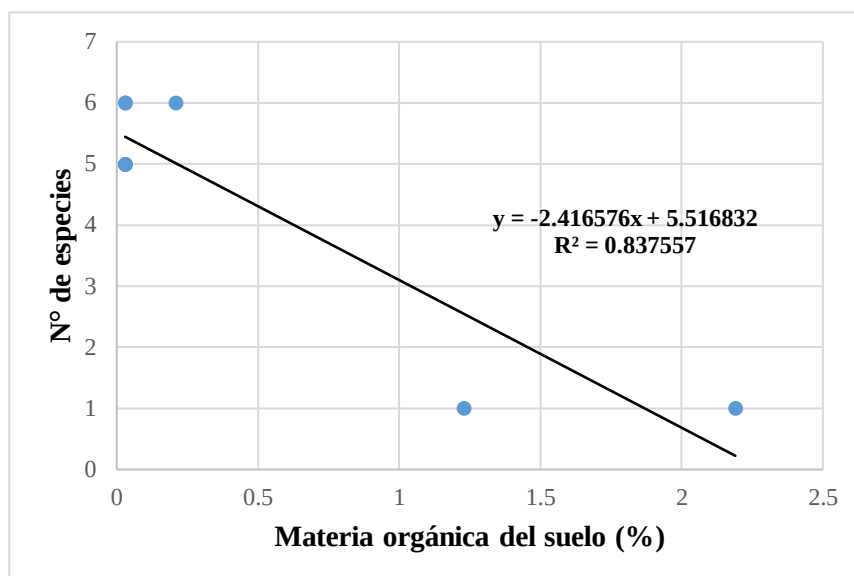
Este coeficiente de correlación ($r = 0,10$) indica una influencia mínima. En este caso, otros factores como el pH, la disponibilidad de agua o la competencia entre especies parecen tener un papel más relevante que el contenido de M.O. en la estructura del bosque.

Relación entre materia orgánica del suelo y número de especies ($r = -0,92$):

El coeficiente de correlación de -0,92 evidencia una relación negativa muy fuerte entre la materia orgánica y la riqueza de especies, indicando que suelos con mayor contenido de M.O. tienden a albergar menos especies.

Figura 27

Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el número de especies



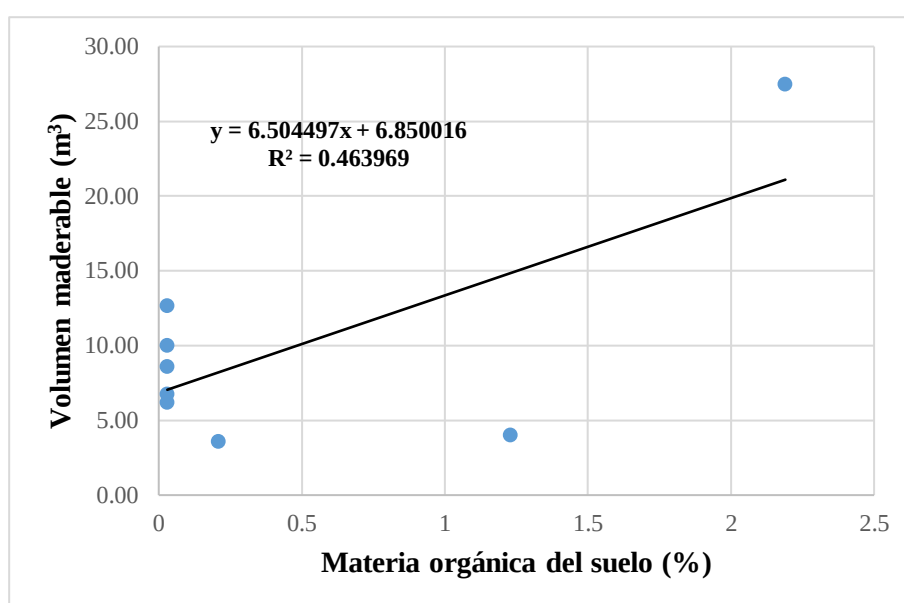
La correlación negativa hallada sugiere que un mayor contenido de materia orgánica podría asociarse a condiciones de suelo más húmedas y con menor drenaje, lo que genera ambientes poco típicos del bosque seco. En estos microhábitats, el exceso de humedad puede limitar nutrientes y oxigenación, favoreciendo solo a especies tolerantes y reduciendo la diversidad arbórea. Además, este escenario podría estar vinculado a procesos de descomposición lenta y acumulación de materia orgánica en áreas menos aireadas, lo que refuerza la selección de especies resistentes a condiciones de anoxia. No obstante, este hallazgo debe interpretarse con cautela, pues responde a particularidades locales y posibles factores como la topografía, la historia de perturbaciones o el uso previo del suelo, los cuales también pueden condicionar la diversidad observada.

Relación entre materia orgánica del suelo y volumen maderable ($r = 0,68$):

El coeficiente de correlación de 0,68 indica una relación positiva fuerte entre el contenido de materia orgánica y el volumen de vegetación o biomasa en el bosque seco. Este valor sugiere que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo, también tiende a aumentar el volumen de vegetación.

Figura 28

Relación entre la materia orgánica (M.O.) del suelo y el volumen maderable



La fuerte correlación positiva sugiere que un mayor contenido de materia orgánica mejora la retención de agua y nutrientes, favoreciendo el crecimiento y volumen de biomasa en el bosque. No obstante, este efecto no implica mayor diversidad, sino el desarrollo predominante de pocas especies adaptadas a suelos más húmedos, lo que resalta la respuesta diferenciada de la flora frente a las variaciones edáficas.

Relación de la salinidad del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

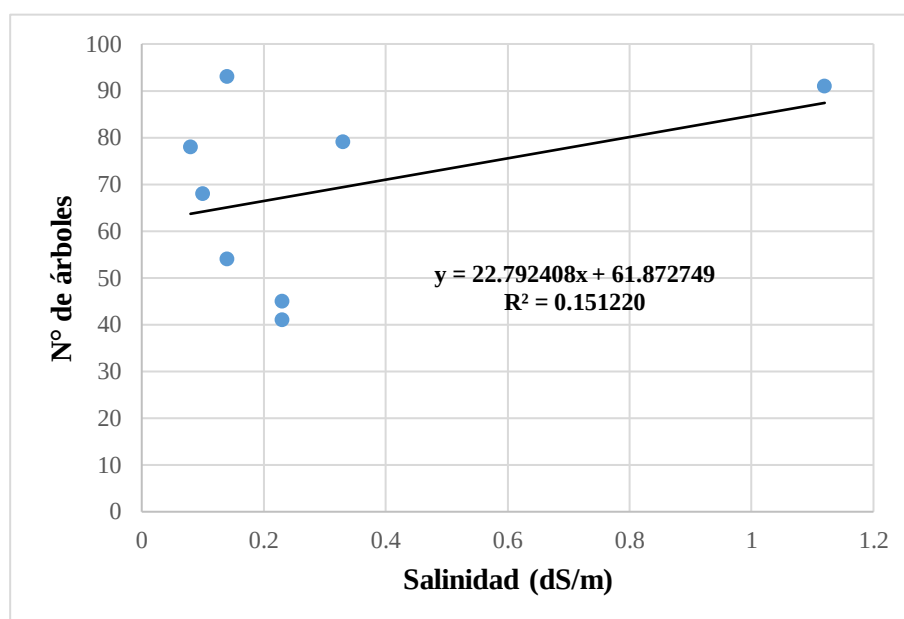
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson proporciona una comprensión detallada de la relación entre la salinidad del suelo, considerada como variable 1, y la variable 2, que incluyen el número de árboles, el número de especies y el volumen. Los coeficientes de correlación obtenidos son 0,39 para el número de árboles, -0,67 para el número de especies y 0,88 para el volumen. A continuación, se realiza un análisis e interpretación de estos resultados:

Relación entre salinidad del suelo y número de árboles ($r = 0,39$):

El coeficiente de correlación de 0,39 indica una correlación positiva moderada entre la salinidad del suelo y el número de árboles.

Figura 29

Relación entre la salinidad del suelo y el número de árboles



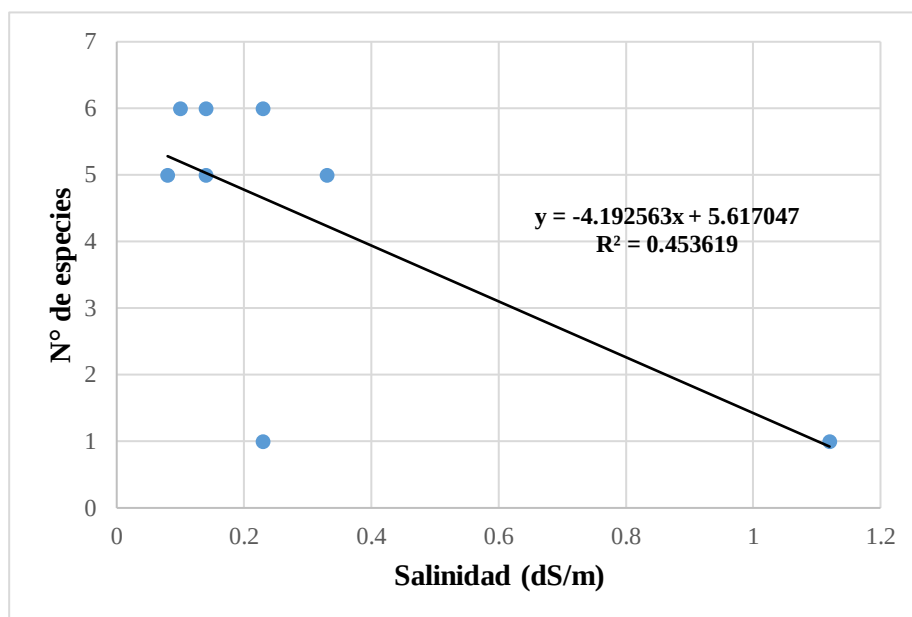
Esto sugiere que, en general, a medida que aumenta la salinidad del suelo, también tiende a incrementarse el número de árboles, aunque la relación no es extremadamente fuerte. Es posible que la salinidad del suelo influya en la capacidad de algunas especies para establecerse o sobrevivir, lo que podría estar contribuyendo a este efecto positivo moderado.

Relación entre salinidad del suelo y número de especies ($r = -0,67$):

Un coeficiente de $-0,67$ refleja una correlación negativa fuerte entre la salinidad del suelo y el número de especies.

Figura 30

Relación entre la salinidad del suelo y el número de especies



Esto indica que, a mayor salinidad del suelo, disminuye el número de especies presentes en el bosque. La salinidad elevada puede actuar como un factor restrictivo para la diversidad, ya que muchas especies no toleran altas concentraciones de sales, lo que afecta negativamente la biodiversidad. Esto está relacionado con procesos de

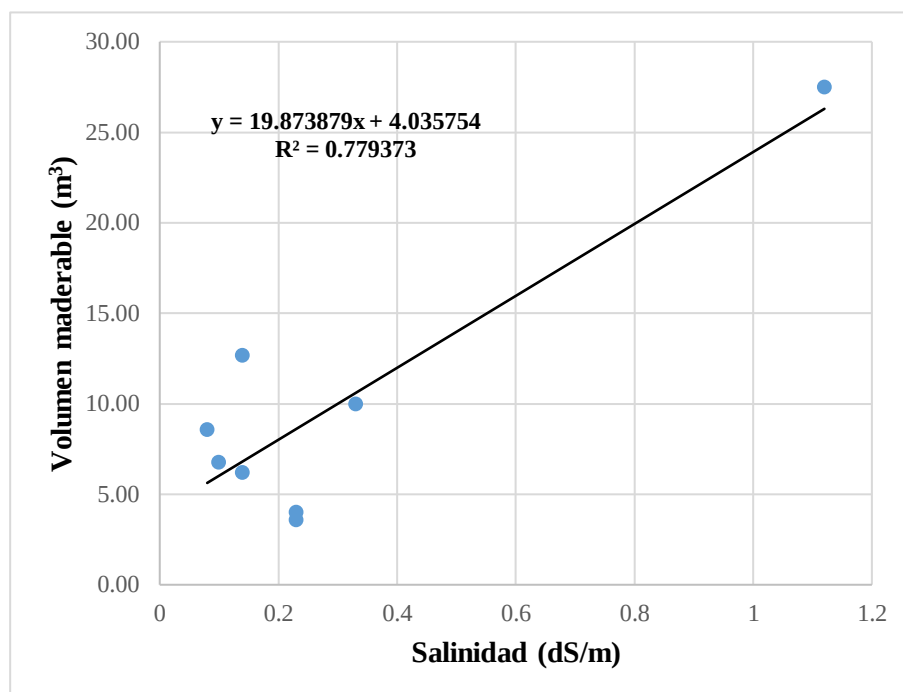
selección natural y la capacidad de ciertas especies para adaptarse a ambientes salinos. Además, la acumulación de sales puede alterar la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo, generar estrés osmótico en las plantas e incluso limitar la regeneración natural, favoreciendo únicamente a especies halotolerantes capaces de sobrevivir bajo estas condiciones extremas.

Relación entre salinidad del suelo y volumen maderable ($r = 0,88$):

El coeficiente de correlación de 0,88 evidencia una relación positiva muy fuerte entre la salinidad del suelo y el volumen de la vegetación.

Figura 31

Relación entre la salinidad del suelo y volumen maderable



Este resultado sugiere que, en el área evaluada, a medida que aumenta la salinidad del suelo también lo hace la biomasa arbórea. Esta correlación, lejos de ser generalizable, debe interpretarse en función de las condiciones específicas del

ecosistema del bosque seco, donde determinadas especies han desarrollado adaptaciones fisiológicas que les permiten tolerar y prosperar en ambientes con mayor concentración de sales. Así, el incremento del volumen podría deberse al crecimiento predominante de especies halotolerantes, capaces de acumular mayor biomasa en condiciones edáficas particulares.

El patrón observado sugiere que la salinidad funciona como un factor de selección que reduce la diversidad, pero impulsa el desarrollo de especies adaptadas, incluso favorecidas por suelos con mejor retención de humedad; en conjunto, las sales del suelo se perfilan como un elemento clave en la estructura y productividad del bosque seco.

Relación del potasio presente en el suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

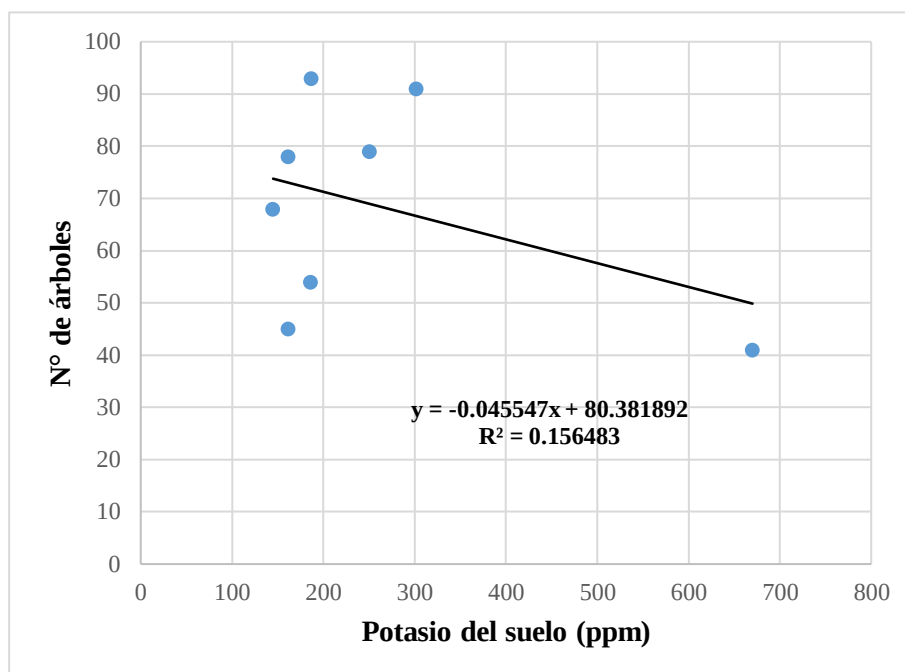
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson revela una relación entre el contenido de potasio en el suelo y la variable 2: número de árboles, número de especies y volumen. Los coeficientes de -0,40, -0,81 y -0,05 respectivamente. A continuación, se procede a la interpretación detallada de estos hallazgos:

Relación entre potasio presente en el suelo y número de árboles ($r = -0.40$):

La correlación negativa moderada de -0,40 sugiere que, en términos generales, existe una tendencia inversa entre el contenido de potasio en el suelo y el número de árboles presentes en el área de estudio.

Figura 32

Relación entre potasio presente en el suelo y número de árboles



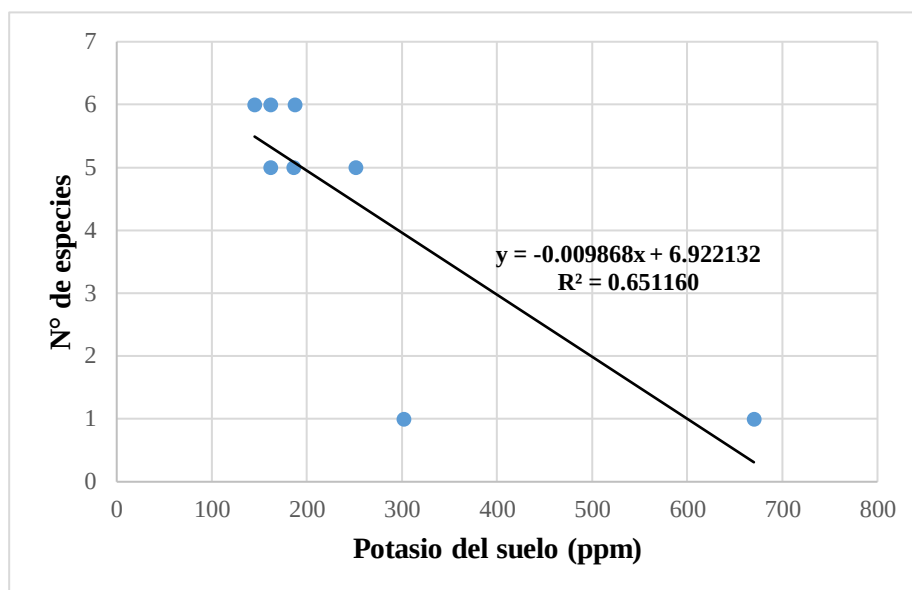
Esta relación debe interpretarse con cautela, considerando la variabilidad de concentraciones de potasio entre las distintas parcelas evaluadas. La figura anterior muestra que, en las parcelas con mayores niveles de potasio el número de árboles tiende a ser menor, probablemente por interacciones con otros nutrientes o dinámicas del suelo, más que por toxicidad directa. Dado que los valores de potasio se ubican en rangos medios, es probable que otros factores edáficos o ecológicos estén influyendo, por lo que este nutriente debe entenderse como una variable condicionante, pero no determinante, de la abundancia arbórea en el ecosistema evaluado.

Relación entre potasio presente en el suelo y número de especies ($r = -0,81$):

La correlación negativa muy fuerte de $-0,81$ indica una relación inversa significativa entre el contenido de potasio del suelo y el número de especies arbóreas.

Figura 33

Relación entre potasio presente en el suelo y número de especies



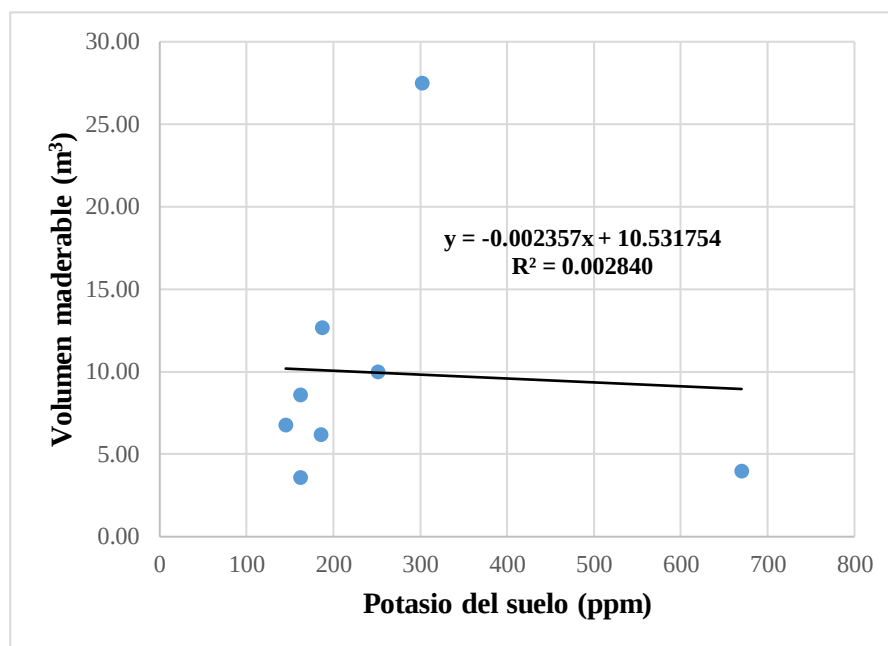
Esto sugiere que, a medida que aumentan las concentraciones de potasio en el suelo, la diversidad de especies vegetales tiende a disminuir de manera notoria. Esta relación puede deberse a que niveles elevados de potasio alteran el equilibrio de nutrientes, interfiriendo con la absorción de elementos esenciales como calcio, magnesio o nitrógeno. En consecuencia, solo especies más tolerantes prosperan, generando dominancia y reduciendo la riqueza florística. Asimismo, un exceso relativo de potasio puede modificar el pH o la estructura del suelo, afectando la germinación y regeneración de especies menos competitivas. Por ello, aunque el potasio es un nutriente esencial, en exceso puede convertirse en un factor limitante para la diversidad biológica en ecosistemas sensibles como el bosque seco.

Relación entre potasio presente en el suelo y volumen maderable ($r = -0,05$):

La correlación cercana a cero de -0,05 entre el potasio en el suelo y el volumen maderable, indica que existe una relación muy débil entre estas dos variables.

Figura 34

Relación entre potasio presente en el suelo y volumen maderable



El potasio ejerce una influencia mínima en el volumen de la vegetación del bosque seco, siendo más determinantes factores como el agua, la profundidad y fertilidad del suelo y la competencia entre especies. Por ello, no constituye un factor limitante en la productividad leñosa y se requiere analizar la interacción de múltiples variables edáficas y estructurales para comprender el crecimiento en este ecosistema.

Relación del fósforo presente en el suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

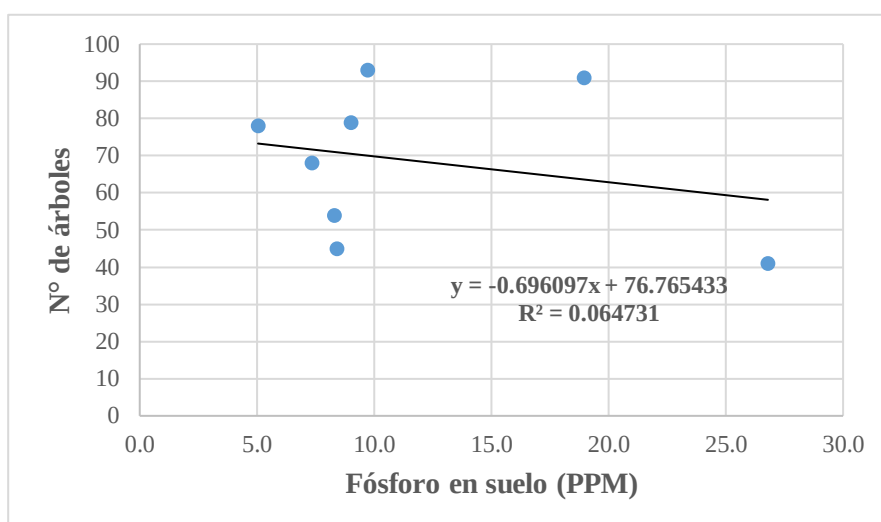
El análisis del coeficiente de correlación de Pearson evidenció una relación entre el contenido de potasio en el suelo y la variable 2: número de árboles, número de especies y volumen maderable, con coeficientes de correlación de -0,25, -0,90 y -0,22, respectivamente. A continuación, se presenta una interpretación detallada de estos resultados.

Relación entre fósforo presente en el suelo y número de árboles ($r = -0,25$):

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson muestra una relación negativa débil entre el contenido de fósforo en el suelo y el número de árboles registrados por parcela ($r = -0,25$). Esta correlación indica que, en general, a mayor concentración de fósforo disponible en el suelo, se tiende a registrar una menor cantidad de individuos arbóreos, aunque dicha asociación no es fuerte ni necesariamente significativa desde el punto de vista estadístico.

Figura 35

Relación entre fósforo presente en el suelo y número de árboles



Esta aparente inversión en la tendencia podría explicarse por la interacción del fósforo con otros factores edáficos, como el pH, la materia orgánica o la capacidad de retención de nutrientes, así como por dinámicas sucesionales propias de un ecosistema en recuperación, donde inciden procesos de competencia interespecífica y condiciones microclimáticas. En este sentido, el fósforo debe entenderse como una variable condicionante del desarrollo vegetal, pero no como un factor determinante en la

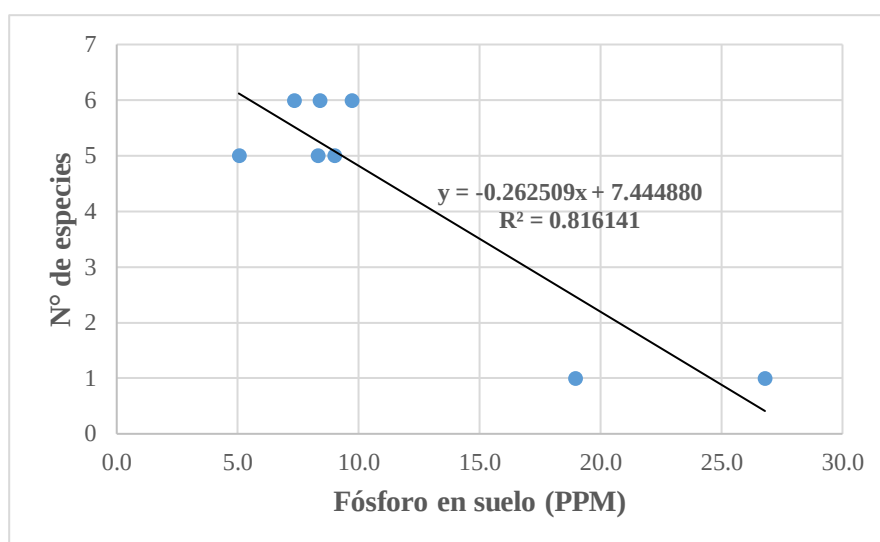
estructura arbórea del bosque seco, ya que su influencia estaría mediada por múltiples factores ecológicos y edafológicos.

Relación entre fósforo presente en el suelo y número de especies ($r = -0,90$):

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson evidencia una relación negativa muy fuerte entre el contenido de fósforo en el suelo y el número de especies arbóreas registradas por parcela ($r = -0,90$).

Figura 36

Relación entre fósforo presente en el suelo y número de especies



Esta correlación sugiere que, a medida que aumenta el fósforo disponible en el suelo, la diversidad florística tiende a disminuir de forma marcada. Este efecto puede deberse a que concentraciones elevadas de fósforo alteran el equilibrio edáfico, interfiriendo con la absorción de micronutrientes como zinc, hierro, cobre y magnesio. Asimismo, el exceso de este nutriente puede modificar el pH y la microbiota del suelo, afectando procesos clave como la germinación y la regeneración natural. En consecuencia, aunque el fósforo es esencial, en niveles altos puede actuar como un

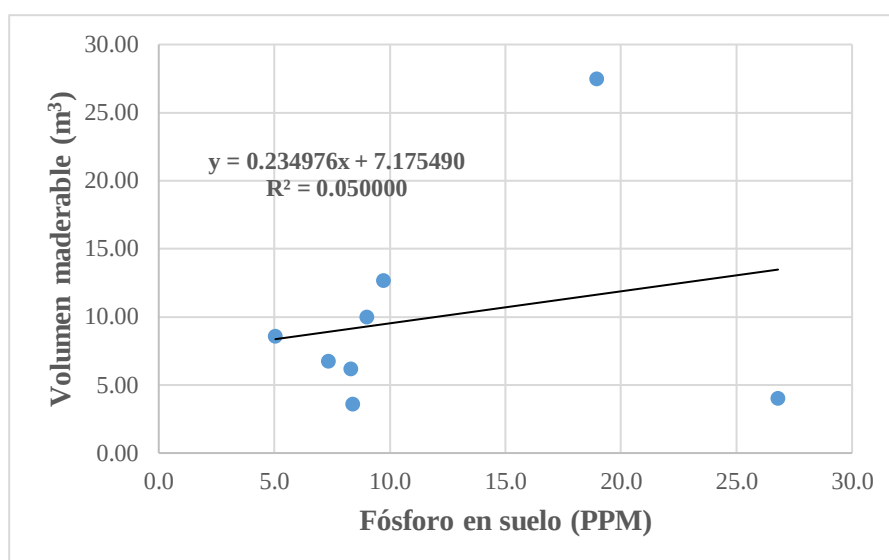
factor que limita la diversidad biológica en ecosistemas sensibles como el bosque seco.

Relación entre fósforo presente en el suelo y volumen maderable ($r = 0,22$):

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0,22$) indica una relación positiva muy débil entre el fósforo del suelo y el volumen maderable por parcela.

Figura 37

Relación entre fósforo presente en el suelo y volumen maderable



El fósforo muestra una influencia marginal en la acumulación de biomasa leñosa del bosque seco estacional, lo que indica que no es un factor determinante en su productividad maderable. El volumen leñoso depende más de otras variables edáficas, como la materia orgánica y la profundidad del suelo, así como de aspectos estructurales del bosque, como la densidad, composición y dominancia de especies. Aunque es un nutriente esencial, su efecto en ecosistemas secos es limitado, resaltando

la necesidad de un análisis multivariado que integre factores físicos, químicos y ecológicos.

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas y químicas del suelo y estructura del bosque seco estacional

El análisis de correlación y significancia estadística entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la estructura del bosque seco estacional permite establecer con mayor precisión la influencia de los factores edáficos sobre la composición y productividad del ecosistema. En este estudio, la estructura forestal fue evaluada a partir de tres indicadores: número de árboles, número de especies y volumen maderable por parcela, mientras que las variables edáficas comprendieron parámetros químicos (pH, materia orgánica, salinidad, potasio y fósforo) y físicos (profundidad efectiva del horizonte “A”, porcentaje de arena, porcentaje de arcilla y densidad aparente).

El enfoque estadístico aplicado incluyó el uso del coeficiente de correlación de Pearson (r), que mide la fuerza y dirección de la relación lineal entre las variables; el coeficiente de determinación (R^2), que expresa el porcentaje de variabilidad de la variable dependiente explicado por la independiente; y el nivel de significancia (p -valor), determinado mediante pruebas de t de Student y F de ANOVA. Los umbrales considerados para la interpretación fueron: relaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$), marginales o tendenciales ($0,05 \leq p < 0,10$) y no significativas ($p \geq 0,10$). Este esquema metodológico permitió distinguir entre correlaciones consistentes y aquellas que, aunque sugerentes, no alcanzan un nivel de evidencia estadística robusta.

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas del suelo y estructura del bosque seco estacional

El análisis de correlación permitió examinar la influencia de las propiedades físicas del suelo sobre la estructura del bosque seco estacional, medida a partir del número de árboles, el número de especies y el volumen maderable. En términos generales, los resultados evidencian asociaciones débiles o marginales, lo que indica que estas variables edáficas no constituyen factores determinantes por sí solas, aunque aportan información complementaria para comprender la dinámica del ecosistema.

Tabla 26

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas del suelo y el número de árboles, número de especies y volumen maderable

Variable edáfica (X)	Variable estructural (Y)	r	R ²	p-valor / Interpretación sintética
Profund. efectiva	N° árboles	0.24	0.059	0.561 / Sin efecto claro en abundancia
Profund. efectiva	N° especies	0.61	0.383	0.102 / Favorece la diversidad (tendencia positiva)
Profund. efectiva	Volumen	-0.27	0.073	0.517 / No influye en el volumen
Arena	N° árboles	0.52	0.272	0.185 / Favorece moderadamente la abundancia
Arena	N° especies	0.67	0.445	0.071 / Aumenta diversidad (marginal)
Arena	Volumen	0.27	0.07	0.526 / Poca influencia en el volumen
Arcilla	N° árboles	-0.55	0.302	0.158 / Reduce abundancia arbórea (compactación, drenaje)
Arcilla	N° especies	-0.66	0.439	0.073 / Reduce diversidad (especies tolerantes)
Arcilla	Volumen	-0.26	0.068	0.532 / Efecto mínimo en el volumen
Densidad aparente	N° árboles	0.42	0.173	0.305 / Efecto leve en abundancia
Densidad aparente	N° especies	0.63	0.399	0.093 / Favorece diversidad hasta cierto umbral
Densidad aparente	Volumen	0.2	0.039	0.639 / Incidencia mínima en volumen

La tabla 26 al igual que la Tabla 27, presentan en detalle los coeficientes de correlación de Pearson (r), el coeficiente de determinación (R²) y los niveles de

significancia (p-valor), ofreciendo un panorama preciso sobre la magnitud y dirección de estas relaciones.

Correlación y significancia estadística de la profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Profundidad efectiva del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,24$): relación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,059$): explica el 5,9 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,561$).

La profundidad efectiva del horizonte A tiene poca influencia en la abundancia de árboles; aunque teóricamente un mayor desarrollo radicular debería favorecer la densidad, en este caso su efecto no es determinante.

Profundidad efectiva del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,61$): correlación positiva moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,383$): explica el 38,3 % de la variabilidad; no significativo al 5 % ($p = 0,102$), pero con tendencia.

Una mayor profundidad efectiva favorece la diversidad de especies, al permitir un mejor anclaje y acceso a recursos edáficos. Aunque no es estadísticamente concluyente, la tendencia confirma su papel ecológico relevante.

Profundidad efectiva del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = -0,27$): correlación negativa débil.
- Regresión ($R^2 = 0,073$): explica el 7,3 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,517$).

La profundidad efectiva no guarda una relación clara con el volumen. Incluso aparece como negativa, lo cual puede explicarse por la presencia de árboles de bajo porte en áreas con mayor profundidad, o por la influencia de otros factores más determinantes.

Correlación y significancia estadística de la arena del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Porcentaje de arena del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,52$): existe una correlación positiva moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,272$): el modelo explica el 27,2 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,185$).

Un mayor porcentaje de arena favorece la abundancia arbórea, debido al mejor drenaje y aireación; sin embargo, la relación no es determinante.

Porcentaje de arena del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,67$): hay una correlación positiva considerable.

- Regresión ($R^2 = 0,445$): el modelo explica el 44,5 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,071$).

Suelos arenosos tienden a favorecer mayor diversidad de especies, posiblemente porque crean condiciones heterogéneas que facilitan la coexistencia de especies adaptadas a ambientes bien drenados.

Porcentaje de arena del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,27$): relación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,070$): el modelo explica el 7 % de la variabilidad, no significativo ($p = 0,526$).

La textura arenosa influye poco en el crecimiento volumétrico, ya que la baja capacidad de retención hídrica limita el desarrollo de biomasa.

Correlación y significancia estadística de la arcilla del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Porcentaje de arcilla del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = -0,55$): existe una correlación negativa moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,302$): el modelo explica el 30,2 % de la variabilidad, pero no resulta estadísticamente significativo ($p = 0,158$).

A medida que aumenta el porcentaje de arcilla, el número de árboles disminuye, probablemente por efectos de compactación y drenaje deficiente que dificultan el establecimiento de plántulas.

Porcentaje de arcilla del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,66$): se observa una correlación negativa considerable.
- Regresión ($R^2 = 0,439$): el modelo explica el 43,9 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,073$).

Un mayor contenido de arcilla reduce la diversidad de especies. Esto puede deberse a que solo las especies tolerantes prosperan en condiciones de baja aireación y drenaje, lo que genera dominancia y menor riqueza florística.

Porcentaje de arcilla del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = -0,26$): relación negativa débil.
- Regresión ($R^2 = 0,068$): el modelo explica apenas el 6,8 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,532$).

La arcilla no es un factor determinante en el crecimiento volumétrico de los árboles, ya que el volumen depende más de otros factores edáficos (nutrientes, profundidad radicular) y bióticos (edad, competencia).

Correlación y significancia estadística de la densidad aparente del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Densidad aparente del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,42$): correlación positiva baja-moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,173$): el modelo explica el 17,3 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,305$).

Una mayor densidad aparente se asocia a un ligero incremento en la abundancia de árboles, aunque no es un factor determinante. Puede reflejar la coexistencia de especies tolerantes a cierta compactación.

Densidad aparente del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,63$): correlación positiva moderada-alta.
- Regresión ($R^2 = 0,399$): el modelo explica el 39,9 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,093$).

La densidad aparente puede favorecer cierta heterogeneidad en el suelo, lo que promueve la coexistencia de especies. Sin embargo, este efecto se presenta solo hasta cierto umbral, ya que compactaciones extremas serían limitantes

Densidad aparente del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,20$): correlación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,039$): el modelo explica apenas el 3,9 % de la variabilidad, no significativo ($p = 0,639$).

La densidad aparente tiene una influencia mínima en el volumen maderable; factores como la fertilidad del suelo, la profundidad efectiva y la edad de los árboles son más relevantes

En conjunto, los resultados evidencian que las propiedades físicas del suelo influyen de manera diferenciada en la estructura del bosque seco estacional: mientras que variables como la arena y la profundidad efectiva favorecen la diversidad, la arcilla actúa como un factor restrictivo. No obstante, la productividad volumétrica se muestra poco dependiente de estas propiedades, lo que confirma que en este

ecosistema la disponibilidad hídrica, la estacionalidad climática y las adaptaciones fisiológicas de las especies ejercen un peso mayor que los parámetros edáficos por sí solos.

Este patrón refleja que, si bien los nutrientes y características del suelo contribuyen a modular la composición florística, no son los únicos factores que determinan la dinámica del bosque seco. En ambientes áridos, donde la limitación de agua es la regla y no la excepción, el efecto de la química del suelo se ve matizado por procesos como la eficiencia en el uso del agua, la profundidad radicular y la capacidad de las especies para soportar condiciones extremas de sequía o salinidad. Así, la arena y la mayor profundidad efectiva pueden favorecer la germinación y el establecimiento de especies adaptadas a suelos más aireados y con mayor exploración radicular, mientras que el predominio de arcillas densas puede limitar el acceso al oxígeno y al agua, reduciendo la riqueza florística y seleccionando especies más tolerantes.

En términos ecológicos, estos hallazgos sugieren que la estructura del bosque seco responde a un equilibrio delicado entre la disponibilidad de nutrientes, la textura y profundidad del suelo, y las estrategias adaptativas de la vegetación frente al estrés hídrico y térmico. La baja dependencia del volumen maderable frente a los parámetros químicos confirma que, en última instancia, la productividad está más asociada a la capacidad de las especies dominantes para aprovechar los pulsos de humedad y resistir periodos prolongados de sequía que a la fertilidad intrínseca del sustrato.

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas y químicas del suelo y estructura del bosque seco estacional

El análisis de correlación y significancia estadística entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la estructura del bosque seco estacional permite

establecer con mayor precisión la influencia de los factores edáficos sobre la composición y productividad del ecosistema. En este estudio, la estructura forestal fue evaluada a partir de tres indicadores: número de árboles, número de especies y volumen maderable por parcela, mientras que las variables edáficas comprendieron parámetros químicos (pH, materia orgánica, salinidad, potasio y fósforo) y físicos (profundidad efectiva del horizonte “A”, porcentaje de arena, porcentaje de arcilla y densidad aparente).

El enfoque estadístico aplicado incluyó el uso del coeficiente de correlación de Pearson (r), que mide la fuerza y dirección de la relación lineal entre las variables; el coeficiente de determinación (R^2), que expresa el porcentaje de variabilidad de la variable dependiente explicado por la independiente; y el nivel de significancia (p -valor), determinado mediante pruebas de t de Student y F de ANOVA. Los umbrales considerados para la interpretación fueron: relaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$), marginales o tendenciales ($0,05 \leq p < 0,10$) y no significativas ($p \geq 0,10$). Este esquema metodológico permitió distinguir entre correlaciones consistentes y aquellas que, aunque sugerentes, no alcanzan un nivel de evidencia estadística robusta.

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas del suelo y estructura del bosque seco estacional

El análisis de correlación permitió examinar la influencia de las propiedades físicas del suelo sobre la estructura del bosque seco estacional, medida a partir del número de árboles, el número de especies y el volumen maderable. En términos generales, los resultados evidencian asociaciones débiles o marginales, lo que indica que estas variables edáficas no constituyen factores determinantes por sí solas, aunque aportan información complementaria para comprender la dinámica del ecosistema.

Tabla 27

Correlación y significancia estadística entre propiedades físicas del suelo y el número de árboles, número de especies y volumen maderable

Variable edáfica (X)	Variable estructural (Y)	r	R²	p-valor / Interpretación sintética
Profund. efectiva	N° árboles	0.24	0.059	0.561 / Sin efecto claro en abundancia
Profund. efectiva	N° especies	0.61	0.383	0.102 / Favorece la diversidad (tendencia positiva)
Profund. efectiva	Volumen	-0.27	0.073	0.517 / No influye en el volumen
Arena	N° árboles	0.52	0.272	0.185 / Favorece moderadamente la abundancia
Arena	N° especies	0.67	0.445	0.071 / Aumenta diversidad (marginal)
Arena	Volumen	0.27	0.07	0.526 / Poca influencia en el volumen
Arcilla	N° árboles	-0.55	0.302	0.158 / Reduce abundancia arbórea (compactación, drenaje)
Arcilla	N° especies	-0.66	0.439	0.073 / Reduce diversidad (especies tolerantes)
Arcilla	Volumen	-0.26	0.068	0.532 / Efecto mínimo en el volumen
Densidad aparente	N° árboles	0.42	0.173	0.305 / Efecto leve en abundancia
Densidad aparente	N° especies	0.63	0.399	0.093 / Favorece diversidad hasta cierto umbral
Densidad aparente	Volumen	0.2	0.039	0.639 / Incidencia mínima en volumen

La tabla 26 al igual que la Tabla 27, presentan en detalle los coeficientes de correlación de Pearson (r), el coeficiente de determinación (R²) y los niveles de significancia (p-valor), ofreciendo un panorama preciso sobre la magnitud y dirección de estas relaciones.

Correlación y significancia estadística de la profundidad efectiva del horizonte “A” del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Profundidad efectiva del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación (r = 0,24): relación positiva débil.
- Regresión (R² = 0,059): explica el 5,9 % de la variabilidad; no significativo (p = 0,561).

La profundidad efectiva del horizonte A tiene poca influencia en la abundancia de árboles; aunque teóricamente un mayor desarrollo radicular debería favorecer la densidad, en este caso su efecto no es determinante.

Profundidad efectiva del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,61$): correlación positiva moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,383$): explica el 38,3 % de la variabilidad; no significativo al 5 % ($p = 0,102$), pero con tendencia.

Una mayor profundidad efectiva favorece la diversidad de especies, al permitir un mejor anclaje y acceso a recursos edáficos. Aunque no es estadísticamente concluyente, la tendencia confirma su papel ecológico relevante.

Profundidad efectiva del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = -0,27$): correlación negativa débil.
- Regresión ($R^2 = 0,073$): explica el 7,3 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,517$).

La profundidad efectiva no guarda una relación clara con el volumen. Incluso aparece como negativa, lo cual puede explicarse por la presencia de árboles de bajo porte en áreas con mayor profundidad, o por la influencia de otros factores más determinantes.

Correlación y significancia estadística de la arena del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Porcentaje de arena del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,52$): existe una correlación positiva moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,272$): el modelo explica el 27,2 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,185$).

Un mayor porcentaje de arena favorece la abundancia arbórea, debido al mejor drenaje y aireación; sin embargo, la relación no es determinante.

Porcentaje de arena del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,67$): hay una correlación positiva considerable.
- Regresión ($R^2 = 0,445$): el modelo explica el 44,5 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,071$).

Suelos arenosos tienden a favorecer mayor diversidad de especies, posiblemente porque crean condiciones heterogéneas que facilitan la coexistencia de especies adaptadas a ambientes bien drenados.

Porcentaje de arena del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,27$): relación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,070$): el modelo explica el 7 % de la variabilidad, no significativo ($p = 0,526$).

La textura arenosa influye poco en el crecimiento volumétrico, ya que la baja capacidad de retención hídrica limita el desarrollo de biomasa.

Correlación y significancia estadística de la arcilla del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Porcentaje de arcilla del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = -0,55$): existe una correlación negativa moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,302$): el modelo explica el 30,2 % de la variabilidad, pero no resulta estadísticamente significativo ($p = 0,158$).

A medida que aumenta el porcentaje de arcilla, el número de árboles disminuye, probablemente por efectos de compactación y drenaje deficiente que dificultan el establecimiento de plántulas.

Porcentaje de arcilla del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,66$): se observa una correlación negativa considerable.
- Regresión ($R^2 = 0,439$): el modelo explica el 43,9 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,073$).

Un mayor contenido de arcilla reduce la diversidad de especies. Esto puede deberse a que solo las especies tolerantes prosperan en condiciones de baja aireación y drenaje, lo que genera dominancia y menor riqueza florística.

Porcentaje de arcilla del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = -0,26$): relación negativa débil.

- Regresión ($R^2 = 0,068$): el modelo explica apenas el 6,8 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,532$).

La arcilla no es un factor determinante en el crecimiento volumétrico de los árboles, ya que el volumen depende más de otros factores edáficos (nutrientes, profundidad radicular) y bióticos (edad, competencia).

Correlación y significancia estadística de la densidad aparente del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Densidad aparente del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,42$): correlación positiva baja-moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,173$): el modelo explica el 17,3 % de la variabilidad, sin significancia estadística ($p = 0,305$).

Una mayor densidad aparente se asocia a un ligero incremento en la abundancia de árboles, aunque no es un factor determinante. Puede reflejar la coexistencia de especies tolerantes a cierta compactación.

Densidad aparente del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,63$): correlación positiva moderada-alta.
- Regresión ($R^2 = 0,399$): el modelo explica el 39,9 % de la variabilidad, con significancia marginal ($p = 0,093$).

La densidad aparente puede favorecer cierta heterogeneidad en el suelo, lo que promueve la coexistencia de especies. Sin embargo, este efecto se presenta solo hasta cierto umbral, ya que compactaciones extremas serían limitantes

Densidad aparente del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,20$): correlación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,039$): el modelo explica apenas el 3,9 % de la variabilidad, no significativo ($p = 0,639$).

La densidad aparente tiene una influencia mínima en el volumen maderable; factores como la fertilidad del suelo, la profundidad efectiva y la edad de los árboles son más relevantes

En conjunto, los resultados evidencian que las propiedades físicas del suelo influyen de manera diferenciada en la estructura del bosque seco estacional: mientras que variables como la arena y la profundidad efectiva favorecen la diversidad, la arcilla actúa como un factor restrictivo. No obstante, la productividad volumétrica se muestra poco dependiente de estas propiedades, lo que confirma que en este ecosistema la disponibilidad hídrica, la estacionalidad climática y las adaptaciones fisiológicas de las especies ejercen un peso mayor que los parámetros edáficos por sí solos.

Este patrón refleja que, si bien los nutrientes y características del suelo contribuyen a modular la composición florística, no son los únicos factores que determinan la dinámica del bosque seco. En ambientes áridos, donde la limitación de agua es la regla y no la excepción, el efecto de la química del suelo se ve matizado por procesos como la eficiencia en el uso del agua, la profundidad radicular y la capacidad de las especies para soportar condiciones extremas de sequía o salinidad. Así, la arena y la mayor profundidad efectiva pueden favorecer la germinación y el establecimiento de especies adaptadas a suelos más aireados y con mayor exploración radicular,

mientras que el predominio de arcillas densas puede limitar el acceso al oxígeno y al agua, reduciendo la riqueza florística y seleccionando especies más tolerantes.

En términos ecológicos, estos hallazgos sugieren que la estructura del bosque seco responde a un equilibrio delicado entre la disponibilidad de nutrientes, la textura y profundidad del suelo, y las estrategias adaptativas de la vegetación frente al estrés hídrico y térmico. La baja dependencia del volumen maderable frente a los parámetros químicos confirma que, en última instancia, la productividad está más asociada a la capacidad de las especies dominantes para aprovechar los pulsos de humedad y resistir periodos prolongados de sequía que a la fertilidad intrínseca del sustrato.

Correlación y significancia estadística entre propiedades químicas del suelo y estructura del bosque seco estacional

El análisis de correlación evidencia que las propiedades químicas del suelo influyen en la estructura del bosque seco estacional, mostrando asociaciones de débiles a moderadas, algunas estadísticamente significativas o marginales. Esto sugiere que los factores químicos ejercen un efecto más marcado que las propiedades físicas, aunque siempre en interacción con las condiciones ecológicas del ecosistema.

Tabla 28

Correlación y significancia estadística entre propiedades químicas del suelo y el número de árboles, número de especies y volumen maderable

Variable edáfica (X)	Variable estructural (Y)	r	R²	p-valor / Interpretación sintética
pH	N° árboles	0.5	0.253	0.203 / Influencia moderada sobre abundancia, no significativa
pH	N° especies	0.18	0.034	0.662 / Efecto marginal en diversidad
pH	Volumen	0.27	0.077	0.506 / Incidencia débil en volumen
M. O.	N° árboles	0.09	0.009	0.821 / Sin influencia en abundancia
M. O.	N° especies	-0.91	0.838	0.001 / Disminuye fuertemente la diversidad (alta significancia)
M. O.	Volumen	0.68	0.464	0.063 / Favorece volumen maderable (tendencia positiva)
Salinidad	N° árboles	0.38	0.151	0.341 / Efecto débil en abundancia
Salinidad	N° especies	-0.67	0.454	0.067 / Reduce diversidad por selección de halotolerantes
Salinidad	Volumen	0.88	0.779	0.004 / Aumenta significativamente el volumen maderable
Potasio	N° árboles	-0.39	0.156	0.332 / Tendencia negativa en abundancia
Potasio	N° especies	-0.81	0.651	0.015 / Reduce significativamente la diversidad (significativo)
Potasio	Volumen	-0.05	0.003	0.9 / Sin efecto en volumen
Fósforo	N° árboles	-0.25	0.065	0.544 / Efecto marginal en abundancia
Fósforo	N° especies	-0.9	0.817	0.002 / Reduce significativamente la diversidad (alta significancia)
Fósforo	Volumen	0.22	0.051	0.592 / Influencia marginal positiva en volumen

Correlación y significancia estadística del pH del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

pH del suelo y el número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,50$): correlación positiva moderada.
- Regresión ($R^2 = 0,253$): explica el 25,3 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,203$).

Un pH más equilibrado se asocia con un ligero aumento en la abundancia de árboles, aunque la relación no es determinante.

pH del suelo y el número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = 0,18$): relación positiva muy débil.
- Regresión ($R^2 = 0,034$): explica apenas el 3,4 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,662$).

El pH tiene poca influencia sobre la riqueza florística; su efecto es marginal frente a otros factores edáficos.

pH del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,28$): correlación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,077$): explica el 7,7 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,506$).

El pH incide débilmente en el volumen maderable, lo que sugiere que no constituye un factor limitante o determinante en el crecimiento.

Correlación y significancia estadística de la materia orgánica (M.O.) del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Materia orgánica del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,09$): relación positiva muy débil.
- Regresión ($R^2 = 0,009$): sin relevancia estadística ($p = 0,821$).

La materia orgánica no tiene un impacto directo sobre la abundancia de árboles, ya que su efecto parece neutralizado por otros factores edáficos y climáticos.

Materia orgánica del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,91$): correlación negativa fuerte.
- Regresión ($R^2 = 0,838$): explica el 83,8 % de la variabilidad; altamente significativo ($p = 0,001$).

Niveles altos de materia orgánica reducen la diversidad florística, favoreciendo a especies tolerantes que desplazan a otras, lo cual genera dominancia específica.

Materia orgánica del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,68$): correlación positiva moderada-alta.
- Regresión ($R^2 = 0,464$): explica el 46,4 % de la variabilidad; significancia marginal ($p = 0,063$).

La materia orgánica mejora el volumen maderable al favorecer la retención de agua y nutrientes, potenciando el crecimiento de especies adaptadas.

Correlación y significancia estadística de la salinidad del suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Salinidad del suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = 0,38$): relación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,151$): explica el 15,1 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,341$).

La salinidad no influye significativamente en la abundancia arbórea. La relación positiva débil puede estar vinculada a la tolerancia de ciertas especies dominantes a condiciones salinas.

Salinidad del suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,67$): correlación negativa considerable.
- Regresión ($R^2 = 0,454$): explica el 45,4 % de la variabilidad; significancia marginal ($p = 0,067$).

Niveles elevados de salinidad tienden a reducir la diversidad florística, al favorecer especies halotolerantes en detrimento de otras menos adaptadas.

Salinidad del suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,88$): correlación positiva fuerte.
- Regresión ($R^2 = 0,779$): explica el 77,9 % de la variabilidad; altamente significativo ($p = 0,004$).

La salinidad se asocia positivamente con el volumen maderable, probablemente porque las especies dominantes adaptadas a suelos salinos concentran mayor biomasa, mostrando una respuesta productiva marcada.

Correlación y significancia estadística del potasio presente en el suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Potasio presente en el suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = -0,39$): relación negativa débil-moderada.

- Regresión ($R^2 = 0,156$): explica el 15,6 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,332$).

El potasio no muestra influencia significativa sobre la abundancia arbórea; sin embargo, la tendencia negativa sugiere que niveles altos podrían limitar el establecimiento de árboles al interferir con la absorción de otros nutrientes esenciales.

Potasio presente en el suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,81$): correlación negativa fuerte.
- Regresión ($R^2 = 0,651$): explica el 65,1 % de la variabilidad; estadísticamente significativo ($p = 0,015$).

Un mayor contenido de potasio se asocia con una disminución en la diversidad florística. Esto puede deberse a que el exceso de potasio afecta la disponibilidad y el equilibrio de nutrientes (como calcio y magnesio), reduciendo la coexistencia de especies sensibles.

Potasio presente en el suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = -0,05$): relación negativa prácticamente nula.
- Regresión ($R^2 = 0,003$): explica apenas el 0,3 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,900$).

El potasio no influye de manera apreciable en la productividad medida en volumen; su efecto es irrelevante en este contexto.

Correlación y significancia estadística del fósforo presente en el suelo con el número de árboles, número de especies y volumen

Fósforo presente en el suelo y número de árboles

- Coeficiente de correlación ($r = -0,25$): relación negativa débil.
- Regresión ($R^2 = 0,065$): explica solo el 6,5 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,544$).

El contenido de fósforo en el suelo no muestra influencia relevante sobre la abundancia arbórea; aunque la relación negativa sugiere que un exceso podría limitar el número de individuos.

Fósforo presente en el suelo y número de especies

- Coeficiente de correlación ($r = -0,90$): correlación negativa fuerte.
- Regresión ($R^2 = 0,817$): explica el 81,7 % de la variabilidad; altamente significativo ($p = 0,002$).

Niveles elevados de fósforo reducen la diversidad de especies, posiblemente porque favorecen a pocas especies dominantes y restringen el establecimiento de especies menos tolerantes.

Fósforo presente en el suelo y volumen maderable

- Coeficiente de correlación ($r = 0,22$): relación positiva débil.
- Regresión ($R^2 = 0,051$): explica el 5,1 % de la variabilidad; no significativo ($p = 0,592$).

El fósforo no influye de manera significativa en el crecimiento volumétrico; su efecto es marginal y probablemente está condicionado por la interacción con otros nutrientes.

En conjunto, los resultados evidencian que las propiedades químicas del suelo condicionan de manera heterogénea la estructura del bosque seco estacional: mientras la materia orgánica y la salinidad muestran efectos positivos sobre la acumulación de biomasa, su exceso se traduce en una reducción significativa de la diversidad. En contraste, el potasio y el fósforo reflejan un impacto negativo sobre la regeneración y riqueza florística, lo que confirma que la composición química del suelo puede favorecer selectivamente a especies con mayor tolerancia fisiológica.

Este patrón pone de manifiesto que la química edáfica contribuye a regular la composición y productividad, aunque no actúa de manera aislada. En contextos áridos y con marcada estacionalidad, factores como la capacidad de las especies para desarrollar sistemas radiculares superficiales, su eficiencia en el uso de nutrientes y la plasticidad adaptativa frente al estrés hídrico son determinantes en la configuración del bosque. De esta forma, las condiciones de fertilidad no garantizan por sí solas mayor diversidad ni productividad, sino que interactúan con la resiliencia ecológica de las especies presentes.

Desde una perspectiva ecológica, estos hallazgos sugieren que el bosque seco estacional se estructura a partir de la interacción entre las propiedades químicas del suelo y las estrategias adaptativas de la vegetación frente a la limitación de recursos. Así, mientras ciertos nutrientes pueden potenciar el crecimiento de especies dominantes, el mantenimiento de la diversidad depende más de la capacidad del

ecosistema para equilibrar la disponibilidad de nutrientes con la variabilidad climática y las restricciones propias de los suelos áridos.

4.2. **Análisis, interpretación y discusión de resultados**

Tras la aplicación rigurosa de la metodología propuesta, se obtuvieron resultados que permitieron alcanzar el objetivo central de la investigación: determinar la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre la estructura del bosque seco estacional en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos (2023). Los hallazgos ponen en evidencia que las condiciones edáficas desempeñan un papel relevante en la composición, organización estructural y productividad de este ecosistema, conformado por 549 individuos arbóreos pertenecientes a seis especies, con predominio de la familia Fabaceae y de *Parkinsonia praecox* como especie más representativa.

La organización vertical mostró tres estratos bien definidos: un estrato superior dominado por especies de gran porte como *Vachellia macracantha* y *P. praecox*; un estrato medio integrado por *Prosopis pallida* y *Capparis scabrida*; y un estrato inferior conformado principalmente por *Capparis avicennifolia* y *Cordia lutea*. Esta estratificación evidencia adaptaciones morfológicas y fisiológicas a la competencia por luz, agua y nutrientes en un ambiente marcado por la estacionalidad climática y la escasa disponibilidad hídrica, lo que refleja un cierto grado de estabilidad estructural pese a las condiciones limitantes.

Los suelos del área, clasificados como Aridisols, se caracterizan por baja fertilidad derivada de un incipiente desarrollo pedogenético, altas tasas de evaporación y limitada cobertura vegetal, factores que restringen la acumulación de materia orgánica y nutrientes esenciales. Bajo estas condiciones, el análisis de correlación de

Pearson reveló relaciones diferenciadas. Entre las propiedades químicas, la materia orgánica ($r = 0,68$; $p < 0,10$) y la salinidad ($r = 0,88$; $p < 0,01$) mostraron correlaciones positivas con el volumen maderable, sugiriendo que ambos factores mejoran la retención de humedad y la disponibilidad de nutrientes en especies adaptadas a condiciones áridas. Sin embargo, cuando se presentan en concentraciones elevadas, tanto la materia orgánica ($r = -0,92$) como la salinidad ($r = -0,67$) se relacionan negativamente con la diversidad, lo que refleja procesos de selección ecológica que benefician a especies halotolerantes o resistentes a suelos con mayor humedad, pero restringen el establecimiento de otras menos adaptadas.

En cuanto a los nutrientes, se evidenció que el potasio ($r = -0,81$; $p < 0,05$) y el fósforo ($r = -0,90$; $p < 0,01$) tienen efectos negativos sobre la diversidad florística, y en el caso del potasio también sobre la abundancia ($r = -0,40$), probablemente debido a interacciones desfavorables en la absorción de calcio, magnesio u otros nutrientes esenciales, limitando la regeneración natural. El pH, en cambio, presentó una influencia moderada y positiva sobre la abundancia ($r = 0,50$) y el volumen ($r = 0,28$), aunque con escaso efecto sobre la diversidad ($r = 0,18$), confirmando su rol secundario en comparación con otras propiedades químicas.

Respecto a las propiedades físicas, la profundidad efectiva del horizonte A mostró una correlación positiva con la diversidad ($r = 0,62$), lo que evidencia que un mayor desarrollo edáfico favorece la coexistencia de especies al ampliar el espacio radicular y el acceso a recursos. La fracción arenosa se asoció positivamente con la abundancia ($r = 0,52$) y la diversidad ($r = 0,67$), destacando el papel de los suelos más aireados y de buen drenaje en la regeneración y establecimiento de plántulas, aunque su relación con el volumen fue baja ($r = 0,27$). Por el contrario, la arcilla presentó

correlaciones negativas con todas las variables estructurales ($r = -0,55$ en abundancia; $r = -0,66$ en diversidad; $r = -0,26$ en volumen), reflejando que los suelos compactos y con drenaje deficiente limitan tanto la riqueza florística como la productividad.

Finalmente, la densidad aparente se asoció positivamente con la abundancia ($r = 0,42$) y la diversidad ($r = 0,63$), aunque mostró una relación débil con el volumen ($r = 0,20$), sugiriendo que este factor incide más en el establecimiento y coexistencia de especies que en la productividad maderable.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten dar una respuesta integral a la pregunta de investigación: las propiedades edáficas ejercen una influencia diferenciada sobre la organización del bosque seco estacional de Olmos. Si bien algunas variables químicas como la materia orgánica y la salinidad impulsan la productividad en términos de volumen, lo hacen en detrimento de la diversidad, mientras que factores físicos como la arena y la densidad aparente favorecen la coexistencia de especies. En contraste, la arcilla, el potasio y el exceso de materia orgánica limitan la riqueza florística, generando procesos de dominancia específica. Estos hallazgos confirman que la dinámica estructural del bosque seco no depende de un único factor, sino de la interacción entre condiciones edáficas, disponibilidad hídrica, estacionalidad climática y adaptaciones fisiológicas de las especies. Desde un enfoque ecológico aplicado, se destaca la importancia de incorporar estas interacciones en los planes de manejo y conservación, a fin de garantizar tanto la diversidad biológica como la sostenibilidad productiva en bosques secos sometidos a presiones antrópicas y climáticas.

4.2.1. Composición florística, estructura horizontal y vertical del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos

Composición florística

El bosque seco en la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos alberga 549 árboles de seis especies diferentes: *Capparis avicennifolia*, *Capparis scabrida*, *Cordia lutea*, *Parkinsonia praecox*, *Prosopis pallida*, y *Vachellia macracantha*. Estas especies pertenecen a cinco géneros (*Capparis*, *Cordia*, *Parkinsonia*, *Prosopis* y *Vachellia*) y están agrupadas en tres familias: *Capparaceae*, *Cordiaceae* y *Fabaceae*. La familia *Fabaceae* es la más predominante, representando el 74.32% del total de especies y del número de individuos, con 408 árboles inventariados.

El análisis comparativo entre el bosque seco en la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos en Perú y el bosque seco tropical en La Pila Vieja, comuna Sancán en Ecuador, investigado por Toala Gutiérrez (2021), revela diferencias clave en la composición florística; en La Pila Vieja, se identificaron 295 individuos distribuidos en 21 especies, 20 géneros y 15 familias. La mayor diversidad taxonómica en comparación con Olmos indica un ecosistema con una estructura más rica y variada. Las familias *Fabaceae* y *Malvaceae* son las más representativas, pero la menor dominancia de *Fabaceae* en este bosque sugiere una estructura más equilibrada y una mayor diversidad funcional. Estas diferencias reflejan el impacto de las intervenciones humanas y las condiciones ambientales en la composición florística. En Olmos, la dominancia de *Fabaceae* y la menor diversidad específica pueden estar asociadas a las perturbaciones del proyecto de irrigación, mientras que, en La Pila Vieja, la mayor diversidad y equilibrio entre familias sugieren un ecosistema menos perturbado y más estable. Estos hallazgos destacan la necesidad de estrategias de conservación adaptadas a las

condiciones específicas de cada bosque para preservar su biodiversidad y funcionalidad ecológica.

La comparación de los resultados entre el bosque seco en la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos en Perú y el bosque seco tropical en el sector Quimís de la comuna Sancán, en Ecuador, muestra diferencias en cuanto a la composición florística de las comunidades arbóreas. En el bosque seco tropical de la comuna Sancán, Cevallos Pincay (2020) encontró una mayor diversidad en términos de familias y especies. En este estudio se identificaron 12 familias, 22 géneros y 22 especies, con un total de 241 individuos. Las familias más representativas fueron Fabaceae, Euphorbiaceae y Capparaceae, siendo la Fabaceae también la predominante, pero con menor proporción comparada con el bosque del proyecto Olmos. Las diferencias en la composición de especies y familias entre los dos estudios reflejan variaciones en las condiciones ambientales y los procesos ecológicos locales. La alta dominancia de la Fabaceae en Olmos sugiere una especialización o adaptación de las especies de esta familia a las condiciones del área afectada por el proyecto de irrigación. En contraste, la mayor diversidad de familias y especies en el estudio de Sancán indica un ecosistema con una estructura más compleja y posiblemente una mayor estabilidad ecológica. El análisis comparativo entre los dos estudios revela una diferencia significativa en la biodiversidad y composición florística de los bosques secos estudiados en estas dos distintas zonas geográficas; identificándose en el bosque seco de la zona de obras del proyecto de irrigación Olmos, seis especies arbóreas pertenecientes a tres familias (Capparaceae, Cordiaceae, y Fabaceae), con una marcada predominancia de la familia Fabaceae, que representa el 74,32 % del total de especies y del número de individuos. Esta composición sugiere un ecosistema con una baja diversidad específica, donde una sola familia domina

claramente el paisaje vegetal, lo que podría estar relacionado con condiciones ambientales particulares y posibles efectos de la intervención humana.

Por otro lado, el estudio de Ferrufino-Acosta et al. (2019) en el bosque seco del Valle de Agalta en Honduras muestra una biodiversidad mucho más rica, con 316 especies distribuidas en 76 familias y 222 géneros. La alta diversidad taxonómica encontrada, incluyendo una representación significativa de eudicotiledóneas y otras formas de vida vegetal como monocotiledóneas, monilófitas y gimnospermas, indica un ecosistema más complejo y diverso, probablemente menos afectado por actividades antropogénicas o con una historia ecológica diferente que ha permitido la coexistencia de un mayor número de especies. La diferencia en la diversidad entre ambos estudios podría reflejar variaciones en factores ambientales, como la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la altitud, y la presión humana. Mientras que el bosque seco del proyecto de irrigación Olmos presenta un ecosistema dominado por pocas especies, con una clara hegemonía de Fabaceae, el Valle de Agalta muestra una estructura más equilibrada y diversificada, lo que podría contribuir a una mayor resiliencia del ecosistema ante cambios ambientales. Este contraste subraya la importancia de considerar el contexto ecológico y geográfico en la interpretación de la biodiversidad en los bosques secos tropicales, y sugiere que los impactos de la intervención humana, como los proyectos de irrigación, pueden reducir la diversidad y alterar la composición florística de estos ecosistemas únicos.

Estructura horizontal

En el bosque seco localizado en la zona de influencia del Proyecto de Irrigación Olmos, las especies con los IVI más altos son *Parkinsonia praecox* (105,97), *Acacia macracantha* (76,34), *Cordia lutea* (45,12), *Capparis scabrida* (37,18), *Capparis*

avicennifolia (21,09) y *Prosopis pallida* (14,29), lo que indica su dominancia en términos de abundancia, frecuencia y área basal. Estas especies juegan un rol central en la estructura horizontal del bosque, lo que subraya su importancia ecológica en esta región específica de Perú.

De la misma manera, Ferrufino-Acosta et al. (2019) estudiaron la composición florística del bosque seco del Valle de Agalta en Honduras, las especies con mayor IVI, fueron *Acacia picachensis*, *Eugenia hondurensis* y *Lysiloma acapulcense*. La coincidencia notable es la presencia de *Acacia* en ambas regiones, aunque las especies específicas varían. En Olmos, *Acacia macracantha* es prominente, mientras que en el Valle de Agalta, *Acacia picachensis* es la especie dominante. Esto sugiere que el género *Acacia* es relevante en distintos bosques secos, pero con diferencias en las especies dominantes debido a adaptaciones regionales específicas. *Eugenia hondurensis* y *Lysiloma acapulcense* en el Valle de Agalta destacan como especies importantes que no tienen equivalentes directos en la región de Olmos. Esto refleja cómo la composición florística y la estructura del bosque seco pueden variar significativamente entre regiones, incluso dentro de ecosistemas similares, debido a factores ambientales y ecológicos locales.

Por otro lado, en La Pila Vieja, Ecuador, el estudio de Toala Gutiérrez (2021) identificó a *Bursera graveolens* y *Cordia alliodora* como las especies con los IVI más altos. Aunque *Cordia* aparece en ambos estudios, las otras especies dominantes difieren, lo que destaca la variabilidad florística entre los bosques secos de diferentes regiones geográficas.

En contraste, el estudio de Cevallos Pincay (2020) en el sector Quimís de la comuna Sancán, Ecuador, identifica a *Bursera graveolens*, *Geoffroea spinosa* y *Cordia*

lutea como las especies más representativas. *Cordia lutea* es la única especie presente con un alto IVI en ambas regiones, lo que subraya su relevancia en diferentes contextos geográficos. Sin embargo, la presencia de *Bursera graveolens* y *Geoffroea spinosa* como especies dominantes en Ecuador resalta las diferencias en la composición florística entre las dos áreas de estudio.

De manera similar, Aguirre, Aponte y Quizhpe (2021) en su en su publicación científica identificaron las especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI) en el bosque seco de Mangahurco, Cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador, siendo estas: *Handroanthus chrysanthus*, *Simira ecuadorensis* y *Citharexylum gentryi*. En comparación con Olmos, las especies dominantes en Mangahurco presentan una composición diferente, reflejando las particularidades ecológicas y ambientales del bosque seco en esa región. Las especies *Handroanthus chrysanthus*, *Simira ecuadorensis* y *Citharexylum gentryi* no tienen equivalentes directos en Olmos, indicando diferencias en la estructura florística y en los factores que determinan la dominancia de especies en cada área.

Por otro lado, Herazo et al. (2017) caracterizaron la estructura y composición en fragmentos de bosque seco tropical ubicado en los Montes de María en el departamento de Sucre (Colombia), siendo las especies con mayor IVI fueron *Simira cordifolia*, *Trichilia acuminata* y *Myrcia fallax*. En comparación con el estudio de Olmos, las especies dominantes en los Montes de María son distintas, lo que refleja las diferencias en la composición florística entre los dos ecosistemas. *Simira cordifolia*, *Trichilia acuminata* y *Myrcia fallax* no aparecen en la lista de especies dominantes de Olmos, lo que indica diferencias en la estructura y la dinámica del bosque seco entre estas regiones.

De modo semejante, Cueva et al. (2019), en su investigación sobre cómo la altitud afecta la composición florística, la estructura y la biomasa arbórea del bosque seco andino, identificaron a *Myrcianthes sp.*, *Lafoensia acuminata*, *Xylosma sp.*, *Mauria heterophylla* y *Vachellia macracantha* como las especies de mayor relevancia ecológica. Siendo *Vachellia macracantha* es una especie común en ambos estudios, sugiriendo su relevancia en diferentes tipos de bosques secos. Esta consistencia podría indicar una adaptabilidad o importancia ecológica generalizada en ecosistemas secos andinos. La diferencia en las especies dominantes entre los dos estudios podría estar relacionada con las diferencias en el entorno y las condiciones ecológicas. En el bosque seco de Olmos, factores específicos del ecosistema local influyen en la predominancia de ciertas especies, mientras que, en el bosque seco andino, la altitud y otras condiciones ambientales podrían determinar la importancia de las especies.

De manera comparable, Arellano (2020), en su tesis doctoral, analizó la cobertura vegetal del Sector Sur de la Poligonal Olmos, Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) en Perú, utilizando teledetección con imágenes de satélite Landsat. Identificó a *Acacia aroma* como la especie con el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto, alcanzando un 43,87 %, seguida por *Prosopis limensis* con un IVI promedio de 21,40 % y *Colicodendron scabridum* con un IVI promedio de 16,92 %. Ambas investigaciones destacan a especies del género *Acacia* como importantes. En el contexto del Proyecto de Irrigación Olmos, *Acacia macracantha* tiene un IVI de 76,34 %, mientras que Arellano (2020) identifica a *Acacia aroma* con el IVI más alto de 43,87 %. Esto sugiere que las especies de *Acacia* juegan un papel significativo en ambas áreas, aunque su relevancia varía. En ambas investigaciones, aunque hay algunas especies comunes y una relevancia compartida de ciertos géneros como *Acacia* y *Prosopis*, las investigaciones destacan diferentes especies y muestran variaciones en la importancia

relativa de las especies en sus respectivos contextos. Las diferencias en los métodos de evaluación y la composición florística local contribuyen a estas variaciones en el IVI.

De manera equivalente, Sánchez et al. (2021) examinaron el impacto del pH y la salinidad del suelo en la estructura arbórea del Área de Conservación Privada “Gotas de Agua” en Jaén, Perú. Sus resultados indicaron que *Capparis flexuosa* presentó el Índice de Valor de Importancia (IVI) más alto con un 80,81 %, seguido por *Eriotheca discolor* con un 69,94 % y *Ceiba insignis* con un 64,44 %. Mientras que en el bosque seco del Proyecto de Irrigación Olmos, *Capparis scabrida* y *Capparis avicennifolia* tienen un alto IVI, *Capparis flexuosa* demuestra un IVI superior en el estudio de Jaén, sugiriendo una mayor dominancia de esta especie en su entorno específico. Por otro lado, *Cordia lutea* y *Prosopis pallida* tienen un IVI destacado en Olmos, en contraste con *Ceiba insignis* en Jaén, lo que revela variaciones en la dominancia de especies relacionadas con las condiciones ecológicas particulares de cada región. En general, ambas investigaciones subrayan la relevancia de las especies con altos IVI en sus respectivos ecosistemas, aunque las especies predominantes cambian en función de las condiciones ecológicas específicas de cada área.

Estructura vertical

La estructura vertical del bosque seco en la zona de influencia del Proyecto de Irrigación Olmos se distingue por la presencia de un estrato alto, medio e inferior. En el estrato superior se encuentran las especies forestales *Vachellia macracantha* (7,35 m) y *Parkinsonia praecox* (6,27 m), mientras que en el estrato medio están *Prosopis pallida* (5,68 m) y *Capparis scabrida* (5,06 m). En el estrato inferior predominan *Capparis avicennifolia* (4,67 m) y *Cordia lutea* (4,23 m).

De manera similar, Ferrufino-Acosta et al. (2019) analizaron la composición florística del bosque seco en el Valle de Agalta, Honduras, concluyendo que la distribución vertical del bosque seco investigado está predominantemente compuesta por individuos jóvenes. Esto indica una falta de diferenciación clara entre los estratos y sugiere que el bosque podría estar en una fase de regeneración o en un estado de desarrollo temprano. La dominancia de individuos jóvenes puede reflejar un ciclo de regeneración reciente o una interrupción en el desarrollo del bosque debido a factores ambientales o antropogénicos.

De manera equivalente, Aguirre et al. (2021) en su artículo científico identificaron la composición florística y la estructura del bosque seco en Mangahurco, Cantón Zapotillo, provincia de Loja, Ecuador, y lograron distinguir tres estratos: en el estrato superior se encuentran *Terminalia valverdae*, *Cochlospermum vitifolium*, *Handroanthus chrysanthus*, *Ceiba trichistandra* y *Eriotheca ruizii*; en el estrato medio codominante se ubican *Simira ecuadorensis*, *Chloroleucon mangense*, *Celtis loxensis*, *Caesalpina glabrata* y *Geoffroea spinosa*; y en el estrato suprimido se encuentran *Celtis loxensis*, *Pisonia aculeata* y *Cynophylla sclerophylla*. Aunque ambos estudios identifican una estructura vertical compuesta por tres estratos, existen diferencias notables en las especies dominantes en cada estrato, lo que refleja las particularidades ecológicas y climáticas de cada región. En Mangahurco, hay una mayor diversidad de especies en cada estrato, lo que podría indicar una estructura más compleja y posiblemente una mayor heterogeneidad ecológica en comparación con el bosque de Olmos. Este análisis destaca cómo las condiciones ambientales locales, como el clima, el tipo de suelo y otros factores ecológicos, influyen en la composición y estructura del bosque seco, dando lugar a diferencias significativas en la organización vertical de la vegetación entre diferentes regiones.

De manera comparable, Lemos y González (2015) examinaron la estructura y composición de la vegetación en el bosque seco tropical del ecoparque Bataclán, en Cali, Colombia, concluyendo que la estructura vertical de la comunidad vegetal refleja un estado sucesional temprano. En este estado, hay una combinación de especies plantadas y otras que se han regenerado naturalmente en la zona, predominando especies pioneras que provienen tanto de bosques secos tropicales (bs-T) cercanos como de otras zonas de vida. El análisis comparativo de estas dos investigaciones en torno a la estructura vertical del bosque revela diferencias clave en la madurez y composición de los bosques estudiados, mientras que el bosque seco en Olmos muestra una estructura vertical más madura y estratificada, el bosque en Bataclán representa un ecosistema en una fase de recuperación y desarrollo inicial, con una composición dominada por especies pioneras. Estas diferencias subrayan la importancia del contexto ecológico y el estado sucesional en la configuración de la estructura vertical de los bosques secos en diferentes regiones.

De modo parecido, Sánchez et al. (2021) evaluaron cómo el pH y la salinidad del suelo afectan la estructura arbórea del bosque seco en el Área de Conservación Privada (ACP) "Gotas de Agua" en Jaén, Perú, señalando que la estructura vertical fue representada por 144 individuos con alturas que oscilaron entre 4,5 m y 8,7 m, pertenecientes al estrato medio. A diferencia del bosque seco en la zona de influencia del Proyecto de Irrigación Olmos, este estudio no presenta una diferenciación tan marcada entre estratos superiores, medios e inferiores, lo que sugiere una mayor homogeneidad en la altura de las especies arbóreas. El análisis comparativo de las dos investigaciones en torno a la estructura vertical del bosque seco revela diferencias significativas en la organización de las especies y su distribución altimétrica, mientras que en Olmos se observa una estratificación más definida con especies que ocupan

claramente diferentes niveles verticales del bosque, en Jaén, la estructura vertical parece ser más uniforme, con la mayoría de los individuos concentrados en un rango medio de alturas. Esto podría reflejar diferencias en la dinámica de sucesión ecológica o en las condiciones ambientales específicas de cada región.

4.2.2. Perfil del suelo de los bosques secos en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos

El perfil del suelo del bosque seco en la zona de influencia del Proyecto de Irrigación Olmos se distingue por su predominancia en minerales y su origen a partir de material parental transportado. Este perfil muestra un desarrollo genético moderado, con horizontes A-C y formaciones A/BC/C, pero sin horizonte B, lo que sugiere un desarrollo incompleto según la morfología del perfil. De acuerdo con la clasificación de suelos de EE.UU. de 2014, estos suelos se categorizan como Aridisols, característicos de áreas desérticas. Presentan secciones de control de humedad que permanecen secas en ciertos períodos, un régimen de humedad árido y un régimen de temperatura térmico. La formación de estos suelos varía de incipiente a moderado debido a factores climáticos, como baja precipitación y altas temperaturas, así como a la vegetación, que incluye una cobertura dispersa de árboles y arbustos propia del matorral desértico Tropical. Estas condiciones dificultan la descomposición de rocas y residuos orgánicos, así como la actividad microbiana, lo que contribuye a la baja fertilidad natural del suelo.

En su investigación sobre la composición arbórea y del suelo del bosque seco tropical en La Pila Vieja, comuna Sancán, Toala Gutiérrez (2021) señala que, el suelo presenta contenido de humedad de medio a bajo, textura Arcillosa y Franco – arcillosa, de acuerdo a esta textura y según el “Mapa de órdenes de suelos del Ecuador”, es un suelo de tipo Inceptisoles. Haciendo el análisis comparativo se puede indicar que, los

suelos de la zona de influencia del Proyecto de Irrigación Olmos se caracterizan por su clasificación como Aridisols (suelos que suelen presentar un régimen de humedad arídico, donde las secciones de control de humedad permanecen secas en ciertos períodos), con un desarrollo genético moderado y condiciones desérticas extremas, mientras que los suelos en La Pila Vieja, clasificados como Inceptisoles (suelos que suelen tener un desarrollo más incipiente, con una textura que puede variar, como arcillosa o franco-arcillosa, y un contenido de humedad que varía de medio a bajo), muestran un desarrollo más incipiente con diferentes texturas y niveles de humedad. Ambos tipos de suelos reflejan las condiciones ecológicas específicas de sus respectivos entornos, con Aridisols mostrando un desarrollo más completo en un ambiente desértico, y Inceptisoles indicando un desarrollo menos avanzado en un contexto posiblemente menos extremo.

De la misma manera, Cevallos Pincay (2020) llevó a cabo un estudio sobre la cobertura arbórea y el suelo del bosque seco tropical en el sector Quimís de la comuna Sancán, Ecuador. En su investigación, identificó que el suelo presenta una textura arcillosa y una mezcla franco-arcilla-arena, clasificándolo como Inceptisol. Además, se observó que el contenido de materia orgánica en el suelo es de nivel medio a bajo. Realizando el análisis comparativo se puede indicar que, los Inceptisoles son suelos jóvenes con desarrollo moderado y son comunes en una variedad de ambientes, a diferencia de los Aridisols presentes en Olmos, que son más específicos de zonas áridas. Por tanto, mientras que el suelo en Olmos está claramente influenciado por condiciones áridas extremas y muestra un desarrollo menos avanzado con características de Aridisols, el suelo en Quimís, aunque también seco, presenta una textura más variada y una clasificación de Inceptisoles, lo que sugiere un perfil de suelo relativamente mejorado y con características de desarrollo más modestas.

4.2.3. Relación de las propiedades físicas y químicas del suelo con la composición florística y estructura del bosque seco en las zonas de obras del proyecto de irrigación Olmos.

La relación entre las propiedades físicas y químicas del suelo y la estructura del bosque seco estacional en la zona de Olmos muestra patrones diferenciados que reflejan la complejidad de este ecosistema árido. El análisis de correlación de Pearson reveló que el pH ejerce una influencia moderada sobre la abundancia arbórea ($r = 0,50$) y el volumen ($r = 0,27$), aunque su impacto sobre la diversidad es débil ($r = 0,18$). Esto confirma que, si bien un pH cercano a la neutralidad favorece el establecimiento de especies, no constituye un factor determinante de la composición florística.

La materia orgánica (M.O.) mostró un efecto dual: se asoció positivamente con el volumen maderable ($r = 0,68$; tendencia positiva), lo que indica que mejora la disponibilidad de nutrientes y agua para especies tolerantes; sin embargo, se correlacionó fuertemente de manera negativa con la diversidad ($r = -0,91$; $p < 0,01$), lo que sugiere que en ambientes del bosque seco la acumulación de M.O. podría estar vinculada a condiciones de mayor humedad y drenaje limitado, generando dominancia de especies adaptadas y restringiendo la riqueza florística.

En el caso de la salinidad, se observó un patrón similar: mostró una correlación positiva alta con el volumen ($r = 0,88$; $p < 0,01$), pero negativa con la diversidad ($r = -0,67$). Esto indica que la salinidad puede actuar como un factor de selección ecológica, reduciendo la riqueza de especies sensibles, pero favoreciendo el crecimiento de especies halotolerantes capaces de acumular mayor biomasa.

Respecto a los nutrientes, el potasio y el fósforo evidenciaron efectos negativos marcados sobre la diversidad ($r = -0,81$ y $r = -0,90$, respectivamente), y en el caso del

potasio también sobre el número de árboles ($r = -0,39$). Estos resultados sugieren que concentraciones elevadas de ambos nutrientes pueden alterar el equilibrio edáfico al interferir con la absorción de elementos esenciales (como Ca, Mg y Zn), reduciendo la regeneración y limitando el establecimiento de especies menos tolerantes.

Por el contrario, entre las propiedades físicas, la profundidad efectiva del horizonte A y la arena se correlacionaron positivamente con la diversidad ($r = 0,61$ y $r = 0,67$, respectivamente), evidenciando que los suelos más profundos y aireados favorecen la coexistencia florística. Sin embargo, su efecto sobre la abundancia y el volumen fue débil, lo que refleja que su influencia se centra más en la composición que en la productividad. La arcilla, en contraste, mostró correlaciones negativas con todas las variables estructurales ($r = -0,55$ con abundancia; $r = -0,66$ con diversidad; $r = -0,26$ con volumen), lo que confirma su papel restrictivo al generar compactación y problemas de drenaje. Finalmente, la densidad aparente presentó correlaciones positivas con la abundancia ($r = 0,42$) y la diversidad ($r = 0,63$), aunque con un efecto mínimo en el volumen ($r = 0,20$), sugiriendo que, hasta cierto umbral, puede favorecer la regeneración y el establecimiento de especies.

En conjunto, los resultados evidencian que las propiedades edáficas influyen de manera diferenciada en la estructura del bosque seco: algunas (M.O., salinidad) potencian la productividad volumétrica en especies dominantes, mientras que otras (potasio, fósforo, arcilla) restringen la diversidad y la abundancia. Estas dinámicas confirman que la estructura del bosque seco no depende exclusivamente de las condiciones edáficas, sino de su interacción con la estacionalidad climática, la disponibilidad hídrica superficial y las adaptaciones fisiológicas de las especies, que en su conjunto determinan la organización y resiliencia del ecosistema.

Comparando estos resultados con otros estudios regionales, se observan coincidencias y divergencias. Toala Gutiérrez (2021) y Cevallos Pincay (2020), en bosques secos del Ecuador, reportaron suelos con pH neutro a ligeramente ácido y texturas arcillosas a franco-arcillosas, resaltando la importancia de la materia orgánica y la fertilidad en el crecimiento vegetal. Sin embargo, en Olmos se evidenció que altos contenidos de M.O. y nutrientes como K y P no siempre favorecen la diversidad, sino que pueden generar dominancia específica. De manera similar, Sánchez et al. (2021), en el ACP “Gotas de Agua” (Jaén, Perú), señalaron que el pH y la salinidad influyen en la cobertura y distribución de la vegetación, aunque en ese caso la salinidad mostró un efecto menos relevante.

En síntesis, el caso de Olmos aporta una visión más detallada y cuantitativa de la relación suelo–bosque seco, al evidenciar que los factores edáficos, si bien condicionan la productividad y composición, actúan siempre en interacción con el contexto ecológico local, reforzando la necesidad de un manejo integral que considere tanto los atributos del suelo como la variabilidad climática y las adaptaciones propias de las especies nativas.

4.3. Contrastación de hipótesis

La hipótesis planteada sostiene que las propiedades físicas y químicas del suelo ejercen una influencia directa y significativa sobre la estructura del bosque seco estacional. Los resultados obtenidos permiten contrastar esta hipótesis de la siguiente manera:

Profundidad efectiva del horizonte “A”: La correlación positiva con el número de especies ($r = 0,61$; $p = 0,10$) respalda la hipótesis, ya que evidencia que la profundidad

del suelo favorece la diversidad florística al ampliar el espacio radicular y el acceso a nutrientes. Sin embargo, su influencia sobre la abundancia ($r = 0,24$) y el volumen ($r = -0,27$) fue débil, lo que indica que su efecto estructural es selectivo y más evidente en la composición que en la productividad.

Arena: La proporción de arena mostró correlaciones positivas con la abundancia ($r = 0,52$) y la diversidad ($r = 0,67$; $p = 0,07$), lo que sugiere que los suelos arenosos favorecen el establecimiento y coexistencia de especies, probablemente por su buena aireación y drenaje. No obstante, la relación con el volumen fue baja ($r = 0,27$), lo que indica que la arena contribuye más a la diversidad que a la productividad maderable.

Arcilla: Los resultados evidencian correlaciones negativas con la abundancia ($r = -0,55$), la diversidad ($r = -0,66$; $p = 0,07$) y el volumen ($r = -0,26$), lo que confirma que la arcilla actúa como un factor restrictivo. La compactación, la baja infiltración y la retención excesiva de humedad limitan la regeneración y reducen la riqueza de especies, respaldando la hipótesis en sentido inverso.

Densidad aparente: Se observó una correlación positiva moderada con la abundancia ($r = 0,42$) y la diversidad ($r = 0,63$; $p = 0,09$), aunque débil con el volumen ($r = 0,20$). Esto indica que, hasta cierto umbral, la densidad aparente no representa una limitación y puede favorecer el establecimiento de especies, aunque no incide de manera significativa en la productividad.

pH: Los coeficientes obtenidos muestran una correlación moderada con el número de árboles ($r = 0,50$), débil con el volumen ($r = 0,27$) y marginal con la diversidad ($r = 0,18$). Al no alcanzar significancia estadística, estos resultados sugieren

que el pH no ejerce un efecto directo ni determinante sobre la estructura del bosque, por lo que la hipótesis solo se respalda parcialmente.

Materia orgánica (M.O.): La M.O. mostró una correlación positiva con el volumen ($r = 0,68$; $p = 0,06$), lo que indica que favorece la productividad maderable. Sin embargo, su correlación negativa y altamente significativa con la diversidad ($r = -0,91$; $p < 0,01$) revela que su acumulación está asociada a la reducción de especies, posiblemente por condiciones de mayor humedad y menor oxigenación. Se confirma así una influencia significativa pero diferenciada.

Salinidad: Los resultados muestran un efecto dual. Por un lado, la salinidad correlacionó positivamente con el volumen ($r = 0,88$; $p < 0,01$), favoreciendo el crecimiento de especies halotolerantes. Por otro lado, su relación con la diversidad fue negativa ($r = -0,67$; $p = 0,07$), confirmando que la salinidad reduce la riqueza florística al seleccionar especies resistentes. Esto respalda la hipótesis, aunque con efectos contrastantes.

Potasio: Los coeficientes evidencian correlaciones negativas con la abundancia ($r = -0,39$) y con la diversidad ($r = -0,81$; $p < 0,05$), y prácticamente nula con el volumen ($r = -0,05$). Estos resultados sugieren que el potasio no contribuye significativamente a la productividad y que, en exceso, limita la regeneración y la riqueza de especies, confirmando parcialmente la hipótesis.

Fósforo: El fósforo mostró una correlación muy fuerte y negativa con la diversidad ($r = -0,90$; $p < 0,01$), lo que confirma su efecto restrictivo sobre la riqueza florística en concentraciones elevadas. Sin embargo, su influencia sobre la abundancia ($r = -0,25$) y el volumen ($r = 0,22$) fue débil, lo que indica un impacto parcial y selectivo.

En síntesis, la hipótesis se confirma parcialmente, ya que las propiedades del suelo influyen en la estructura del bosque seco, aunque su efecto es diferenciado y depende de las condiciones ecológicas y climáticas del ecosistema.

CONCLUSIONES

Según la clasificación moderna de angiospermas (APG IV–2016), el bosque seco situado en la zona de obras del Proyecto de Irrigación Olmos, en su composición florística dentro de las ocho parcelas evaluadas (4 hectáreas), alberga un total de 549 individuos arbóreos pertenecientes a seis especies: *Capparis avicennifolia* (Vichayo), *Capparis scabrida* (Sapote), *Cordia lutea* (Overo), *Parkinsonia praecox* (Palo verde), *Prosopis pallida* (Algarrobo) y *Vachellia macracantha* (Faique). Estas especies se distribuyen en cinco géneros (*Capparis*, *Cordia*, *Parkinsonia*, *Prosopis* y *Vachellia*) y tres familias (Capparaceae, Cordiaceae y Fabaceae). La Fabaceae es la familia más representada, con el 74,32 % de los individuos (408 árboles).

En la estructura horizontal, *Parkinsonia praecox* fue la especie predominante (274 individuos; 49,91 % de abundancia relativa), mientras que *Vachellia macracantha* presentó la mayor frecuencia relativa (22,22 %) y *Capparis scabrida* la mayor dominancia (6,97 m² de área basal; 39,40 %). De acuerdo con el Índice de Valor de Importancia (IVI), *P. praecox* se posiciona como la especie más relevante (IVI = 105,97/300).

La estructura vertical mostró tres estratos: el superior (40,26 % de los individuos), integrado principalmente por *V. macracantha* y *P. praecox*; el medio (56,10 %), dominado por *P. pallida* y *C. scabrida*; y el inferior (3,64 %), conformado por *C. avicennifolia* y *C. lutea*. Esta estratificación evidencia un bosque heterogéneo con adaptaciones a la competencia por luz y agua en condiciones de marcada estacionalidad climática.

Los suelos del área, clasificados como Aridisols, presentan un desarrollo pedogenético incipiente a moderado, baja fertilidad y un régimen de humedad árido con altas tasas de evaporación, lo que restringe la acumulación de materia orgánica y nutrientes.

El análisis de correlación y significancia estadística evidenció que las propiedades edáficas influyen de manera diferenciada en la estructura del bosque seco:

- **pH:** mostró correlaciones positivas moderadas con la abundancia ($r = 0,50$) y el volumen ($r = 0,27$), aunque débil con la diversidad ($r = 0,18$), lo que indica un efecto limitado.
- **Materia orgánica:** se correlacionó positivamente con el volumen ($r = 0,68$; tendencia marginal), pero negativamente y de manera significativa con la diversidad ($r = -0,91$; $p < 0,01$), sugiriendo un doble efecto: incremento de biomasa y reducción de riqueza florística.
- **Salinidad:** presentó una correlación positiva significativa con el volumen ($r = 0,88$; $p < 0,01$), pero negativa con la diversidad ($r = -0,67$; $p = 0,07$), confirmando su papel como factor de selección ecológica que favorece a especies halotolerantes.
- **Potasio y fósforo:** ambos nutrientes mostraron correlaciones negativas muy fuertes con la diversidad ($r = -0,81$ y $r = -0,90$, respectivamente), y en el caso del potasio también con la abundancia ($r = -0,39$). Sus efectos se asocian a desequilibrios nutricionales que limitan la regeneración natural.
- **Profundidad efectiva:** correlacionó positivamente con la diversidad ($r = 0,61$; $p = 0,10$), lo que confirma que un mayor horizonte radicular favorece la coexistencia florística, aunque su efecto en la abundancia y el volumen fue débil.

- **Arena:** mostró correlaciones positivas con abundancia ($r = 0,52$) y diversidad ($r = 0,67$; $p = 0,07$), destacando su aporte en el establecimiento de especies por su mejor aireación y drenaje, aunque sin incidencia significativa en el volumen.
- **Arcilla:** evidenció correlaciones negativas con todas las variables ($r = -0,55$ en abundancia; $r = -0,66$ en diversidad; $r = -0,26$ en volumen), confirmando que los suelos arcillosos, por compactación y drenaje deficiente, restringen la regeneración y la productividad.
- **Densidad aparente:** correlacionó positivamente con la abundancia ($r = 0,42$) y la diversidad ($r = 0,63$; $p = 0,09$), pero débilmente con el volumen ($r = 0,20$), sugiriendo que su efecto se limita al establecimiento y coexistencia de especies, no a la productividad maderable.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que la hipótesis planteada se confirma parcialmente: algunas propiedades del suelo, como la materia orgánica, la salinidad, el fósforo, el potasio y la arcilla, muestran efectos significativos sobre la estructura, particularmente en la diversidad; mientras que variables como el pH, la arena, la densidad aparente y la profundidad efectiva presentan efectos más débiles o marginales. Se confirma así que la estructura del bosque seco estacional depende de un entramado complejo donde las propiedades edáficas interactúan con factores climáticos, la disponibilidad hídrica y las adaptaciones fisiológicas de las especies.

Desde una perspectiva ecológica y de gestión, se concluye que los planes de conservación y restauración deben incorporar la heterogeneidad edáfica, pero sobre todo reconocer que la productividad y diversidad en bosques secos están más condicionadas por la estacionalidad climática y el estrés hídrico que por la fertilidad edáfica en sentido estricto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda al Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), al Gobierno Regional de Lambayeque, al Ministerio del Ambiente (MINAM) y al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) implementar programas de restauración que promuevan la recuperación de la estructura y composición original de los bosques secos de la zona de irrigación Olmos, considerando la reintroducción de especies nativas y la mejora de las condiciones del suelo.

Asimismo, se sugiere a las municipalidades locales de la zona de influencia, a las juntas de usuarios de riego y a las asociaciones de agricultores diseñar e implementar programas de educación, capacitación y participación comunitaria, con el fin de sensibilizar a la población sobre la importancia de los bosques secos, sus servicios ecosistémicos y las técnicas de manejo sostenible adaptadas al contexto regional.

De igual forma, se recomienda a las instituciones académicas, a los organismos gubernamentales competentes y a las organizaciones no gubernamentales (ONGs) fomentar la colaboración interinstitucional para compartir conocimientos, recursos y tecnologías que apoyen la conservación y gestión sostenible de los bosques secos.

Se propone al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), así como a las universidades de la región, promover la realización de estudios adicionales que aborden otros aspectos de los bosques secos, tales como la fauna asociada y las interacciones ecológicas, con el objetivo de obtener una visión más integral del ecosistema y fortalecer las estrategias de conservación.

Finalmente, se recomienda a los responsables de la gestión ambiental y forestal, tanto del ámbito público como privado, así como a las plataformas académicas y científicas, publicar y difundir ampliamente los resultados de esta investigación en repositorios nacionales (como ALICIA del CONCYTEC) y en revistas científicas de acceso abierto, de modo que sirvan como referencia técnica y metodológica para la planificación, implementación y evaluación de acciones de conservación, restauración ecológica, ordenamiento territorial y manejo sostenible de los bosques secos, tanto en Olmos como en otras regiones con condiciones ecológicas similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, A., Aponte, R., & Quizhpe, G. (2021). Bosque seco de la parroquia Mangahurco, Zapotillo, Loja: Estudio de su composición florística, estructura y endemismo. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/838>
- AIDER. (2014). *Proyecto de carbono forestal en el Perú: Alternativa para mitigar el cambio climático e incrementar los beneficios económicos en la actividad forestal*. AIDER.
- Alvis Gordo, J. F. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca*, 7(1), 115–122. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf>
- Arellano, L. (2020). *Caracterización de la cobertura vegetal boscosa del sector sur de la poligonal Olmos Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) mediante teledetección (imagen de satélite Landsat)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG.
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8463>
- Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., & Mata, D. A. (2019). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas*. INTA. <https://bit.ly/2J6sqrw>
- Bunge, M. (1972). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores.
- Caballero Miranda, M. L. (2017). *Impactos del aprovechamiento forestal en la estructura y composición florística del bosque productivo de la comunidad nativa Chamiriari, Satipo* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio

Institucional UNALM.

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2937/F70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cayola Pérez, L. E. (2004). *Composición y estructura florística del bosque seco semidecidual andino, Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi, La Paz, Bolivia* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Simón].

https://www.missouribotanicalgarden.org/Portals/0/Portal/0/Science%20and%20conservation/themadidiproject/publications/Cayola_2004_Thesis.pdf

Cayola, L., Fuentes, A., & Jorgensen, M. (2005). Estructura y composición florística de un bosque seco subandino yungueño en el valle del Tuichi - Área Natural de Manejo Integrado Madidi. *Ecología en Bolivia*, 40(2), 1–15.

Cevallos Pincay, J. C. (2020). *Cobertura arbórea y suelo del bosque seco tropical del sector Quimís de la comuna Sancán* [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM.

http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2226/1/TESIS_CARLOS_CEVALLOS_PINCAY.pdf

Cueva, L., Lozano, P., & Yanguana, M. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Gayana Botánica*, 76(3), 365–377.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002019000300365

FAO. (2019). *Propiedades químicas*. Portal de suelos de la FAO. <https://bit.ly/2DOskQv>

- Ferrufino-Acosta, L., Cruz, S. Y., Mejía-Ordóñez, T., Rodríguez, F., Escoto, D., Sarmiento, E., & Larkin, J. L. (2019). Composición, estructura y diversidad florística del bosque seco en el Valle de Agalta, Honduras. *Madera y Bosques*, 25(2), 1–15.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712019000200213&script=sci_abstract&tlng=pt
- Gálvez Gamarra, M. E. (2012). *Composición florística, estructura y diversidad del bosque seco Chiquiacc* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Gonzáles Mantilla, G., & Neri, J. (2015). *El bosque seco del Perú: Diagnóstico y perspectivas para su conservación y manejo sostenible*. Sociedad Peruana de Ecodesarrollo.
- Guerrera Pinedo, C. V. (2018). *Tamaño mínimo de unidad muestral para inventarios forestales en el distrito de Alto Manay, Loreto – Perú – 2014* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.
https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5921/Claudia_tesis_titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herazo, V. F., Mercado, G. J., & Mendoza, C. H. (2017). Estructura y composición florística del bosque seco tropical en los Montes de María (Sucre-Colombia). *Ciencia en Desarrollo*, 8(1), 71–82.
- Herrera, K., Wong, I., & Núñez, E. (2017). *Fauna de los bosques secos de Piura: Especies claves y amenazadas* [Ponencia]. I Congreso Regional Forestal del Bosque Seco, Piura, Perú.
- Laboratorio Fertibox. (2019). *El exceso de sales en suelos y plantas*. Fertibox.
<https://www.fertibox.net/single-post/exceso-sales-en-suelos-y->

plantas#:~:text=Las%20sales%20presentes%20en%20suelos,de%20salinidad%3A%20natural%20y%20adquirida

Lemos, V. L., & González, A. M. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*, 18(1), 71–85.

Linares, P. R. (2004, enero). *Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/262102957_Los_BosquesTropicales_Estacionalmente_Secos_I_El_concepto_de_los_bosques_secos_en_el_Peru

López, M., & Estrada, H. (2015). Propiedades del suelo. *Bioagrociencias*, 8(1), 3–11.

Melo, C. O., & Vargas, R. R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Universidad del Tolima.

Mendoza, R. B., & Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para muestreo de suelos*. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

Mera Paredes, L. (2017). *Estructura horizontal y valoración económica de la madera de las especies comerciales de la PCA 01 de la concesión forestal 16-may/c-d-016-14, Río Mazán, Loreto. 2015* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5200/TESIS-%20LENNIN%20MERA%20PAREDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Ministerio del Ambiente.

Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G.,

Lamoreux, J., & Fonseca, G. A. B. da. (2005). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX.

Murillo Chávez, R., & Puente Bello, L. E. (2022). *Estructura horizontal de un bosque*

secundario en el Centro de Capacitación e Investigación Forestal, Macuya –

Pucallpa, 2018 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú].

Repositorio Institucional UNCP.

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7907/14-](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7907/14-T010_43683858_T.pdf?sequence=1)

[T010_43683858_T.pdf?sequence=1](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7907/14-T010_43683858_T.pdf?sequence=1)

PEOT. (2015). *Plan operativo institucional*. PEOT.

https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/13473/PLAN_13473_2015_MOP_COMPLETO.PDF

Sánchez Córdova, D. V., Silva González, L., Murillo Domen, Y. S., & Huamán Mera, A.

(2021). Influencia del pH y sales del suelo en la estructura y composición de un

bosque tropical estacionalmente seco del Perú. *Revista Científica Pakamuros*, 9(4),

148–159. <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/244/314>

Sierra, C. A., Del Valle, J. I., & Orrego, S. A. (2007). *Biomasa, carbono y dinámica de*

crecimiento de bosques tropicales secos. Instituto de Investigación de Recursos

Biológicos Alexander von Humboldt.

Toala Gutiérrez, J. A. (2021). *Composición arbórea y suelo del bosque seco tropical en La*

Pila Vieja, comuna Sancán [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del Sur de

Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3026/1/TESIS%20FINAL%20EMPASTE%20JOHAN%20ANDRES%20TOALA%20GUTIERREZ%20-%20Ultima.pdf>

Vásquez Díaz, J. K. (2021). *Descripción de la estructura de dos tipos de bosque seco en el ámbito del proyecto de irrigación Olmos – Lambayeque, 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4356/T016_70780301_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zamora Ávila, J. (2010). *Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://core.ac.uk/download/pdf/60991546.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Cadena de custodia de muestras de suelo

Proyecto: Tesis en el Proyecto Olmos

Tesista: Henry Sarmiento Castillo

Contacto: Henry Sarmiento Castillo

Celular: 950819608

Email: henry.sarmiento.castillo@gmail.com

Tipo de Análisis: Caracterización

Lugar: Olmos Distrito: Olmos, Provincia: Lambayeque, Departamento: Lambayeque

Muestreado por: Henry Sarmiento Castillo

Calicata	Muestra	Fecha de Muestreo	Tipo de Análisis
P1	P1(1)	04-03-2023	Caracterización
	P1(2)	04-03-2023	Caracterización
P2	P2(1)	04-03-2023	Caracterización
	P2(2)	04-03-2023	Caracterización
P3	P3(1)	04-03-2023	Caracterización
	P3(2)	04-03-2023	Caracterización
P4	P4(1)	04-03-2023	Caracterización
	P4(2)	04-03-2023	Caracterización
P5	P5(1)	04-03-2023	Caracterización
	P5(2)	04-03-2023	Caracterización
P6	P6(1)	05-03-2023	Caracterización
	P6(2)	05-03-2023	Caracterización
P7	P7(1)	05-03-2023	Caracterización
	P7(2)	05-03-2023	Caracterización
P8	P8(1)	05-03-2023	Caracterización
	P8(2)	05-03-2023	Caracterización

Son 16 muestras para análisis de caracterización.

Henry William Sarmiento Castillo

Anexo 2: Certificado de análisis de suelos (Caracterización)

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante : HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO

Proyecto : TESIS EN EL BOSQUE SECO DE LA ZONA DE OBRAS DEL PROYECTO IRRIGACIÓN OLMOS

Departamento: LAMBAYEQUE

Distrito : OLMOS

Referencia : H.R. 79125-026C-23

Fact.: 9767

Provincia : LAMBAYEQUE

Predio :

Fecha : 16/03/2023

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Densidad Aparente	Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla				Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
								%	%	%	g/cm ³			meq/100g							
1428	P1(1)	6.89	0.23	0.00	1.23	26.8	670	42	38	20	1.40	Fr.	9.28	6.92	1.04	0.94	0.08	0.00	8.98	8.98	97
1429	P1(2)	6.64	1.64	0.00	0.27	17.5	511	34	32	34		Fr.Ar.	10.40	7.57	1.35	0.71	0.33	0.00	9.96	9.96	96
1430	P2(1)	7.16	1.12	0.00	2.19	19.0	302	92	2	6	1.65	A.	5.60	3.58	1.43	0.52	0.07	0.00	5.60	5.60	100
1431	P2(2)	7.02	0.26	0.00	0.03	1.3	28	96	0	4		A.	2.40	1.62	0.63	0.04	0.11	0.00	2.40	2.40	100
1432	P3(1)	7.66	0.33	0.09	0.03	9.0	251	88	6	6	1.55	A. Fr.	4.16	2.57	0.97	0.58	0.03	0.00	4.16	4.16	100
1433	P3(2)	7.34	0.11	0.00	0.03	3.0	175	94	0	6		A.	3.84	2.41	0.99	0.40	0.03	0.00	3.84	3.84	100
1434	P4(1)	6.98	0.08	0.00	0.03	5.0	162	96	0	4	1.70	A.	4.00	3.00	0.64	0.35	0.01	0.00	4.00	4.00	100
1435	P4(2)	6.98	0.06	0.00	0.03	2.5	123	94	0	6		A.	3.52	2.53	0.67	0.29	0.03	0.00	3.52	3.52	100
1436	P5(1)	7.11	0.14	0.09	0.03	8.3	186	94	0	6	1.67	A.	4.48	3.29	0.76	0.41	0.02	0.00	4.48	4.48	100
1437	P5(2)	7.07	0.12	0.00	0.03	2.8	168	92	2	6		A.	4.80	3.73	0.67	0.38	0.01	0.00	4.80	4.80	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. =
Arcilloso

Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

ANÁLISIS DE SUELOS: CARACTERIZACIÓN

Solicitante : HENRY WILLIAM SARMIENTO CASTILLO
 Proyecto : TESIS EN EL BOSQUE SECO DE LA ZONA DE OBRAS DEL PROYECTO IRRIGACIÓN OLMOS

Departamento: LAMBAYEQUE
 Distrito : OLMOS
 Referencia : H.R. 79125-026C-23

Fact.: 9767

Provincia : LAMBAYEQUE
 Predio :
 Fecha : 16/03/2023

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Densidad Aparente	Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla				Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
								%	%	%				meq/100g							
1438	P6(1)	7.16	0.14	0.00	0.03	9.7	187	94	0	6	1.67	A.	4.00	2.75	0.76	0.48	0.01	0.00	4.00	4.00	100
1439	P6(2)	7.07	0.06	0.00	0.03	3.6	138	94	0	6		A.	4.32	3.25	0.74	0.32	0.01	0.00	4.32	4.32	100
1440	P7(1)	7.12	0.10	0.09	0.03	7.3	145	96	0	4	1.70	A.	4.48	3.42	0.74	0.31	0.01	0.00	4.48	4.48	100
1441	P7(2)	7.25	0.05	0.00	0.03	5.0	154	96	0	4		A.	4.80	3.73	0.69	0.37	0.01	0.00	4.80	4.80	100
1442	P8(1)	6.94	0.23	0.00	0.21	8.4	162	94	0	6	1.67	A.	4.32	3.30	0.66	0.35	0.01	0.00	4.32	4.32	100
1443	P8(2)	7.21	0.08	0.09	0.03	4.2	140	96	0	4		A.	6.08	5.08	0.66	0.34	0.01	0.00	6.08	6.08	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ;
 Ar. = Arcilloso

Dr. Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Anexo 3: Descripción de Perfiles de Suelos

2.1. Ubicación de Perfiles Modales

UBICACIÓN DE PERFILES				
Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Fecha de muestreo
	Este (m)	Norte (m)		
P1	643 635	9 339 061	244	06-03-2023
P2	634 761	9 334 634	138	06-03-2023
P3	620 779	9 330 608	152	06-03-2023
P4	621 700	9 329 547	153	06-03-2023
P5	621 129	9 328 973	137	06-03-2023
P6	621 699	9 328 976	143	06-03-2023
P7	622 271	9 328 976	152	06-03-2023
P8	621 703	9 328 404	135	06-03-2023
Fuente: Elaboración propia, SARMIENTO (2023)				
Datum de Referencia: WGS84				

2.2. Descripción de Perfiles Modales

Calicata P1

Ubicación	Sector Toma La Juliana
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Regosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Ladera suave.
Microrelieve	Ondulado suave.
Vegetación	Overo y faique.
Altitud	244 m s. n. m
Coordenadas UTM	643646 metros Este y 9 339035 metros Norte
Material Parental	Depósitos de material detrítico grueso de areniscas
Textura	Media
Drenaje natural	Bueno
Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Fuertemente inclinada (13%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Ligeramente gravosos en el perfil
Pedreg. Superficial	Ligeramente pedregosos (3%)
Erosión Hídrica	Moderada
Salinidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 –23 cm.	Horizonte de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura franco; de estructura bloques subangulares, finos y medios, grado moderado; consistencia firme en húmedo y ligeramente adhesivo en mojado; reacción neutro (pH:6,89); nivel bajo de materia orgánica (MO: 1,23 %); altos en fósforo disponible (P: 26,8 ppm); altos en potasio disponible (K: 670 ppm); nivel bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 9,28 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 97 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 me/100g); no salino

	(CE: 0,23 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, pobre actividad biológica; presencia de gravillas de cuarcitas 10 %; límite gradual suave.
BC23 –46 cm	Horizonte transicional entre B y C, con características de ambos, pero que no se puede diferenciar ni como B ni como C; constituido por más de 60 % de gravillas de cuarcitas más escaso suelo; de textura franco arcilloso; reacción neutro (pH:6,64); nivel bajo de materia orgánica (MO: 0,27 %); altos en fósforo disponible (P: 17,5 ppm); altos en potasio disponible (K: 511 ppm); nivel bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 10,40 me/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 53 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 1,64 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte sin raíces, pobre actividad biológica; límite claro suave.
C 46 -70 cm a más	Horizonte constituido por gravas y gravillas de areniscas y cuarcitas bastante compactas y duras; sin raíces; no se observa actividad biológica.

Calicata P2

Ubicación	Sector Miraflores
Soil Taxonomy	Orden: Aridisoles; Sub Orden: Cambids; Gran Grupo: Haplocambids; Sub Grupo: Typic Haplocambids.
Clasificación FAO	Fluvisoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y clima. F2sc.
Fisiografía	Planicie.
Microrelieve	Microaccidentado.
Vegetación	Faique.
Altitud	138 m s. n. m.
Coordenadas UTM	634761 metros Este y 9 334634 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Neutro

Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Gravosos en el perfil
Pedreg. Superficial	Moderadamente pedregosos (3%)
Erosión Hídrica	Moderada
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 – 22 cm.	Horizonte de color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; textura arenoso; de estructura grano simple; consistencia muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,16); nivel medio en materia orgánica (MO: 2,19 %); altos en fósforo disponible (P: 19,0 ppm); niveles altos en potasio disponible (K: 302 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 5,60 me/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 1.12 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con buen desarrollo de raíces finas y medias, pobre actividad biológica; abundantes gravillas de areniscas y materiales volcánicos; límite difuso suave.
C1 22-41 cm.	Horizonte constituido por gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; textura arenosa; de estructura en grano simple; consistencia muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,02); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 1,3 ppm); bajos en potasio disponible (K: 28 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 2,40 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0.26 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; escasas raíces finas; pobre actividad biológica; límite difuso suave.
C2 41-75 cm.	Horizonte constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; con escasa raíces del faique, no se observa actividad biológica; límite difuso suave.

C3 75-106 cm.	Horizonte constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica y areniscas; húmedo y con presencia de moteaduras, con escasa raíces del faique, no se observa actividad biológica; límite difuso suave.
C4 106-130 cm.	Horizonte podrido totalmente geyficado, de color verdoso y olor fétido; constituido por abundantes gravillas de naturaleza volcánica; con escasa raíces, no se observa actividad biológica.

Calicata P3

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.
Microrelieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, overo y faique.
Altitud	244 m s. n. m.
Coordenadas UTM	643646 metros Este y 9 339035 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Ligeramente alcalino
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil
Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación

Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 – 40 cm.	Horizonte de color pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo; textura arena franca; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción ligeramente alcalino (pH: 7,66); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 9,0 ppm); altos en potasio disponible (K: 251 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4.16 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,33 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, no se observa actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C1 40-89 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 3,95); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 3,0 ppm); medios en potasio disponible (K: 175 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 3,84 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,11 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces gruesas de los arbustos como el palo verde, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 89-125 cm. a más	Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Calicata P4

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.

Microrelieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, zapote, algarrobo y faique.
Altitud	153 m s. n. m.
Coordenadas UTM	621699 metros Este y 9 329547 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil
Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 –32 cm.	Horizonte de color pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 6,98); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 5,0 ppm); medios en potasio disponible (K: 162 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,00 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,08 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.

C1 32-91 cm.	Horizonte de color pardo (10YR 5/3) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 6,98); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 2,5 ppm); medios en potasio disponible (K: 123 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 3,52 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,06 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces finas, no se observa actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 91-120 cm. a más	Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Calicata P5

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.
Microrelieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.
Altitud	137 m s, n. m.
Coordenadas UTM	621129 metros Este y 9 328972 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil

Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 –31 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,11); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 8,3 ppm); medios en potasio disponible (K: 186 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,48 meq/100g); nivel bajo en calcáreo total (CaCO_3 : 0,09 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,14 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C1 31-80 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,07); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 2,8 ppm); medios en potasio disponible (K: 168 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,80 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,12 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces finas que llegan hasta los 45 cm de profundidad, escasa actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 80-120 cm. a más	Horizonte constituido por arenas amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Calicata P6

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.

Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.
Micro relieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.
Altitud	143 m s. n. m.
Coordenadas UTM	621699 metros Este y 9 328976 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil
Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 –30 cm.	Horizonte de color pardo (10YR 5/3) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,16); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 9,7 ppm); medios en potasio disponible (K: 187 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,00 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO ₃ : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,14 dS/m), la razón de absorción de sodio

	(RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas y medias, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C1 30-80 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,07); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 3,6 ppm); medios en potasio disponible (K: 138 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,32 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00%); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,06 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces finas que llegan hasta los 40 cm de profundidad, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 80-130 cm. a más	Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Calicata P7

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.
Microrelieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.
Altitud	152 m s. n. m.
Coordenadas UTM	622271 metros Este y 9 328976 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo

Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil
Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja
A1 00 –29 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,12); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); medios en fósforo disponible (P: 7,3 ppm); medios en potasio disponible (K: 145 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,48 meq/100g); nivel bajo de calcáreo total (CaCO_3 : 0,09 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,10 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C1 29-82 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,25); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 5,0 ppm); medios en potasio disponible (K: 154 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,80 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,05 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces finas que llegan hasta los 50 cm de profundidad, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 82-130 cm. a más	Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Calicata P8

Ubicación	Sector Palo Verde
Soil Taxonomy	Orden: Entisoles; Sub Orden: Orthents; Gran Grupo: Torriorthents; Sub Grupo: Typic Torriorthents.
Clasificación FAO	Arenosoles
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Producción Forestal, de baja calidad agrológica, con limitaciones de suelo y clima. F3sc.
Fisiografía	Planicie.
Microrelieve	Plano.
Vegetación	Zapote, palo verde, overo, vichayo y faique.
Altitud	135 m s. n. m.
Coordenadas UTM	621702 metros Este y 9 328404 metros Norte
Material Parental	Depósitos aluviales
Textura	Gruesa
Drenaje natural	Excesivo
Reacción del suelo	Neutro
Pendiente	Plana a ligeramente inclinada (4%)
Profundidad efectiva	Moderadamente profundos
Fragmentos rocosos	Sin fragmentos gruesos en el perfil
Pedreg. Superficial	Libre de piedras en superficie
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	No salino
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Clima	Árido templado cálido
Zona de vida	Matorral desértico Premontano Tropical (md-PT)
Fertilidad del Suelo	Baja

A1 00 –27 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arena; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 6,94); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,21 %); medios en fósforo disponible (P: 8,4 ppm); medios en potasio disponible (K: 162 ppm); nivel muy bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 4,32 meq/100g); sin calcáreo total (CaCO_3 : 0,00 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,23 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escaso desarrollo de raíces finas, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C1 27-82 cm.	Horizonte de color pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo; textura arenosa; de estructura grano simple; consistencia suelto en seco, muy friable en húmedo y no adhesivo en mojado; reacción neutro (pH: 7,21); nivel bajo en materia orgánica (MO: 0,03 %); bajos en fósforo disponible (P: 4,2 ppm); medios en potasio disponible (K: 140 ppm); nivel bajo en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 6,08 meq/100g); nivel bajo en calcáreo total (CaCO_3 : 0,09 %); saturación de bases alta (SB: 100 %); no presenta problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0,00 meq/100g); no salino (CE: 0,08 dS/m), la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; horizonte con escasas raíces finas que llegan hasta los 48 cm de profundidad, pobre actividad biológica; sin fragmentos gruesos; límite difuso suave.
C2 82-130 cm. a más	Horizonte constituido por arenas pardo amarillentas; sin raíces; sin fragmentos gruesos; no se observa actividad biológica.

Anexo 4: Escalas para Interpretación de Datos

Interpretación de la textura del suelo ¹

TEXTURA		
Grupos Texturales		Clase textural
Símbolo	Grupos	
G	Gruesa	Arena Arena franca
MG	Moderadamente Gruesa	Franco arenoso
M	Media	Franco Franco limoso Limoso
MF	Moderadamente Fina	Franco arcilloso Franco arcillo limoso Franco arcillo arenoso
F	Fina	Arcillo arenoso Arcillo limoso Arcilloso

Porcentaje de saturación de bases²

Nivel	Suma de cationes	Acetato de amonio
Bajo	Menor de 35	Menor de 50
Alto	Mayor de 35	Mayor de 50

¹ Reglamento de Clasificación de Tierras por Uso Mayor D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

² Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Profundidad Efectiva¹

Término descriptivo	Rango (cm.)
Muy superficial	< de 25
Superficial	25 - 50
Moderadamente Profundo	50 – 100
Profundo	100 – 150
Muy profundo	> de 150

Pendiente¹

Símbolo	Rango de Pendiente (%)	Término descriptivo
A	0-4	Plana a ligeramente inclinada
B	4-8	Moderadamente inclinada
C	8-15	Fuertemente inclinada
D	15-25	Moderadamente empinada
E	25-50	Empinada
F	50-75	Muy empinada
G	>75	Extremadamente empinada

Reacción del suelo¹

Término descriptivo	Rango (pH)
Ultra ácida	< de 3,5
Extremadamente ácida	3,6 – 4,4
Muy fuertemente ácida	4,5 – 5,0
Fuertemente ácida	5,1 – 5,5
Moderadamente ácida	5,6 – 6,0
Ligeramente ácida	6,1 – 6,5
Neutra	6,6 – 7,3
Ligeramente alcalina	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalina	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalina	8,5 – 9,0
Muy fuertemente alcalina	> 9,0

Contenido de materia orgánica ¹

Nivel	Contenido (%)
Bajo	< de 2
Medio	2 – 4
Alto	> de 4

Contenido de Nitrógeno disponible²

Nivel	Contenido (%)
Bajo	< de 0,10
Medio	0,10 – 0,20
Alto	> de 0,20

Reglamento de Clasificación de Tierras por Uso Mayor D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

² Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Contenido de Fósforo disponible ¹

Nivel	Contenido (ppm)
Bajo	menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	mayor de 14

Contenido de Potasio disponible ¹

Nivel	Contenido (ppm)
Bajo	< 100
Medio	100 - 240
Alto	> 240

Contenido de Carbonato de Calcio ²

Nivel	Contenido (%)
Bajo	< de 1,0
Medio	1,0 – 5,0
Alto	5,0 – 15,0

Capacidad de Intercambio Catiónico ²

Nivel	cmol (+) / kg de suelo
Muy Bajo	< de 6
Bajo	6 - 12
Medio	12 - 14
Alto	> de 14

Reglamento de Clasificación de Tierras por Uso Mayor D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

² Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Equivalencia de drenaje¹

Símbolo	Clase
A	Excesivo
B	Algo excesivo
C	Bueno
D	Moderado
E	Imperfecto
F	Pobre
G	Muy pobre

Salinidad y/o Sodicidad¹

Símbolo	Clase	Salinidad (dS/m)
0	No salino	Menor de 2
1	Muy ligeramente salino	2 - 4
2	Ligeramente salino	4 - 8
3	Moderadamente salino	8 - 16
4	Fuertemente salino	> 16

Anexo 5: Métodos de Análisis de Suelos¹

4.1 Análisis de Caracterización de Suelos

Parámetros	Unidades	Metodología
Análisis textural	% de arena, arcilla y limo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	Extracto de saturación y lectura con celda eléctrica.
Reacción o pH en agua.	pH	Potenciómetro, relación suelo-agua 1:1
Aluminio cambiante (Al)	meq. Al/100 g	Método de Yuan, extracción con KCl 1N
Calcáreo total	%	Método gaso-volumétrico
Materia orgánica	%	Walkley y Black. % MO = % C x 1.724
Capacidad de intercambio Catiónico	meq. /100 g	Acetato de amonio 1N, pH 7,0
Cationes cambiables Calcio Magnesio Potasio Sodio	meq. /100 g	Determinados en el extracto de acetato de amonio 1N, pH 7,0 mediante Fotometría de Absorción Atómica.
Fósforo disponible	ppm de P	Olsen (Extracción con Bicarbonato de sodio pH 8,5)
Potasio disponible	ppm de K	Morgan y Fotometría de Absorción Atómica

Anexo 6. Panel Fotográfico

Fotografía 1. Calicata P1		Fotografía 2. Paisaje Calicata P1
		
Altitud: 244 m s.n.m.	Ubicación: Toma La Juliana	Coordenadas UTM: 643 635 metros Este y 9 339 061 metros Norte

Fotografía 3. Calicata P2		Fotografía 4. Paisaje Calicata P2
		
Altitud: 138 m s.n.m.	Ubicación: Sector Miraflores	Coordenadas UTM: 634 761 metros Este y 9 334 634 metros Norte

Fotografía 5. Calicata P3		Fotografía 6. Paisaje Calicata P3
		
Altitud: 152 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 620 779 metros Este y 9 330 608 metros Norte

Fotografía 7. Calicata P4		Fotografía 8. Paisaje Calicata P4
		
Altitud: 153 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 621 700 metros Este y 9 329 547 metros Norte.

Fotografía 9. Calicata P5		Fotografía 10. Paisaje Calicata P5
		
Altitud: 137 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 621 129 metros Este y 9 328 973 metros Norte

Fotografía 11. Calicata P6		Fotografía 12. Paisaje Calicata P6
		
Altitud: 143 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 621 699 metros Este y 9 328 976 metros Norte

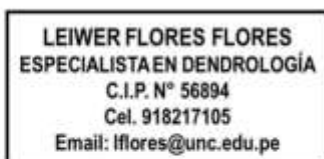
Fotografía 13. Calicata P7	Fotografía 14. Paisaje Calicata P7
	
Altitud: 152 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde
Coordenadas UTM: 622 271 metros Este y 9 328 976 metros Norte	

Fotografía 15. Calicata P8	Fotografía 16. Paisaje Calicata P8
	
Altitud: 135 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde
Coordenadas UTM: 621 703 metros Este y 9 328 404 metros Norte	

Fotografía 17. Maestría evaluando la vegetación presente en la calicata		Fotografía 18. Construcción de calicatas con presencia del asesor M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo
		
Altitud: 152 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 622 271 metros Este y 9 328 976 metros Norte

Fotografías 19 y 20. Evaluación del perfil del suelo con presencia del asesor M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo		
		
Altitud: 135 m s.n.m.	Ubicación: Sector Palo Verde	Coordenadas UTM: 621 703 metros Este y 9 328 404 metros Norte

Anexo 7. Certificado de identificación de especies



LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894, ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

Que, **Henry William Sarmiento Castillo**, alumno de la Escuela Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, con fines de investigación de tesis, titulada: **INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE SECO DE LA ZONA DE OBRAS DEL PROYECTO DE IRRIGACIÓN OLMOS, 2022**, ha solicitado la identificación y certificación botánica de seis especímenes de plantas, provenientes del Bosque Seco, del distrito de Olmos, región Lambayeque. Las muestras han sido estudiadas e identificadas. Según la base de datos de W³Tropicos.org del Missouri Botanical Garden que utiliza el sistema moderno de clasificación de las angiospermas (APG IV). Comparado con el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981), a nivel de la categoría sistemática especie y familia, que se indican en la tabla a continuación:

N°	Nombre científico	Nombre común	Familia - Sistema Cronquist 1981	Familia - Sistema APG IV - 2016
1	<i>Capparis avicennifolia</i> Kunth	Vichayo	Capparaceae	Capparaceae
2	<i>Capparis scabrida</i> Kunth	Sapote	Capparaceae	Capparaceae
3	<i>Cordia lutea</i> Lam.	Overo	Boraginaceae	Cordiaceae
4	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins	Palo verde	Caesalpiniaceae	Fabaceae
5	<i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth	Algarrobo	Mimosaceae	Fabaceae
6	<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Faique, huarango	Mimosaceae	Fabaceae

Jaén, 15 de abril del 2023.

Ing. M. Cs. LEIWER FLORES FLORES
Especialista en Dendrología
C.I.P. N° 56894