



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A
LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL
RAMSAR ISLA SANTAY**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Trabajo de titulación presentado como requisito para
la obtención del título de

INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR (A)

TATIANA PATRICIA VERA SEGURA

TUTOR

PhD. JOSÉ IBRAHIN HERNÁNDEZ ROSAS

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **PhD. JOSÉ IBRAHIN HERNÁNDEZ ROSAS**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY**, realizado por la estudiante **TATIANA PATRICIA VERA SEGURA**; con cédula de identidad N° **094233429-3** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

PhD. José Hernández Rosas

Guayaquil, 22 de julio del 2022



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY”**, realizado por la estudiante **TATIANA PATRICIA VERA SEGURA**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

**ING. JUSSEN FACUY DELGADO
PRESIDENTE**

**ING. DIEGO MUÑOZ NARANJO
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**PhD. JOSÉ HERNÁNDEZ ROSAS
EXAMINADOR PRINCIPAL**

“Dios es nuestro ámparo y fortaleza, nuestro pronto auxilio en las tribulaciones. Por tanto, no temeremos, aunque la tierra sea removida, y se traspasen los montes al corazón del mar; aunque bramen y se turben las aguas, y tiemblen los montes a causa de su braveza”.

Salmos 45:1-3

Dedicatoria

A Dios por ser mi fuerza para seguir adelante.

A mis dos ángeles en el cielo; Peter Alexander (+), y Silvino Segura (+), dos hombres extraordinarios, nobles, y valientes, quienes han sido mi norte para superar la adversidad.

A mis padres; Rita Segura y Manuel Vera, y a mis hermanos; Peter, William, Enzo, Digna, Maryourie y Luis, quienes fueron y siguen siendo un pilar fundamental en mi vida.

A mi tía Elsa Segura, por todos los años que me permitió vivir junto a ella, fue la mejor compañía en el tiempo que estuve lejos de casa.

A mis amigos/as, compañeros/as y colegas; Leonela Vera, Kenia Narváez, Erika Carranza, Verónica Rodríguez, Allisson Román, Ámbar Pincay, Rosa Caicedo, Gabriel Solórzano, Miguel Palma, y Danny Crespín, por haberme brindado cosas intangibles a lo largo de este proceso; su amistad, tiempo, apoyo y consejos, Dios les bendiga y los acompañe siempre.

Agradecimiento

A mi increíble y estimado tutor de tesis el PhD. José Hernández Rosas, por su motivación, apoyo, amistad, e **INFINITA** paciencia, y por sus acertados consejos brindados a lo largo de todo el proyecto.

Al Ing. Yoansy Garcia, por sus consejos y grato acompañamiento en las actividades de laboratorio.

Al Ing. Luis Morocho por su cordialidad, ayuda desinteresada, y acompañamiento en las actividades de laboratorio.

A la Dra. Aura Sevillano por la confianza brindada, su ayuda, amabilidad, y asistencia en las actividades de laboratorio.

Al Blgo. Andrés Morán por facilitar la realización de las actividades de muestreo, y a todo el personal administrativo y guardaparques de la Isla Santay, en especial al Ing. Carlos Cruz por su amistad y ayuda desinteresada en la ejecución de las actividades de campo.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por haber contribuido en mi formación profesional y académica.

Y mi más sincero agradecimiento para mis amigos, compañeros/as de Universidad y demás personas por su colaboración en las incontables salidas de campo, y en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **TATIANA PATRICIA VERA SEGURA**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY”** para optar el título de **INGENIERA AMBIENTAL** por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 12 de septiembre del 2022

VERA SEGURA TATIANA PATRICIA
C.I. 094233429-3

Índice general

| | |
|---|-----------|
| PORTADA..... | 1 |
| APROBACIÓN DEL TUTOR | 2 |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN | 3 |
| Dedicatoria..... | 5 |
| Agradecimiento | 6 |
| Autorización de Autoría Intelectual | 7 |
| ÍNDICE GENERAL..... | 8 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 13 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 16 |
| Resumen | 16 |
| Abstract..... | 22 |
| 1. Introducción..... | 24 |
| 1.1 Antecedentes del problema | 26 |
| 1.2 Planteamiento y formulación del problema | 29 |
| 1.2.1 Planteamiento del problema | 29 |
| 1.2.2 Formulación del problema | 31 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 31 |
| 1.4 Delimitación de la investigación | 34 |
| 1.5 Objetivo general | 35 |
| 1.6 Objetivos específicos | 35 |
| 1.7 Hipótesis | 35 |
| 2. Marco teórico..... | 36 |
| 2.1 Estado del arte..... | 36 |
| 2.2 Bases teóricas | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.2 Características posicionales | 40 |
| 2.2.2.1 Ambiente Geomorfológico | 40 |
| 2.2.2.2 Ambiente Hídrico | 40 |
| 2.2.2.2.1 Drenaje..... | 40 |
| 2.2.2.3 Pedoclimáticas | 41 |
| 2.2.2.3.1 Regímenes de temperatura | 41 |
| 2.2.2.3.2 Regímenes de humedad..... | 41 |
| 2.2.3 Características morfológicas | 42 |
| 2.2.3.1 Grietas | 42 |
| 2.2.3.2 Consistencia | 42 |
| 2.2.3.3 Textura organoléptica | 43 |
| 2.2.3.4 Estructura | 43 |
| 2.2.3.5 Color | 44 |
| 2.2.3.5.1 Tono (matiz) | 45 |
| 2.2.3.5.2 Valor | 45 |
| 2.2.3.5.3 Croma..... | 45 |
| 2.2.3.6 Moteados | 46 |
| 2.2.3.7 Porosidad | 46 |
| 2.2.3.8 Horizontes | 46 |
| 2.2.3.8.1 Horizontes principales..... | 47 |
| 2.2.3.8.2 Horizontes de transición..... | 47 |
| 2.2.3.8.2 Horizontes de mezcla..... | 47 |
| 2.2.3.9 Raíces | 47 |
| 2.2.3.10 Morfones o formaciones especiales | 48 |
| 2.2.6 Características composicionales | 48 |
| 2.2.6.1 Químicas | 48 |
| 2.2.6.1.1 Capacidad de intercambio catiónico | 48 |

| | |
|--|-----------|
| | 10 |
| 2.2.6.1.2 pH | 48 |
| 2.2.6.1.3 Materia Orgánica..... | 49 |
| 2.2.2.6.4 Carbonato de calcio (CaCO ₃) | 50 |
| 2.2.6.1.5 Macronutrientes y Micronutrientes | 50 |
| 2.2.6.2 Físicas | 50 |
| 2.2.6.2.1 Densidad aparente | 50 |
| 2.2.6.2.2 Densidad real | 51 |
| 2.2.6.2.3 Humedad..... | 52 |
| 2.2.6.2.4 Textura | 52 |
| 2.2.6.2.5 Capacidad de almacenamiento de agua | 52 |
| 2.2.6.3 Biológicas | 53 |
| 2.2.6.3.1 Macrofauna | 53 |
| 2.2.6.3.2 Mesofauna..... | 53 |
| 2.2.6.3.2 Microfauna..... | 53 |
| 2.2.6.4 Mineralógicas | 53 |
| 2.3 Marco legal..... | 54 |
| 3. Materiales y métodos | 57 |
| 3.1 Enfoque de la investigación | 57 |
| 3.1.1 Tipo de investigación..... | 57 |
| 3.1.2 Diseño de investigación | 57 |
| 3.2 Metodología | 58 |
| 3.2.1 Variables | 58 |
| 3.2.1.1 Variable independiente | 58 |
| 3.2.1.2 Variable dependiente | 58 |
| 3.2.2 Tratamientos..... | 58 |
| 3.2.3 Diseño experimental | 59 |
| 3.2.4 Recursos..... | 59 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.4.2 Métodos | 60 |
| 3.2.4.2.1 Geomorfología..... | 60 |
| 3.2.4.2.2 Índice de Gaussen | 60 |
| 3.2.4.2.3 Balance hídrico..... | 60 |
| 3.2.4.2.4 Clasificación mesoclimática | 62 |
| 3.2.4.2.5 Propiedades morfológicas..... | 63 |
| 3.2.4.2.6 Propiedades composicionales | 63 |
| 3.2.4.3 Técnicas..... | 65 |
| 3.2.4.3.1 Determinación del pH (Potenciométrico) | 65 |
| 3.2.4.3.2 Determinación de la Materia orgánica (Calcinación) | 65 |
| 3.2.4.3.3 Determinación de la densidad real (Picnómetro)..... | 66 |
| 3.2.4.3.4 Determinación de la textura (Bouyoucos)..... | 67 |
| 3.2.4.3.5 Determinación de la humedad (Método gravimétrico) | 69 |
| 3.2.4.3.6 Determinación de Fósforo (Murphy-Riley) | 70 |
| 3.2.4.3.7 Determinación de Azufre (Turbidimétrico) | 71 |
| 3.2.4.3.8 Determinación de Nitrógeno (Nitrógeno Total Kjeldhal) | 72 |
| 3.2.4.3.9 Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua | 73 |
| 3.2.4.3.10 Determinación de las Características morfológicas..... | 74 |
| 3.2.5 Análisis estadístico..... | 75 |
| 3.2.5.1 Análisis de varianza (ANOVA) unifactorial | 75 |
| 3.2.5.2 Prueba de Tukey-Kramer..... | 76 |
| 4. Resultados..... | 77 |
| 4.1 Determinación de las características posicionales mediante | |
| descripción de campo y revisión bibliográfica..... | 77 |
| 4.1.1 Aspectos Geomorfológicos de la Isla Santay..... | 77 |
| 4.1.1.1 Climatología..... | 82 |
| 4.1.1.1.1 Sistema bioclimático de Gaussen..... | 82 |
| 4.1.1.2 Balance Hídrico | 85 |

| | |
|---|------------|
| 4.1.1.3 Clasificación mesoclimática | 91 |
| 4.1.1.5 Ambiente hídrico | 92 |
| 4.1.1.6 Régimen de temperatura (USDA)..... | 94 |
| 4.1.1.7 Régimen de humedad (USDA) | 94 |
| 4.1.1.7.1 Régimen de humedad Acuico | 94 |
| 4.1.1.7.2 Régimen de humedad Údico..... | 98 |
| 4.2 Obtención de las características morfológicas mediante levantamiento de calicatas y descripción de campo | 99 |
| 4.2.3 Características morfológicas del suelo del Bosque Seco..... | 99 |
| 4.2.2 Características morfológicas del suelo del Bosque Palmar muy denso | 103 |
| 4.2.1 Características morfológicas del suelo del Bosque Manglar..... | 106 |
| 4.3 Análisis de las características composicionales mediante protocolo de laboratorio..... | 108 |
| 4.4 Análisis estadístico | 112 |
| 4.4.1 Análisis de varianza (ANOVA)..... | 112 |
| 4.4.2 Tukey..... | 116 |
| 5. Discusión | 123 |
| 6. Conclusiones..... | 139 |
| 7. Recomendaciones..... | 140 |
| 9. Anexos | 165 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Tratamientos y repeticiones por cada parcela experimental | 59 |
| Tabla 2. Índices y subíndices para la clasificación del mesoclima | 62 |
| Tabla 3. Factores para la corrección de la densidad del agua..... | 67 |
| Tabla 4. Factores de corrección de la temperatura..... | 68 |
| Tabla 5. Características composicionales..... | 75 |
| Tabla 6. Relieves de la Cuenca del Guayas | 81 |
| Tabla 7. Índices para la clasificación mesoclimática | 91 |
| Tabla 8. Régimen de temperatura (USDA) | 94 |
| Tabla 9. Cuadrados medios del ANOVA de las características composicionales de las tres parcelas experimentales | 113 |
| Tabla 10. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo | 183 |
| Tabla 11. Clases de Drenaje..... | 183 |
| Tabla 12. Regímenes de temperatura..... | 184 |
| Tabla 13. Condiciones para determinar el régimen de temperatura | 185 |
| Tabla 14. Regímenes de humedad | 186 |
| Tabla 15. Consistencia del suelo en función del grado de plasticidad | 186 |
| Tabla 16. Determinación de la textura organoléptica | 187 |
| Tabla 17. Tipos de estructura del suelo de acuerdo a su forma..... | 188 |
| Tabla 18. Clasificación de la abundancia de los moteados..... | 189 |
| Tabla 19. Clases de tamaños de los poros | 189 |
| Tabla 20. Descripción de las capas y los horizontes principales..... | 189 |
| Tabla 21. Clasificación del tamaño de las raíces | 190 |
| Tabla 22. Clasificación de la cantidad de raíces | 190 |
| Tabla 23. Elementos de los nutrientes esenciales y sus fuentes | 190 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 24. Clasificación textural | 191 |
| Tabla 25. Presupuesto | 192 |
| Tabla 26. Síntesis de las regiones bioclimáticas de Gausсен y su relación con otras denominaciones | 193 |
| Tabla 27. Temperatura mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1969-1994)..... | 194 |
| Tabla 28. Temperatura mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1995-2019)..... | 195 |
| Tabla 29. Precipitación mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1969-1994)..... | 196 |
| Tabla 30. Precipitación mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1995-2019)..... | 197 |
| Tabla 31. Factor de corrección F por duración media de las horas del sol | 198 |
| Tabla 32. Cálculo del índice de humedad | 199 |
| Tabla 33. Índices de variación estacional de la humedad..... | 199 |
| Tabla 34. Tipos de climas según el índice de eficiencia térmica..... | 200 |
| Tabla 35. Concentración de la eficacia térmica en verano..... | 200 |
| Tabla 36. Ficha de muestreo de Suelo en campo..... | 201 |
| Tabla 37. Criterios para la evaluación de suelos respecto a su pH..... | 202 |
| Tabla 38. Clase de Efervescencia..... | 202 |
| Tabla 39. Balance hídrico de las comunidades vegetales con diferente capacidad de almacenamiento de agua..... | 203 |
| Tabla 40. Ficha morfológica del suelo del Bosque Seco..... | 204 |
| Tabla 41. Ficha morfológica del suelo Bosque Palmar muy denso..... | 205 |
| Tabla 42. Ficha morfológica del suelo del Bosque manglar | 206 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 43. Puntos de muestreo del Bosque Manglar | 207 |
| Tabla 44. Puntos de muestreo del bosque Palmar muy denso..... | 208 |
| Tabla 45. Puntos de muestreo del Bosque Seco | 209 |
| Tabla 46. Datos de interpretación para análisis de suelos..... | 210 |
| Tabla 47. Cuadro resumen de las características morfológicas..... | 211 |
| Tabla 48. Sistema Munsell y atributos cromáticos de las tres parcelas experimentales..... | 212 |
| Tabla 49. Cuadro resumen (características composicionales) 0-20 cm..... | 213 |
| Tabla 50. Cuadro resumen (características composicionales) 20-40 cm... | 214 |
| Tabla 51. Diferencia de medias entre las características composicionales (propiedades físicas y químicas) de las tres parcelas experimentales..... | 215 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo para la determinación de las características posicionales, morfológicas y composicionales de la Isla Santay..... | 64 |
| Figura 2. Metodología para la determinación del pH..... | 65 |
| Figura 3. Metodología para la determinación de materia orgánica | 65 |
| Figura 4. Metodología para la determinación de la densidad real..... | 66 |
| Figura 5. Metodología para la determinación de la textura | 67 |
| Figura 6. Metodología para la determinación de la humedad | 69 |
| Figura 7. Metodología para la determinación de Fósforo..... | 70 |
| Figura 8. Metodología para la determinación de Azufre..... | 71 |
| Figura 9. Metodología para la determinación de Nitrógeno por digestión | 72 |
| Figura 10. Metodología para la destilación de NH_3 y determinación de Nitrógeno por titulación | 72 |
| Figura 11. Metodología para la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua..... | 73 |
| Figura 12. Metodología para la determinación de las características morfológicas..... | 74 |
| Figura 13. Mapa geológico de las formaciones Cayo y Guayaquil..... | 78 |
| Figura 14. Diagrama ombrotérmico de Gausen para la ciudad de Guayaquil (1969 – 2019)..... | 82 |
| Figura 15. Balance Hídrico para el Bosque Seco con CAA de 86,54 mm.... | 88 |
| Figura 16. Balance Hídrico para el Bosque Palmer muy denso con CAA de 91,37 mm | 89 |
| Figura 17. Balance Hídrico para el Bosque manglar con CAA de 68,93 mm | 90 |
| Figura 18. Evidencia de hidromorfismo en la Isla Santay | 92 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19. Vegetación asociada a suelos de bajo nivel de humedad..... | 93 |
| Figura 20. Moteados y condición de hidromorfismo (horario de marea alta) | 95 |
| Figura 21. Vegetación hidrófita en condición de hidromorfismo..... | 96 |
| Figura 22. Bosque Seco..... | 98 |
| Figura 23. Delimitación de horizontes y descripción morfológica (Bosque Seco)..... | 100 |
| Figura 24. Elementos gruesos (>2 mm)..... | 101 |
| Figura 25. Raíces Del primer horizonte (Bosque Seco) (B) Raíces del segundo horizonte (C) Moteados de tonalidad naranja (D) Moteados rojizos | 102 |
| Figura 26 (A) Bosque palmar muy denso (B) Delimitación de horizontes y descripción morfológica | 104 |
| Figura 27. Moteados de tonalidad rojiza y raíces del primer horizonte (Bosque Palmar muy denso)..... | 105 |
| Figura 28. Delimitación de horizontes y descripción morfológica (B) Fauna asociada al bosque manglar (C) Moteados de tonalidad naranja | 107 |
| Figura 29. Características composicionales de las tres parcelas experimentales (Propiedades físicas) | 108 |
| Figura 30. Características composicionales de las tres parcelas experimentales (Propiedades químicas)..... | 109 |
| Figura 31. Diagrama de cajas para las características composicionales (propiedades físicas)..... | 117 |
| Figura 32. Diagrama de cajas para las características composicionales (propiedades químicas)..... | 118 |
| Figura 33. Ubicación espacial de las comunidades vegetales del humedal Ramsar Isla Santay..... | 165 |

| | |
|---|-----|
| Figura 34. Ubicación de los 19 Sitios Ramsar a Nivel Nacional..... | 166 |
| Figura 35. Diseño de muestreo aleatorio completamente al azar | 166 |
| Figura 36. Triángulo para la determinación de las clases texturales..... | 167 |
| Figura 37. Libro Munsell para la identificación de los colores del suelo..... | 167 |
| Figura 38. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque abierto disperso (Bosque Seco)..... | 168 |
| Figura 39. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque palmar muy denso..... | 169 |
| Figura 40. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque Manglar | 170 |
| Figura 41 Características morfológicas de las tres parcelas..... | 171 |
| Figura 42. (A) Identificación de colores (Tabla de colores Munsell) (B) Identificación de moteados (Tabla de colores Munsell) (C) Determinación de la textura organoléptica | 172 |
| Figura 43. Etiquetado y recolección de muestras | 172 |
| Figura 44. Recolección de muestras a dos niveles de profundidad (0-20; 20- 40 cm)..... | 173 |
| Figura 45. Etiquetado de muestras | 173 |
| Figura 46. Toma de coordenadas | 174 |
| Figura 47. (A) Secado de muestras (B) Consistencia de las muestras de suelo (Bosque Manglar y palmar muy denso) – Tres días (C) Tamizado..... | 174 |
| Figura 48. Recolección de muestras a dos niveles de profundidad para la determinación de la humedad en campo | 175 |
| Figura 49. (A) Calicata (Bosque Seco) (B) Delimitación de horizontes (C) Pedregosidad asociada al Bosque Seco (Primer horizonte) | 175 |

| | |
|---|-----|
| Figura 50. (A) Pesado de muestras en estado húmedo (B) Secado de muestras (105°C) (C) Pesado de muestras en estado seco | 176 |
| Figura 51. (A) Peso del picnómetro más agua (B) Peso del picnómetro más suelo (C) Peso del picnómetro más suelo más agua | 176 |
| Figura 52. (A) Secado de muestras en la estufa para la determinación de Materia orgánica (MO) a 105° C/1h (B) Muestra inicial (C) Incineración de las muestras en la mufla a 750° C/ 3 h (D) Muestra final..... | 177 |
| Figura 53. (A) Maceración de las muestras de suelo (B) Pesado de muestras de suelo (C) Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua | 177 |
| Figura 54. Determinación de la clase textural mediante el densímetro Bouyoucos | 178 |
| Figura 55. Determinación de pH por el método potenciométrico | 178 |
| Figura 56. (A) Adición de Carbón activado (0,3 gr) (B) Muestras sometidas a agitación recíproca (Suelo, NaOH ₃ , Carbón activado) (C) Decantación del fósforo mediante el agente extractante NaOH ₃ (D) Extracción de fósforo con NaOH ₃ 0,5 mol/L | 179 |
| Figura 57. Preparación de la serie estándares (0,0-0,1-0,2-0,5-1,0-2,5 y 5.0 mg/L) de P..... | 179 |
| Figura 58. Lectura de la absorbancia para la determinación de fósforo (880 nm)..... | 180 |
| Figura 59. (A) Decantación del azufre mediante el agente extractante fosfato de calcio (0,008 M) (B) Extracción de azufre con fosfato de calcio (0,008 M) (C) Preparación de la serie estándares (0 -1,6 - 3,2 - 6,4 - 9,6 -12,8 - 22,4 - 25,6 ug S ml) de S | 180 |
| Figura 60. Pesado de muestras y preparación de soluciones..... | 181 |

| | |
|--|-----|
| Figura 61. Digestión para la determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl.... | 181 |
| Figura 62. Limpieza y destilación por arrastre de vapor (5 min)..... | 182 |
| Figura 63. Titulación con H_2SO_4 0,005 mol/L..... | 182 |

Resumen

Con el objetivo de analizar las características físico químicas de los suelos presentes en la Isla Santay, se delimitaron tres áreas por tipo de vegetación (Bosque Seco, palmar muy denso, y manglar). Para ello, se realizó un estudio geomorfológico mediante revisión bibliográfica y descripción de campo. Además, se evaluó el clima, y el balance hídrico aplicando dos metodologías para la ejecución de los cálculos: Gausson (1957), y Thornthwaite (1948). En campo, para la obtención de las características morfológicas se ejecutó la apertura de una calicata en cada parcela experimental. Ubicando a la Isla Santay en una zona de topografía plana, de clima semiárido seco, con un régimen de humedad údico y ácuico, un régimen de temperatura isohipertérmico, y con dos periodos estacionales bien definidos: Enero a mayo (época lluviosa), junio a diciembre (época seca). Por otro lado, para la evaluación de las características composicionales se subdividieron las áreas contrastadas por la presencia de diferente tipo de vegetación en pequeñas subparcelas de un metro de separación, en cada una de las cuales se efectuó un muestreo aleatorio simple, recolectando muestras disturbadas para un total de tres tratamientos y cinco repeticiones a dos niveles de profundidad (0 -20; 20- 40 cm), obtenido así 30 unidades experimentales, mediante un diseño estadístico completamente al azar (DCA). Los resultados obtenidos mediante el test de ANOVA y Tukey no evidenciaron variación sustancial en las propiedades edáficas, a excepción de una parte de los parámetros estudiados como: Limo, Humedad, Capacidad de almacenamiento de agua, materia orgánica, Nitrógeno total, y Azufre.

Palabras clave: Balance hídrico, geomorfología, morfología, pedoclima, suelos hídricos, Isla Santay

Abstract

To analyze the physical-chemical characteristics of the soils located on Santay Island, three areas were delimited by vegetation type (dry forest, very dense palm grove and mangrove). For this purpose, a geomorphological study was carried out through a bibliographic review and a field description. In addition, the climate and water balance were evaluated by applying two methodologies for the calculations: Gaussen (1957) and Thornthwaite (1948). Moreover, to obtain morphological characteristics, a test well was opened in each experimental plot. Santay Island is in an area of flat topography, with a dry semi-arid climate, with an acic and udic humidity regime, an isohyperthermic temperature regime, and with two well-defined seasonal periods: from January to May (rainy season) and from June to December (dry season). On the other hand, for the evaluation of compositional characteristics, the areas contrasted by the presence of different vegetation types were subdivided into small subplots of one meter of separation, in each of which a simple random sampling was performed, collecting disturbed samples for a total of three treatments and five replicates at two depth levels (0 - 20; 20- 40 cm), thus obtaining 30 experimental units, using a completely randomized statistical design (CRD). The results obtained by ANOVA and Tukey's test showed no substantial variation in soil properties, except in some of the parameters studied, such as: Silt, Moisture, Water storage capacity, Organic matter, Total Nitrogen and Sulfur.

Keywords: Water balance, geomorphology, morphology, pedoclimate, hydric soils, Santay Island



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, **Lcda Jenny Chávez Urbina MSc**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: **”CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY”**, realizado por la estudiante VERA SEGURA TATIANA PATRICIA; con cédula de identidad N° 094233429-3 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL Unidad Académica Guayaquil, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Lcda. Jenny Chávez Urbina MSc
jchavez@uagraria.edu.ec

Guayaquil, 05 de Agosto del 2022

1. Introducción

Oliveira y Marquis (2002) indican que los factores abióticos, tales como; la topografía y el tipo de suelo son aspectos clave a considerar en la diversidad de hábitats, ya que contribuyen a la diferenciación fisionómica de la vegetación. Razón por la cual el tipo de suelo puede provocar cambios en la estructura de las comunidades vegetales y su diversidad florística.

El interés por el estudio del suelo como recurso natural a lo largo del tiempo ha creado una exuberante demanda de información científica dando lugar a un sinnúmero de publicaciones acerca del tema. A nivel internacional se aprecian estudios recientes como los llevados por Sreelekshmi, Varghese, Preethy, y Bijoy (2020) denominado "Variabilidad estructural y su relación con los atributos edáficos de los manglares en la costa suroeste de la India" donde se evaluó como las características edáficas influyen en la diversidad vegetal.

A nivel regional también se acentúan varios estudios, donde se enfatiza que los cambios en la estructura morfológica, la posición topográfica, y demás características del suelo juegan un papel clave en la distribución y abundancia de las comunidades vegetales como p. ej., investigaciones realizadas por (Calle, Moreno, y Cárdenas, 2011; Neri, Schaefer, Silva, Souza, Ferreira, y Meira, 2012; Arruda, et al. 2015).

Al respecto Silva et al. (2018) revelan que el estudio del suelo y su vegetación expresaría información clave ya que los hábitats más ricos en nutrientes tanto vegetales como de suelos podrían sustentar mayor diversidad animal y por ello sería preferible su conservación, mientras que las zonas pobres en nutrientes tanto vegetal como de suelos podrían ser preferibles para su restauración.

A nivel Nacional para citar algunos ejemplos se encuentran algunas investigaciones como las realizadas por Cáceres (2017) en las Provincias de Imbabura y Pichincha, en la que se evaluó la relación entre las propiedades físico químicas y biológicas del suelo con las plantaciones de (*Pinus radiata*) ubicadas en Zuleta, o el estudio realizado por Plaza (2018) denominado “ Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el parque Nacional el Cajas, provincia del Azuay”.

En la Isla Santay, lugar que acoge una gran diversidad de seres vivos, y que debido a sus recursos naturales se consolida como el hábitat idóneo para especies propias de la región Costanera (Jaramillo, Porozo, Molina, Narnajo, y Pacalla, 2002), a pesar de su diversidad biológica y ser reconocida como un Área Nacional de Recreación (Ministerio del Ambiente [MAE], 2011) las investigaciones enfocadas en el estudio del suelo en asociación con sus comunidades vegetales han sido poco abordadas.

De acuerdo con el MAE (2011) el humedal anteriormente albergaba actividades de cría de ganado y producción de arroz, donde a su vez se indica que estos factores dieron como resultado la modificación de su paisaje natural, aunque aún se siguen conservando las áreas de manglar localizadas en la parte oriental de la isla.

Considerando a las investigaciones sobre las características del suelo en la Isla Santay destaca el estudio llevado a cabo por Domínguez (2018) quien evaluó las características edáficas que favorecerían el establecimiento y desarrollo de *Synusia* bajo diferentes condiciones de perturbación y densidad de la palma imperial (*Roystonea oleracea*).

No obstante, debido a la poca información disponible y la carente actualización del plan de manejo, se reconoce que hoy en día el estudio de las características edáficas del humedal ha sido poco abordado. Por ello, teniendo en cuenta la importancia del suelo en su asociación con las comunidades vegetales, el propósito de esta investigación fue contribuir en el conocimiento sobre los caracteres edáficos de la Isla Santay, estudiando aquellas propiedades que guardan relación con la vegetación existente en el humedal.

1.1 Antecedentes del problema

Desde hace tiempo se ha tratado de conocer de qué manera los componentes presentes en el suelo determinan la relación suelo-planta, estudiando como las características edáficas contribuyen en la distribución de especies, y cuáles son las propiedades del suelo que más influyen en dicha relación (Sollins, 1998; Clark, 2002).

El estudio del suelo ha estado tradicionalmente ligado a la agricultura, por lo que no resulta sorprendente que estos hayan sido evaluados habitualmente desde la perspectiva de la producción (Labrador, 2008). Boyle y Powers (2013) expresan que, las propiedades edáficas pueden influir en la fisionomía y naturaleza de la vegetación. Por otro lado, tal y como lo manifiesta Davila (2013) variables como la textura, la topografía y el pH pueden presentar diversos valores en áreas inespecíficas como cimas, planicies, entre otras; variables que pueden favorecer el aumento o la disminución de especies.

Adhikari y Hartemink (2016) indican que la cognición que tenemos acerca del suelo es considerable, pero nuestro entendimiento sobre sus funciones es incompleto debido a la carencia de estudios que exploren la relación directa entre las propiedades del suelo y los ecosistemas, en este punto aclara que los

servicios de los ecosistemas dependen de su interacción con las propiedades del suelo, los cuales van a estar influenciados por su uso y manejo.

Los suelos son importantes para el bienestar humano, como ilustra el cartel publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] con motivo del año Internacional del Suelo en 2015. Sin embargo en los estudios globales de evaluación de servicios ecosistémicos no han sido considerados con suficiente atención (Marañón y Engracia, 2017).

Luna (2017) en su tesis Doctoral denominada “Suelos de un humedal salino y fluctuante: La Laguna de Gallocanta” realizado en España, manifiesta que el conocimiento de los suelos en el entorno de los humedales es muy escaso, y aún hoy en día se omiten los estudios edáficos cuando se asientan las bases para estructurar los planes de gestión que se encaminan a la conservación de estos espacios naturales.

A nivel internacional en un estudio realizado por Liu et al. (2018) denominado “Factores que impulsan las relaciones de la vegetación y las propiedades del suelo en el delta del río Amarillo, China” se reconoce que la recopilación de datos acerca de la relación existente entre las comunidades vegetales y las propiedades del suelo juega un papel importante en la restauración ecológica de los humedales, esto debido a la variabilidad espacial de las características edáficas, en este contexto estos estudios son necesarios para revelar la compleja relación entre ambas variables, la cual puede operar a distintas intensidades dependiendo de la zona a evaluar.

A nivel Regional estudios ecológicos realizados en Brasil han demostrado que las comunidades vegetales a menudo varían según los accidentes geográficos y los atributos del suelo, ejemplo de ello tenemos a la investigación realizada por Botrel, Oliveira, Luciene, y Nilton (2002) en el que se evaluó la influencia del suelo y la topografía en las variaciones y composición florística de la comunidad arbórea-arbustiva de un bosque semidecidual en Ingaí, y el estudio realizado por Oliveira Fontes, Ribeiro, y Ker (2009) en el que se analizaron las relaciones entre los componentes arbóreos, la topografía y los suelos de un bosque de ribera en el Río Botucaraí al Sur de Brasil.

En un estudio realizado por García (2012) denominado “Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador”, se indica que la calidad y cantidad de información sobre los suelos a nivel de Nacional es puntual, por ende, se requiere información más amplia que sirva para la toma de decisiones en los procesos de producción forestal y agrícola.

Villaseñor, Chabla y Luna (2015) en su estudio denominado “Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del Oro” expresan que, en Ecuador los profesionales ligados al estudio del suelo por lo regular emplean diferentes fuentes de información para describir y clasificar los atributos edáficos. No obstante, las bases de datos originadas por los organismos pertinentes se mantienen en un alcance restringido. En este sentido aclaran que ante esta necesidad se vuelve imperioso la generación de información de los caracteres edáficos para los fines que la población requiera.

Jaramillo et al. (2002) como se citó de Ramírez et al. (1995) nos dan a conocer parte de las características edáficas de la Isla Santay, al reconocerla como un

sitio de origen sedimentario, de topografía plana, formada por depósitos fluvio marinos, y suelos aluviales de inundación de ríos, limos arcillosos, negros profundos y pesados. Los suelos de textura limosa, se encuentran ubicados en la zona intermareal que corresponde a la parte oriental de la Isla (Jaramillo Navarrete, Carcelen, Massay, y Mora 2008).

En cuanto a las investigaciones enfocadas en conocer las características del suelo asociadas a la vegetación de la Isla Santay, se puede citar a Domínguez (2018) en su estudio denominado “Características edáficas que favorecen a la Synusia de plantas trepadoras del humedal Ramsar Isla Santay”. A diferencia de la investigación mencionada en líneas anteriores, se desconoce el papel de las condiciones del suelo en la mayoría de comunidades vegetales existentes en el humedal.

Por ello, desconociendo este rol, en el presente proyecto se abordó de forma amplia la determinación de las propiedades edáficas pertenecientes a la Isla Santay mediante los análisis de campo, laboratorio, y estadísticos pertinentes, profundizando en la definición, conceptualización y caracterización de los suelos hidromorfos, y los rasgos que lo llevan a su designación.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En opinión de Williams (2002) la frecuente omisión del estudio edáfico en el entorno de los humedales a menudo se debe a que estos no siempre han sido valorados desde el punto de vista científico y de conservación. En este contexto en el Plan de Manejo del humedal Ramsar Isla Santay en el que se asientan las bases para la gestión de la Reserva, a pesar de que se enfatiza la conservación de los recursos en su conjunto, no se cuentan con bases de datos que pudiesen

dar indicios de las complejas relaciones entre el suelo y su biodiversidad característica, ni se menciona la necesidad de realizar evaluaciones futuras para conocer las propiedades del suelo asociadas a sus comunidades vegetales.

Anteriormente la Isla Santay presentaba problemas de fragmentación y sobreexplotación de hábitats producto de actividades como: ganadería, agricultura, y deforestación, luego en concordancia con su declaración como sitio Ramsar empezó a presentar cambios notables como la recuperación de manglar, llegando a formar parte en la actualidad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (MAE, 2011). Debido a esto, la mayor parte de las investigaciones realizadas en la Isla Santay, están orientados a la conservación y reconocimiento de su diversidad biológica, sin embargo, el suelo que es el sustento de la biodiversidad ha sido escasamente estudiado.

Según el MAE (2000) como se citó en Jaramillo. et al (2002) se considera a los recursos naturales, entre ellos al suelo como parte de los tres niveles de intervención prioritaria a nivel Nacional, lo cual vislumbra la puesta en marcha de políticas de conservación y aprovechamiento para una producción ecológicamente sustentable.

Daily, Matson y Vitousek (1997) sugieren que los suelos son un factor determinante en la economía de una nación, y que su inclusión en el marco de los servicios ecosistémicos, la toma de decisiones y el establecimiento de políticas deben ser considerados como esenciales

Investigaciones anteriores como las realizadas por Domínguez (2018) nos dan breves indicios de la correlación entre especies como la palma imperial (*Roystonea oleracea*) y las características edáficas del sector, sin embargo, en

relación al nexo entre todos los tipos de vegetación y las propiedades del suelo hay poca información disponible.

Por ello, teniendo en cuenta lo brevemente descrito en párrafos anteriores, y considerando que las propiedades del suelo del humedal objeto de estudio no han sido evaluadas con suficiente rigor científico, la elección del tema de este trabajo de titulación se enmarcó en la necesidad de dar respuesta a la problemática planteada, reconociendo los caracteres edáficos que interaccionan con la diversidad florística de la Isla, información que sería relevante para enfatizar la conservación de estos espacios naturales y priorizar aún más su cuidado.

1.2.2 Formulación del problema

¿Las características físico químicas de los suelos presentes en la Isla Santay están asociadas a las comunidades vegetales donde se encuentran?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación tiene una notable importancia debido a que el lugar objeto de estudio además de abarcar una gran diversidad biológica, es reconocido como un sitio Ramsar (Sistema Nacional de Áreas protegidas [SNAP], (2016). Convenio en el que se consagran compromisos entre sus países miembros para mantener las características ecológicas de sus humedales (The Ramsar Conservation on Wetlands, 2021).

De acuerdo con la Secretaría de la Convención Ramsar (2006) los humedales son indispensables para la conservación de la diversidad biológica y el bienestar de las comunidades humanas. Por su efecto amortiguador, y al ser ente de recepción de materia orgánica y sedimentos continentales, poseen una función crucial en los ciclos biogeoquímicos. Además, pueden considerarse reguladores

de disturbios tanto naturales como antropogénicos (López, Vásquez, Gómez, y Priego, 2010). Al respecto Williams (2002) y Mora (2018) expresan que los humedales reflejan una parte significativa de los ecosistemas acuáticos, al ser reconocidos como bienes naturales relevantes por sus valores estéticos, culturales, económicos y recreativos.

En concordancia con lo ya mencionado Melo et al. (2017) indican que las evaluaciones para el manejo de estas áreas dependen en gran medida del conocimiento sobre la variabilidad de las propiedades edáficas y de cada uno de los componentes que la integran. En opinión de Montaña, Navarro, Itzel, De la Cruz, y Sánchez (2018) resulta esencial el estudio del suelo, así como la generación de políticas públicas que garanticen su conservación y manejo sustentable, al ser un recurso no renovable en el corto tiempo, y vital para el funcionamiento de los ecosistemas. Por otro lado, vale reconocer que el entendimiento de las características del suelo coadyuva a comprender las condiciones por las que han evolucionado los caracteres edáficos y los organismos que interactúan con ellos.

La importancia del suelo como componente ambiental se ve reflejado en su contribución a la reproducción y regulación de los ecosistemas, y el desarrollo de la vida de las sociedades (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2016). Al respecto Burbano (2010) expresa que el suelo: “Tiene la virtud de ser omnipresente, porque del mismo depende la vida en el planeta, pero en general pasa desapercibido para la mirada de las personas, entre otras razones, por estar oculto” (pág. 54). Lo anterior cobra relevancia si se toma en consideración la importancia de los suelos para el ser humano, ya que gran parte

de las actividades de producción en las que se desenvuelve el hombre dependen de este medio (Silva y Correa, 2009).

Cotler et al. (2007) expresan que el suelo es un recurso natural de importancia, al ser el sostén de la vida humana, cuyo valor ha sido reconocido en el último medio siglo por instituciones de carácter mundial como la FAO y decenas de organismos, que año tras año alertan sobre la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria, así como la degradación de los suelos y sus repercusiones sobre el mantenimiento de la biodiversidad. Además de ser un recurso natural muy difícil de renovar, y ser un factor crucial en el mantenimiento del equilibrio de la biosfera (Armas, 2009).

En este sentido, tomando en cuenta a los suelos como parte de los recursos naturales de la Isla Santay, y al consolidarse como un medio esencial para todas las formas de vida que allí se desarrollan, cobra relevancia la realización de estudios como el precedente, ya que como lo indica Dávila (2013) determinar la influencia de las características edáficas respecto a la vegetación no solo facilitaría el desarrollo de programas de aprovechamiento, sino que proporcionaría datos de interés para trabajos de ordenación forestal, dendrología, entre otros. Siendo meritorio inferir que, la preservación del manglar requiere conocimientos sobre la morfología, y características físicas y químicas del suelo para comprender los requisitos para su preservación y sostenibilidad (Bomfim, et al., 2018).

En virtud de lo expuesto, el proyecto en cuestión también toma relevancia al enmarcarse dentro de las directrices y lineamientos territoriales propuestos por el “Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una vida”, de manera específica en concordancia con el lineamiento b, considerando al inciso b.1, cuyo fin es:

“Implementar procesos para el conocimiento, identificación, conservación y revalorización de los paisajes naturales, terrestres, acuáticos, culturales y marino costeros, que aseguren su integridad, conectividad y funcionalidad como condición básica para la generación de servicios ambientales esenciales para el desarrollo sostenible” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017, p.123).

Por tal motivo, debido a lo ya mencionado, el valor de la Isla Santay como Reserva, y al ser reconocido como un lugar de interés internacional de estricta conservación, es pertinente la realización de investigaciones como la precedente, información que sería útil y que generaría un gran aporte, ya que pondría en evidencia otra de las razones por las que estos sitios se deben conservar.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Para el presente proyecto su delimitación espacial tomó en consideración al sitio de establecimiento de tres de las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, en base al trabajo de campo realizado por Santander (2020) y Morán (2021) cuyas coordenadas geográficas se detallan en la Tabla 10 y de manera visual en la Figura 33, en anexos.
- **Tiempo:** El presente proyecto se realizó en un lapso de siete meses.
- **Población:** Isla Santay, la misma que de acuerdo a lo estipulado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC] (2010) se encuentra conformada por 235 habitantes.

1.5 Objetivo general

Evaluar las características físicas - químicas de los suelos asociados a las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante procedimientos de campo y laboratorio, determinando así la relación existente entre suelo y vegetación.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar las características posicionales de las unidades de suelos asociados a los tipos de vegetación presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante descripción de campo y revisión bibliográfica.
- Obtener las características morfológicas de las unidades de suelos asociados a los tipos de vegetación presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante levantamiento de calicatas y descripción de campo.
- Analizar las características composicionales de las unidades de suelos asociados a los tipos de vegetación presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante protocolo de laboratorio.

1.7 Hipótesis

Las características físico - químicas (posicionales, morfológicas y composicionales) de los suelos que se encuentran en la Isla Santay guardan una estrecha relación con el tipo de vegetación que en ellos se establece.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En una investigación realizada por Chaturvedia y Raghubanshi (2014) denominado “Composición, distribución y diversidad de especies leñosas en un bosque seco tropical de la India”, se halló que el contenido de humedad del suelo alteró la distribución de aproximadamente el 8% de las especies adultas. Encontrando que especies como *Shorea robusta* presentaban dominancia en el sitio más húmedo en las tres etapas de crecimiento, mientras que la especie más dominante para el sitio más seco fue la especie altamente caducifolia *Lannea coromandelica* y *Nyctanthis arbortritis* para retoños y plántulas.

Con los resultados obtenidos se concluyó que las variaciones en la composición y distribución de especies se debían evidentemente a los diferentes niveles de humedad, así como a la heterogeneidad del hábitat donde se encontraban (Chaturvedia y Raghubanshi, 2014).

En un estudio realizado por Sreelekshmi et al. (2020) denominado “La variabilidad estructural y su relación con los atributos edáficos de los manglares en la costa suroeste de la India”, se evaluó la relación de la estructura de los árboles (densidad, frecuencia y área basal) de manglares verdaderos con diversas variables del suelo, donde el análisis de los componentes principales reveló que los factores que afectaban a la vegetación de los manglares fueron la textura, y los nutrientes los cuales se correlacionaron altamente con la densidad de los tallos y el área basal de las diferentes especies, mientras que la salinidad mostró correlaciones negativas con las características de la vegetación.

En estudios recientes como el desarrollado por Taheri (2020) en Irán, se evaluó la interrelación existente entre suelo y vegetación en los hábitats de

gálbano (*Ferula gummosa*), mediante un muestreo estratificado-aleatorio a partir del cual se recolectaron muestras de vegetación y suelo al azar de 46 cuadrantes de 3 m x 3 m. Los resultados obtenidos indicaron que los componentes del suelo y la vegetación de los hábitats del gálbano eran mutuamente dependientes del contenido de calcio y materia orgánica presente en el área experimental (Taheri, 2020).

Lang, Torres, y Bruno (2017) en su estudio denominado “Descripción de la biomasa del suelo y las raíces de los manglares subtropicales en la Bahía de Antonina y Guaratuba, Estado de Paraná, Brasil”, se evaluó la relación entre, el volumen, la biomasa radicular, y las condiciones edáficas de dos manglares, para ello se recolectaron 15 muestras de suelo a una profundidad de 50 cm.

Los hallazgos obtenidos indicaron la existencia de una alta heterogeneidad en la distribución de raíces en ambas áreas. Por otro lado, el análisis de las muestras de suelo no evidenció correlación entre la biomasa y el contenido de raíces. Además, se encontró que la Bahía de Guaratuba presentaba mayor biomasa y un mayor volumen de raíces, esto debido a la composición textural del suelo y la presencia de una mayor densidad de árboles.

En un estudio reciente realizado por Montoya et al. (2021) en Bolivia, denominado “Efectos relativos de las condiciones edáficas y el clima en las comunidades de palmeras en los Andes centrales”, se evaluaron los factores ambientales que afectaban la riqueza, composición y abundancia de palmeras, para ello se usó una red de 88 parcelas de árboles distribuidas a lo largo de un gradiente elevacional de 1000 y 3200 metros. Los resultados obtenidos indicaron que el suelo explicaba una mayor variación en la composición de especies

(14,4%), a diferencia del clima (3,45%), pero el clima explicaba mayor variación en la riqueza de especies (13%), frente a un (6,1%) de los suelos.

En un estudio realizado por Cáceres (2017) en Ecuador, en las Provincias de Imbabura y Pichincha, en el que se evaluó la relación entre las propiedades físico, químicas, y biológicas del suelo con las plantaciones de *Pinus radiata* ubicadas en Zuleta, San Isidro de Cajas y Achupallas, se encontró que las áreas evaluadas a pesar de encontrarse en rangos altitudinales aproximadamente iguales, poseer una misma especie forestal con edades entre 13 y 14 años, presentaron diferencias significativas en cuanto a la clase textural y la materia orgánica.

En una investigación llevada a cabo por Cueva, Lozano, y Yaguna (2019) en Ecuador, en el que se analizó la influencia de la altitud sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea en un bosque seco andino de Loja, se tomó en consideración el establecimiento de tres conglomerados a diferente altitud desde 1750 a 2320 m.s.n.m en un bosque seco andino de la Reserva Natural Pisaca, para ello fueron medidos árboles con DAP (diámetro a la altura del pecho) ≥ 10 cm en parcelas de 0,36 ha e individuos con DAP ≥ 5 cm en parcelas anidadas de aproximadamente 0,04 ha. Los resultados obtenidos indicaron que la altitud fue una variable topográfica relevante en la riqueza, estructura y biomasa de las especies vegetales, lo que consideraron como una variable relevante en los estudios sobre biodiversidad.

En un estudio reciente como el realizado por Torán (2020) en el que se estudió la estructura y composición florística en relación con los parámetros físico y químicos del bosque de manglar del refugio de vida silvestre manglares estuario Río Muisne (RVSMERM), se colocaron ocho estaciones de 20 m x 20 m, las

cuales permitieron la obtención de muestras de suelo en relación al pH, NH₄, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, B, Mo, también se recolectaron muestras físicas de los mangles en base a la altura y el diámetro de altura al pecho (DAP).

Los resultados obtenidos indicaron que el pH influyó en el crecimiento de los mangles, por lo que las estaciones con pH neutro presentaron mangles más grandes de altura y de DAP. Estos resultados también permitieron identificar que la neutralidad en el pH era indicador de una mejor absorción de los nutrientes (Torán, 2020).

En un estudio realizado en la Isla Santay por Domínguez (2018) denominado “Características edáficas que favorecen a la *Synusia* de plantas trepadoras del humedal Ramsar Isla Santay”, se evaluaron las características de suelo que favorecían el desarrollo de la planta trepadora *Synusia*, para ello se realizaron dos calicatas ubicadas aleatoriamente, y se recolectaron muestras disturbadas a dos niveles de profundidad (0-20;20-40 cm) en una zona de baja y alta perturbación y densidades de la palma imperial (*Roystonea oleracea*). Los resultados obtenidos indicaron que no existía diferencia estadísticamente significativa entre las características composicionales, a excepción de la materia orgánica, el porcentaje de arena, y la materia orgánica.

2.2 Bases teóricas

2.2.2 Características posicionales

Casanova (1991) citado por Groening (2015) indica que las características posicionales son aquellas que se encuentran relacionadas con la ubicación del suelo en el paisaje. Dentro de las características posicionales se describe el ambiente geomorfológico, hídrico, y el Pedoclima, los cuales se detallan a continuación:

2.2.2.1 Ambiente Geomorfológico

El MAE (2012) define a la geomorfología como aquella que permite “conocer las características del suelo, subsuelo y relieve; siendo factores determinantes en la distribución de los ecosistemas” (p.24). Por otro lado, Berroterán (1985) expresa que la geomorfología se puede definir a partir de diferentes niveles categóricos, como: provincia fisiográfica, región natural, subregión natural, paisaje, tipo de relieve, y forma del terreno.

2.2.2.2 Ambiente Hídrico

Son las características y propiedades que afectan a las condiciones hídricas del suelo. Dentro del ambiente hídrico se evalúan las características relacionadas con la posición (drenaje, o inundación).

2.2.2.2.1 Drenaje

El drenaje se reconoce como la capacidad que tienen los suelos para eliminar naturalmente el agua que se encuentra en exceso, ya sea por escurrimiento, o por el paso del agua a través del mismo (Baridón, 2019), cuya clasificación se muestra en la Tabla 11, en anexos. Lo anterior se relaciona con la frecuencia y duración de tiempo durante el cual el suelo se encuentra saturado total o parcialmente. Vale mencionar que existen diferentes indicadores para clasificar

el drenaje en campo, entre ellos: presencia de gley, colores grises, nivel freático y moteados (Serrato, 2018).

A los suelos se les asigna clase de drenaje de acuerdo con la frecuencia y la duración de los periodos húmedos, en condiciones idénticas a las que existían cuando se formó el suelo (USDA, 2017). En las actividades de campo, los topógrafos suelen deducir el drenaje por las diferencias en los patrones de color del suelo, entre otras variables como; la textura, la pendiente, la estructura, etc.

2.2.2.3 Pedoclimáticas

Hace referencia al régimen de temperatura y humedad del suelo.

2.2.2.3.1 Regímenes de temperatura

Da Silva y Pellegrini (2013) sostiene que los regímenes de temperatura se definen como la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad y sus variaciones a lo largo del año. La falta de medidas de campo genera una gran dificultad para su aplicación, por lo que se suele deducir a través de datos de temperatura del aire. En la Tabla 12 y Tabla 13, en anexos se aprecian los tipos de regímenes de temperatura.

2.2.2.3.2 Regímenes de humedad

El régimen de humedad forma parte de la historia del suelo, y constituye un factor clave en su génesis y en los procesos que pueden ocurrir en la capa edáfica, el cual se correlaciona con la presencia o ausencia de un nivel freático a tensiones inferiores a 1500 Kilopascal (Kilopascal), definiéndose parcialmente en función del clima (Lurzio, Vera, Benavides, y Casanova, 2001).

Da Silva y Pellegrini (2013) describe a los regímenes de humedad como el estado del suelo en relación a su contenido de humedad disponible para las

plantas a lo largo del año. En la Tabla 14, en anexos se observan los tipos de regímenes de humedad.

2.2.3 Características morfológicas

Casanova (1991) citado por Groening (2015) menciona que las características morfológicas son aquellas que podemos observar y medir en campo, y que permiten obtener información clave como la determinación de los horizontes, color, textura, estructura, porosidad, morfones, raíces, entre otros.

2.2.3.1 Grietas

Las grietas de acuerdo con el "Soil survey manual" de la USDA (2017) pueden clasificarse en dos tipos: Transhorizontes, y las relacionadas con la corteza. Las relacionadas con la corteza son grietas poco profundas que se inician en la superficie. Mientras que las grietas transhorizontes son aquellas que por lo general se extienden a través de más de un horizonte, además pueden extenderse hacia arriba hasta la superficie del suelo y hacia abajo hasta una profundidad significativa.

2.2.3.2 Consistencia

Brady (1984) define a la consistencia como la resistencia de un suelo a diversos contenidos de humedad a tensiones mecánicas o manipulaciones. Es una expresión compuesta de fuerzas cohesivas y adhesivas que determinan la facilidad con la que se puede remodelar o romper un suelo.

Entre los factores que afectan la consistencia se encuentran: la cantidad de agua, la materia orgánica, la cantidad de arcilla, y la estructura del suelo (Serrato, 2018). Para suelos húmedos la consistencia se describe en términos de pegajosidad y plasticidad, y dado que la consistencia de los suelos húmedos depende bastante del nivel de humedad, la precisión de la medición en campo

de esta característica depende de la estimación de humedad del suelo (Brady, 1984).

La consistencia del suelo en un sentido general hace referencia a las propiedades del material del suelo. La consistencia incluye: (1) Resistencia del material del suelo a la ruptura, (2) Resistencia a la penetración, (3) plasticidad, tenacidad y pegajosidad del material del suelo encharcado, y (4) la manera en que el suelo se comporta cuando está sujeto a compresión (USDA, 2017). En base a su plasticidad la consistencia se clasifica tal y como se observa en la Tabla 15, en anexos.

2.2.3.3 Textura organoléptica

La textura organoléptica es el método común para clasificar un suelo a través del tacto, mediante esta metodología se puede juzgar la clase textural de un suelo con el simple hecho de frotarlo entre el pulgar y los dedos como por cualquier otro método superficial (Brady, 1984).

Cuanto más resbaladizo es el suelo húmedo mayor será su contenido de arcilla, las partículas de arena presentan una sensación arenosa, mientras que el limo posee una sensación de talco en polvo cuando está seco y ligeramente plástico o pegajoso cuando se encuentra humedecido (Brady, 1984). En función de su adhesividad, plasticidad y aspereza la textura organoléptica se determina tal y como se observa en la Tabla 16, en anexos.

2.2.3.4 Estructura

La estructura se define como la agregación de partículas de suelo individual en unidades más grandes. En otras palabras, la estructura representa la forma en la que se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla. Cuando dichas

partículas se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores a las cuales se denomina agregados (Buol, Southard, Graham, y McDaniel, 2011).

Brady (1984) menciona que un perfil puede estar dominado por un solo tipo de agregado, aunque más a menudo varios agregados en los distintos horizontes. Además, expresa que algunas condiciones y características del suelo como el movimiento de agua, la transferencia de calor, la aireación, la densidad aparente y la porosidad están influenciados por la estructura.

Vale destacar que, la estructura es una característica relevante en la morfología del suelo, debido a que afecta al desarrollo de la vegetación, por su influencia sobre los factores que inciden en su crecimiento como: retención de agua, aireación, penetración radicular, movimiento del agua, entre otros (Serrato, 2018). Por otro lado, en la Tabla 17, en anexos se observan las clases de estructura en base a la forma de los agregados.

2.2.3.5 Color

El color es una propiedad que nos indica cuánto material orgánico puede estar presente en el suelo debido a su tonalidad (Buol, et al., 2011). Brady (1984) indica que existe una correlación intrínseca entre el color y la temperatura del suelo. Debido a esto los suelos de color oscuro absorben el calor fácilmente, además esta clase de suelos debido a su alto contenido de materia orgánica suelen poseer un alto contenido de humedad. En tales condiciones, la evaporación y las relaciones de calor específicas se vuelven especialmente relevantes.

El color es la característica del suelo más evidente, y la más fácil de determinar, el mismo que depende de la naturaleza del material original a partir del cual se originó el suelo, así como del drenaje interno y externo, y el contenido de humedad. Por ello, debido a la influencia de la humedad, cuando se registra

el color, resulta relevante especificar si los agregados se encuentran en estado húmedo o seco. Las tonalidades presentes en el suelo involucran; negro o pardo oscuro para suelos con presencia de materiales orgánicos, aunque en condiciones tropicales no existe una correlación absoluta entre estos dos términos (Serrato, 2018).

Para la descripción del suelo en función del color se toman en consideración diferentes elementos como: el nombre del color, la notación de Munsell, el estado del agua (húmedo o seco), y el estado físico. De manera ejemplificada esto se puede expresar de la siguiente manera: "marrón (10YR 5/3), seco, triturado y alisado" (USDA, 2017). Siendo las tres variables medibles para la determinación del color las que se describen a continuación:

2.2.3.5.1 Tono (matiz)

Es una medida de la composición cromática de la luz que es perceptible al ojo humano. El sistema Munsell se basa en cinco tonos principales: rojo, amarillo, verde, amarillo, verde, azul y violeta. Además, cuenta con cinco tonos intermedios que representan los puntos medios entre cada par de matices principales con los cuales se completan 10 nombres.

2.2.3.5.2 Valor

Indica el grado de claridad oscuridad de un color en relación con una escala de grises neutra. El valor se extiende desde el negro pro (0), al blanco puro (10).

2.2.3.5.3 Croma

Pureza o fuerza relativa del color espectral. El croma indica el grado de saturación del gris neutro por el color espectral. Las escalas de croma para suelos se extienden desde 0 (para colores neutros), hasta 8 (para colores de expresión más fuerte).

2.2.3.6 Moteados

De acuerdo con la USDA (2017) el color moteado se refiere a los cambios de color repetitivos que no pueden asociarse con las propiedades de composición del suelo. En la descripción de un horizonte la descripción del moteado sigue el color dominante, los cuales se describen en función de la cantidad, el tamaño, contraste, color, y otros atributos como el estado de humedad, forma, y ubicación. De acuerdo a su abundancia los moteados se clasifican tal y como se muestra en la Tabla 18, en anexos.

2.2.3.7 Porosidad

La porosidad es el espacio que resulta de la agregación de partículas minerales individuales con partición de la materia orgánica (Porta, López, y Roquero, 2003). Chavarría (2011) indica que la porosidad se define en función del espacio que ocupan los poros, en relación al volumen total ocupado por el suelo. Brady (1984) expresa que la cantidad del espacio poroso está determinado en gran medida por la disposición de las partículas sólidas.

En los suelos ocurren dos tipos de espacios porosos individuales: macro y micro. Los microporos se llenan principalmente de agua y no permiten mucho movimiento de aire dentro o fuera del suelo. Por el contrario, los macroporos característicamente permiten el rápido movimiento del aire y agua de filtración (Brady, 1984). De acuerdo a su tamaño la porosidad de los suelos se clasifica tal y como se muestra en la Tabla 19, en anexos.

2.2.3.8 Horizontes

De acuerdo con Jordán (2005) los horizontes son capas aproximadamente paralelas a la superficie del suelo que se establecen en función de los cambios de sus propiedades y constituyentes.

2.2.3.8.1 Horizontes principales

Jordán (2005) indica que los horizontes principales se designan mediante letras mayúsculas como se muestra en Tabla 20 en anexos, las mismas que son indicadoras de las características del material del cual está constituido el suelo.

2.2.3.8.2 Horizontes de transición

Jordán (2005) menciona que los horizontes de transición son aquellos que se presentan cuando el límite entre los horizontes inmediatos es muy difuso, existiendo de esta forma una capa ancha de transición entre los horizontes, los cuales se representan a través de combinaciones de dos letras mayúsculas, como, por ejemplo: AE, EB, BE, BC, CB, AB, BA, AC Y CA, siendo la primera letra la que se convierte en indicador del horizonte principal.

2.2.3.8.2 Horizontes de mezcla

Jordán (2005) indica que los horizontes de mezcla son aquellos que están constituidos por distintas zonas en que se puede identificar un horizonte principal, esta denominación se da cuando los horizontes aparecen mezclados. Se designan con dos letras mayúsculas cuya separación se da por medio de una raya diagonal, ejemplo: E/B, B/C; la primera letra se correlaciona con el horizonte principal (capa que predomina).

2.2.3.9 Raíces

El registro del tamaño, y abundancia de las raíces es en general suficiente para caracterizar su distribución de estas en el perfil del suelo. En casos específicos, se puede registrar información adicional como cambios bruscos en la orientación de la raíz (FAO, 2009). Atendiendo a su tamaño y la cantidad de raíces, estas se clasifican tal y como se muestra en la Tabla 21 y Tabla 22, en anexos.

2.2.3.10 Morfones o formaciones especiales

Son revestimiento o formaciones residuales dentro de la matriz del suelo. Los cuales se pueden clasificar en: Morfones intratemáticos (Nódulos, plintita, acumulaciones blandas de Carbonato), y Morfones de superficie (fisuras o grietas, en los poros y canales, cualquiera que sea su origen) (USDA, 2017).

2.2.6 Características composicionales

Casanova (1991) citado por Groening (2015) manifiesta que las características composicionales son todas aquellas que se evalúan en laboratorio debido a que requieren el uso de equipos complejos. Dentro de este grupo se encuentran las características físicas, químicas, biológicas, y mineralógicas las cuales se describen a continuación:

2.2.6.1 Químicas

2.2.6.1.1 Capacidad de intercambio catiónico

Se define como la suma total de cationes intercambiables que un suelo es capaz de adsorber. La arcilla y la materia orgánica son elementos que están cargados negativamente, esto les da la capacidad de adsorber y retener cationes (iones cargados positivamente), lo que se conoce como complejo de intercambio catiónico (Schoonover, 2015).

Los suelos de textura más fina tienden a poseer mayor capacidad de intercambio catiónico a diferencia de los suelos arenosos. Así mismo indica que el contenido de materia orgánica, la cantidad y el tipo de arcilla influyen en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Brady, 1984).

2.2.6.1.2 pH

Chavarría (2011) define al pH como una medida que indica el grado de acidez de la solución del suelo. Chavarría (2011) además señala que debido a que el

pH tiene influencia en el desarrollo de la vegetación y en la fauna, también incide en la velocidad y calidad de los procesos de humificación, mineralización, y el estado de determinados nutrientes.

El pH es un factor que influye en la disponibilidad de nutrientes, cuando predominan las condiciones de acidez o alcalinidad se ve afectada la disponibilidad de elementos como el nitrógeno, fósforo, boro, molibdeno y potasio, pues en base al pH muchos de estos elementos forman precipitados en la solución del suelo, que hacen que sean no solubles y no disponibles para las raíces de las plantas (Kass, 1996).

De acuerdo con Brady (1984) la técnica más precisa para determinar el pH es mediante el empleo de un medidor de pH, donde la concentración de hidrógeno presente en la solución del suelo se equilibra con un electrodo de hidrógeno estándar o un electrodo de funcionamiento similar.

2.2.6.1.3 Materia Orgánica

La FAO (2021) expresa que la materia orgánica es de vital importancia ya que mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, la retención de humedad y contribuye a la estabilidad de los suelos arcillosos al ser de ayuda en la aglutinación de partículas en forma de agregados.

La materia orgánica se encuentra constituida por restos vegetales y animales en diferentes grados de descomposición, y de materiales no humificados (Biomasa vegetal y Biomasa microbiana), y humus el cual resulta de la alteración de los productos sintetizados por las plantas y los microorganismos como bacterias y hongos (Porta, López, y Roquero, 2003).

2.2.2.6.4 Carbonato de calcio (CaCO₃)

El Carbonato de calcio (CaCO₃) es una sal de poca solubilidad, la cual se encuentran de forma natural en diversas formas y en varios grados de concentración en el suelo. Siendo empleado como enmienda para neutralizar el pH en suelos ácidos y para suministrar el nivel de Calcio (Ca) para nutrir a las plantas (FAO, 2021). Su aumento por lo regular da paso a muchos problemas vinculados con la fertilización y la disponibilidad de nutrientes, además de ejercer un efecto importante sobre las características químicas de los suelos calcáreos, como la disponibilidad de nutrientes y la fijación de fósforo (Sarmadian, Keshavarzi, y Malekian, 2010).

2.2.6.1.5 Macronutrientes y Micronutrientes

De acuerdo con Brady (1984) se ha encontrado que 17 elementos son universalmente esenciales para el crecimiento de las plantas. Tres de estos elementos provienen del aire y el agua y 14 del suelo. Seis de los 14 se emplean en cantidades relativamente grandes a los cuales se denominan macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y Azufre (S), mientras que los otros ocho, son necesarios solo en pequeñas cantidades, los mismos que se denominan micronutrientes: Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Cobalto (Co). Ver Tabla 23, en anexos.

2.2.6.2 Físicas

2.2.6.2.1 Densidad aparente

La densidad aparente se define como “la masa de unidad de volumen de suelo seco (105°C)” (p. 51). Dicho volumen incluye tanto sólidos como poros, debido a que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo (FAO,

2009). Brady (1984) expresa que los suelos con una alta proporción de espacios porosos poseen densidades aparentes más bajas que aquellos que son más compactos y poseen menos espacio poroso. Los suelos de textura fina como los limosos, las arcillas y los suelos franco arcillosos por lo general poseen densidades aparentes menores que los suelos arenosos.

La densidad aparente interfiere indirectamente en el crecimiento de las plantas, ya que su aumento obstaculiza la penetración de raíces, reduce la aireación, dificulta la absorción de nutrientes, y disminuye la tasa de infiltración (Campbell, 1994).

Siendo meritorio inferir que existe una clara tendencia a que la densidad aparente aumente con la profundidad del perfil, esto se debe a un menor contenido de materia orgánica, menor agregación y penetración de las raíces, así como una compactación causada por el peso de las capas superpuestas (Brady, 1984).

2.2.6.2.2 Densidad real

Ramírez (1997) describe a la densidad real como la relación entre el volumen de las partículas del suelo y el volumen de dichas partículas sin tomar en cuenta el espacio poroso. La densidad real es un valor muy permanente, pues la mayor parte de los minerales considerados arcillosos presentan una densidad que se encuentra cercana a los 2.65 g/cm^3 (Chavarría, 2011).

Por otro lado, Ngetich, Wandahwa, y Wakindiki (2008) mencionan que los suelos que poseen una densidad real inferior a $2,65 \text{ gr/cm}^3$ son indicadores de un alto contenido de yeso o de materia orgánica, por el contrario, si los valores obtenidos son significativamente mayores a $2,65 \text{ gr/cm}^3$ existe un elevado contenido de óxidos de hierro (Fe), o minerales ferro magnésicos.

2.2.6.2.3 Humedad

De acuerdo con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT] (2013) el contenido de humedad de un suelo ha sido expresado tradicionalmente como “La proporción de la masa de humedad en relación a la masa de la muestra de suelo, después de que ha sido secada a un peso constante, o como el volumen de humedad presente respecto al volumen total de la muestra de suelo” (p. 1).

2.2.6.2.4 Textura

“La textura es una expresión sintética de las características de cada horizonte que dependen de la proporción de los distintos tamaños de partículas” (Porta, López, y Roquero, 2003, p. 93).

Jordán (2005) señala que los suelos se forman generalmente por más de una clase textural (arena, limo y arcilla). El porcentaje de dichas fracciones es a lo que se denomina textura del suelo. El tamaño de las clases texturales se expresa tal y como se muestra en Tabla 24, en anexos.

2.2.6.2.5 Capacidad de almacenamiento de agua

La capacidad de almacenamiento de agua (CAA) es reconocida como una de las variables determinantes en la producción y sostenibilidad de cultivos, ya que desde el punto de vista de la agricultura interfiere en las reacciones y procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro y fuera del suelo (Keller, Arvidsson, y Dexter, 2007).

La capacidad de almacenamiento de agua (CAA) es obtenida mediante cálculos matemáticos, entre ellos y el de mayor aplicabilidad es la diferencia volumétrica entre el contenido de agua a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Rawls y Brakensiek, 1982).

2.2.6.3 Biológicas

Las características biológicas se encuentran vinculadas con la materia orgánica y las formas de vida que habitan en el suelo, los cuales son determinantes en su calidad biológica (Chavarría, 2011). Esta propiedad describe los organismos que se encuentran en el suelo, quienes son, cuantos hay, o que hacen (Schoonover, 2015). Según su tamaño estos organismos se clasifican de forma general en tres grupos: macrofauna, mesofauna, y microfauna (Ramírez, 1997).

2.2.6.3.1 Macrofauna

Son organismos con un tamaño superior a 1 cm, es decir se pueden observar a simple vista, los cuales efectúan cambios físicos, y en algunos casos químicos. Pueden ser vertebrados o invertebrados (Ramírez, 1997).

2.2.6.3.2 Mesofauna

Son organismos con un diámetro comprendido entre las 200 μm y 1 cm, los cuales se encargan de producir cambios físicos y químicos en el suelo. En la mesofauna los de mayor importancia son los nematodos (Ramírez, 1997).

2.2.6.3.2 Microfauna

Son los responsables de las transformaciones químicas que corresponden a los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica, poseen un diámetro entre 20 y 200 micras (Ramírez, 1997).

2.2.6.4 Mineralógicas

Representa a los minerales presentes en el suelo, los cuales de acuerdo con Schaetzl y Anderson (2005) se consolidan como compuestos inorgánicos naturales que tienen una composición química características y una matriz tridimensional regular de átomos en una estructura cristalina.

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador (2008)

Título II, Capítulo segundo: Derechos de buen vivir.

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p. 29).

Capítulo sexto: Derechos de libertad.

Art. 66. Se reconoce y garantizará a las personas:

27) El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza (p. 50).

Título VII, Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales.

Sección primera: Naturaleza y ambiente.

Art. 395. La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (p. 177).

Art 400. El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes (p. 179).

Sección tercera: Patrimonio natural y ecosistemas

Art 404. La gestión del patrimonio natural (formaciones físicas, biológicas y geológicas) se sujeta a los principios y garantías consagrados en la Constitución de acuerdo al ordenamiento territorial, zonificación ecológica y la ley (p. 180).

Art 405. La conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas son responsabilidad del sistema nacional de áreas protegidas que fomenta la participación de las comunidades, pueblos y nacionalidades que han habitado ancestralmente en las áreas protegidas.

Art.406. La conservación, manejo y uso sustentable de los ecosistemas frágiles como humedales y manglares son regulados por el Estado.

Sección quinta: Suelo.

Art 409. Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten los monocultivos y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona (p. 181).

2.3.2 Convenios Internacionales

Convenio Ramsar (1971)

La convención sobre Humedales es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, es el primero de los tratados intergubernamentales mundiales sobre conservación y el uso racional de los recursos naturales (Secretaría de la Convención Ramsar, 2013). En Ecuador se han designado 19 sitios (Servicio de Información sobre Sitios Ramsar, 2021), Ver Figura 34, en anexos. Dentro de esta categoría se encuentra la isla Santay, designada sitio Ramsar desde el año 2000 (SNAP, 2016).

Convenio sobre la diversidad biológica (1992)

La República del Ecuador suscribió el Convenio sobre Diversidad Biológica, instrumento internacional cuyo “Programa de Trabajo sobre Áreas Protegidas” y el Mandato de Yakarta, incluyen un eje dedicado a las áreas marinas y costeras protegidas, en el cual se reconoce la importancia de estos espacios y se promueve su manejo integral y sustentable con aras de crear redes de conservación a nivel regional y global.

2.3.3 Código Orgánico Ambiental (2017)

Libro segundo: Del patrimonio natural

Título I: De la conservación de la biodiversidad

Art.29. El presente título regula la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes. Asimismo, regula la identificación, el acceso y la valoración de los bienes y los servicios ambientales.

La regulación del aprovechamiento de los recursos naturales no renovables y de todas las actividades productivas que se rigen por sus respectivas leyes, deberán observar y cumplir con las disposiciones del presente Código en lo que respecta a la gestión ambiental de las mismas (p. 20).

Art. 30. Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible. 2. Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y su la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales. 4. Regular el acceso a los recursos biológicos, así como su manejo, aprovechamiento y uso sostenible. 8. Promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioconocimiento (p. 20).

Título II: De la conservación in situ

Capítulo II: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

Art. 37. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas estará integrado por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, recategorización, regulación y administración deberán garantizar la conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, así como la conectividad funcional de los ecosistemas terrestres, insulares, marinos, marino-costeros y los derechos de la naturaleza. Las áreas protegidas serán espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán incorporar las áreas protegidas a sus herramientas de ordenamiento territorial (p. 22).

Art.38. Objetivos. Las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cumplirán con los siguientes objetivos.

4. Establecer valores de conservación sobre los cuales se priorizará su gestión.
8. Respetar, promover y mantener las manifestaciones culturales, el conocimiento tradicional, colectivo y saber ancestral de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades e integrarlas al manejo de las áreas protegidas (p. 22).
9. Promover el bioconocimiento y la valoración de los servicios ecosistémicos articulados con el talento humano, la investigación, la tecnología y la innovación, para los cual se estimulará la participación del sector académico público, privado, mixto y comunitario (p. 22).

Capítulo III

Áreas especiales para la conservación de la biodiversidad

Art. 58. Áreas reconocidas por instrumentos internacionales. La Autoridad Ambiental Nacional impulsará el establecimiento de áreas especiales de importancia para la conservación de humedales, de las aves, del patrimonio mundial, cultural y natural, entre otras (p. 27).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación de acuerdo a sus características es de tipo campo y laboratorio, debido a que se realizaron visitas a la Isla Santay para la descripción de las características morfológicas y posicionales de los suelos del bosque seco, palmar muy denso, y manglar, y se recopilaron muestras para el análisis en laboratorio de las características composicionales. El nivel de conocimiento de la presente investigación es descriptivo de carácter cualitativo para las características morfológicas y posicionales, y explicativo de carácter cuantitativo en función de las características composicionales.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación al que se recurrió fue no experimental de campo, que, de acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2014) es la investigación que se emplea sin manipular deliberadamente variables, es decir estudios en los que no hacemos variar de forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Además, en función de sus características, la investigación fue de tipo descriptiva con enfoque cualitativo. Asimismo, posee un enfoque cuantitativo pues los datos correspondientes a las características composicionales fueron analizados en función de los valores obtenidos en laboratorio, información que sirvió para responder la pregunta de investigación planteada y probar la prueba de hipótesis.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

X_1 = Está compuesta por tres comunidades vegetales (Bosque Seco, Bosque Manglar, y Bosque Palmar muy denso).

3.2.1.2 Variable dependiente

Y_1 =Características posicionales

Y_2 =Características morfológicas

Y_3 =Características composicionales

3.2.2 Tratamientos

Se empleó un diseño estadístico completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones para analizar las diferencias de suelos en base a las características composicionales de las tres parcelas experimentales (Bosque seco, Bosque palmar muy denso, y Bosque manglar). La información analizada corresponde a datos cuantitativos que fueron agrupados en función de los niveles de profundidad (0-20; 20-40 cm), de las cuales fueron obtenidas las muestras de suelo.

Para el primer tratamiento (T_1) se consideraron las características composicionales correspondientes al Bosque Seco. En el segundo tratamiento (T_2) se tomaron en consideración las características composicionales del Bosque Palmar muy denso, mientras que en el tercer tratamiento (T_3) se tomaron en cuenta las características edáficas asociadas al Bosque Manglar. Tal y como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos y repeticiones por cada parcela experimental

| Tratamientos | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|---|--------|--------|---------|
| M | T1(BS) | T2(BP) | T3(BM) | M | T1(BS) | T2(BP) | T3 (BM) |
| | 0-20 | 0-20 | 0-20 | | 20-40 | 20-40 | 20-40 |
| 1 | M1 | M1 | M1 | 1 | M1 | M1 | M1 |
| 2 | M2 | M2 | M2 | 2 | M2 | M2 | M2 |
| 3 | M3 | M3 | M3 | 3 | M3 | M3 | M3 |
| 4 | M4 | M4 | M4 | 4 | M4 | M4 | M4 |
| 5 | M5 | M5 | M5 | 5 | M5 | M5 | M5 |

Donde: M= Muestras; BS= Bosque Seco; BP= Bosque Palmar; BM= Bosque Manglar. *Se emplearon tres tratamientos con cinco repeticiones para cada nivel de profundidad*

Vera, 2022

3.2.3 Diseño experimental

El presente proyecto no requirió diseño experimental

3.2.4 Recursos

Recursos Bibliográficos: Tesis, artículos científicos, libros, revistas indexadas, trabajos de titulación del repositorio virtual de la Universidad Agraria del Ecuador [UAE].

Materiales y equipos de oficina: Impresora, laptop, calculadora, lápiz, borrador, bolígrafo, resmas de papel.

Materiales y equipos (Campo): Útiles de oficina (lápiz, cuaderno, bolígrafo, borrador), cámara fotográfica, cinta métrica, botas de caucho, guantes, pala, barreta, balde, barreno, machete, tabla munsell, espátula, cuchillo, fundas con cierre hermético (ziploc), marcador permanente, sistema de posicionamiento global (GPS), hojas de campo, etiquetas, agua destilada.

Laboratorio: Mandil, guantes, papel secante, papel film, papel filtro, botellas ámbar, botellas de polietileno.

El presupuesto empleado para el presente proyecto se observa en la Tabla 25, en anexos.

3.2.4.2 Métodos

3.2.4.2.1 Geomorfología

Para la etapa inicial se llevó a cabo la obtención de las características Geomorfológicas en base a descripción de campo y recopilación de información bibliográfica, a partir de estudios de carácter local, y demás documentos alusivos a las características geomorfológicas de la Isla Santay.

3.2.4.2.2 Índice de Gaussen

Para ilustrar la variación de la precipitación y la temperatura, se emplearon series de tiempo, trabajando con los registros mensuales para el periodo de 1969-2019. La precipitación y temperatura mensual se derivaron de conjuntos de datos climáticos obtenidos de la página web Climate charts (Zepner, Karrash, Wiemann, y Bernard, 2020). Además, se determinó la región bioclimática de la ciudad de Guayaquil según Gaussen (1957) en base al número de meses con presencia de sequía, cuyas denominaciones se observan en la Tabla 26, en anexos. El sistema de Bagnouls y Gaussen (1957) consistió en representar en un diagrama de coordenadas X y Y. En las abscisas los meses del año; en las ordenadas a la izquierda la precipitación en milímetros, y a la derecha la temperatura en grados centígrados, de tal forma que para cada temperatura corresponda el doble de la precipitación, considerando el mismo espaciamiento para cada mes.

3.2.4.2.3 Balance hídrico

Para la determinación del balance hídrico se empleó la metodología de Thornwaite y Matter (1948) considerando como datos esenciales a la temperatura, y precipitación media mensual para la ciudad de Guayaquil tal y como se observa en las Tabla 27, 28, 29, y 30 en anexos. A partir de lo cual se

determinó el índice térmico mensual, anual, y la evapotranspiración mensual en mm, en base a las fórmulas que se estipulan a continuación:

- **Índice térmico mensual (i):**

$$i = \frac{t^{1,514}}{5}$$

- **Índice térmico anual (I):**

$$I = \Sigma - i$$

- **Exponente que varía con el índice anual de calor de la localidad:**

$$a = 0,6751x10^{-6}I^3 - 0,771X10^{-4}I^2 + 0,017921 I + 0,49239$$

- **Evapotranspiración mensual en mm por mes de 30 días, y 12 horas de duración (e):**

$$e = 16 \left(\frac{10t}{I} \right)$$

Tras haber obtenido el valor de la evapotranspiración se aplicó un factor de corrección en base a la latitud, tal y como se detalla en la Tabla 31 en anexos. Por otro lado, para la obtención de los periodos de déficit y reserva de humedad se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se identificó el primer mes donde la precipitación fue superior a la evapotranspiración potencial (ETP): mes que dio inicio al balance hídrico.
- La precipitación útil se obtuvo a partir de restar la precipitación y la evapotranspiración potencial (PP-ETP).
- La reserva del primer mes fue el valor de la precipitación útil, para los siguientes meses fue la precipitación útil + reserva de humedad, considerando que el suelo tiene una capacidad máxima de retención de humedad se tomó en cuenta el valor máximo de retención cuando el valor de la reserva era superior que el de la capacidad máxima de retención.

- Para un valor de reserva positivo menor a la capacidad de retención máxima, se sumaron los valores de la lluvia útil hasta llegar a la capacidad máxima de retención.
- La evapotranspiración real fue igual a la Evapotranspiración potencial en los meses donde no había déficit (ETP= ETR). En los meses de déficit la Evapotranspiración real fue equivalente a la humedad (Precipitación+ reserva del mes anterior).

3.2.4.2.4 Clasificación mesoclimática

Tras realizar el balance hídrico se determinó el mesoclima en base a las terminologías propuestas por Thornwaite y Matter (1948). Para realizar dichas determinaciones se emplearon las fórmulas que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Índices y subíndices para la clasificación del mesoclima

| Crterios básicos | Fórmula | Crterios básicos | Fórmula |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| Régimen de humedad (Im) | $(100 E - 60 P) / ETP$ | Variación estacional de la humedad. | $(100 E) / ETP$ |
| Índice de eficiencia térmica | ETP | Concentración térmica en verano | $(ETP \text{ meses de verano (diciembre, enero, y febrero),} / ETP \text{ anual}) * 100$ |

Donde: E= exceso de humedad en el año D= Deficiencia de humedad en el año ETP= Evapotranspiración potencial. Para el cálculo de la variación estacional de la humedad se tomó en cuenta la magnitud y distribución del clima del lugar (periodos secos) = Índice de humedad

Thornwaite y Matter, 1948

Los valores obtenidos se compararon en base a las clasificaciones estipuladas en la Tabla 32, 33, 34, y 35, en anexos.

3.2.4.2.5 Propiedades morfológicas

Para la obtención de las características morfológicas se realizó la observación de las mismas en un perfil descubierto (Bosque Manglar), y en dos calicatas (Bosque Palmar muy denso y Bosque seco). Las cuales fueron establecidas al azar en cada una de las parcelas experimentales. Una vez realizadas las calicatas se procedió a efectuar la descripción morfológica, considerando los criterios de la “Guía para la descripción de suelos” de la FAO (2009), el “Soil Survey Manual” de la USDA (2017), y la “Guía para identificar y delimitar suelos hídricos” de la USDA (2018), tal y como se estipula en el formato de la Tabla 36, en anexos.

3.2.4.2.6 Propiedades composicionales

Por último, para el análisis de las características composicionales se recolectaron 10 muestras de suelo (10kg aproximadamente) en cada parcela experimental con barreno, machete, pala, y barreta, que fueron recabados a dos niveles de profundidad (0-20; 20-40 cm), obteniendo un total de 30 muestras (30kg), mediante un diseño de muestreo aleatorio simple (Schweizer, 2011) tal y como se observa en la Figura 35, en anexos. Antes de efectuar cada muestreo, se eliminó cualquier material ajeno al suelo (hierbas, piedras), se cuidó la profundidad de la toma de muestra, y se evitó la contaminación entre capas de muestreo, las cuales una vez obtenidas pasaron por un proceso de secado a temperatura ambiente (muestras con mayor nivel de humedad) por un periodo de tres días, y posterior molienda, al finalizar se realizó el tamizado de las mismas mediante el empleo de un tamiz de 2 mm para su posterior análisis. Para finalizar, se representó la distribución espacial de las comunidades vegetales mediante mapas temáticos, Ver Figura 38, 39 y 40, en anexos.

Por otro lado, en la Figura 1 se esquematiza el diagrama de flujo para la determinación de las características edáficas de la isla Santay.



Figura 1. Diagrama de flujo para la determinación de las características posicionales, morfológicas y composicionales de la Isla Santay Vera, 2022

3.2.4.3 Técnicas

Para la determinación de las características composicionales y morfológicas se emplearon las siguientes técnicas:

3.2.4.3.1 Determinación del pH (Potenciométrico)

- **Equipos/Materiales/Reactivos:**

Potenciómetro (pH-metro); Soluciones amortiguadas de pH conocido (Generalmente de pH 4 y 7); Vasos precipitados de 50 ml; Agitador de vidrio; Balanza analítica.

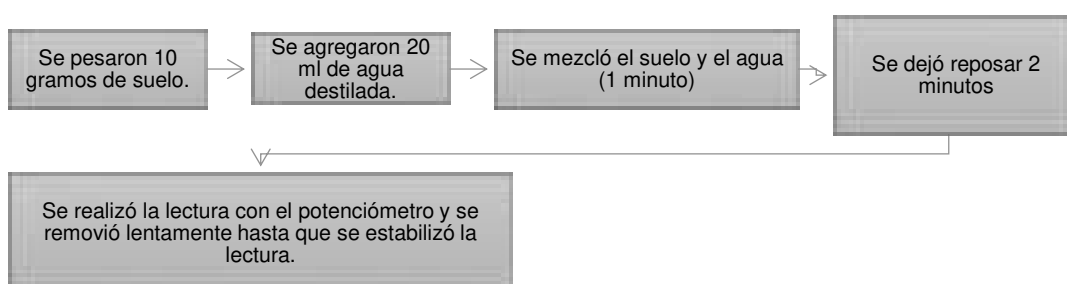


Figura 2. Metodología para la determinación del pH Vanek, Fonte, Magonziwa, Paredes y Alavi, 2018

Los criterios que se emplearon para evaluar al suelo con respecto al pH se estipulan en la Tabla 37, en anexos.

3.2.4.3.2 Determinación de la Materia orgánica (Calcinación)

- **Equipos/Materiales/Reactivos**

Horno de mufla controlada a 5°C para incinerar a 600°C; Porcelana de alto formato, crisol de 30 ml; Tapa de crisol de porcelana o papel de aluminio resistente; Armario desecador; Balanza analítica y cucharas; Estufa de secado eléctrica: regulada a una temperatura constante de 105°C.

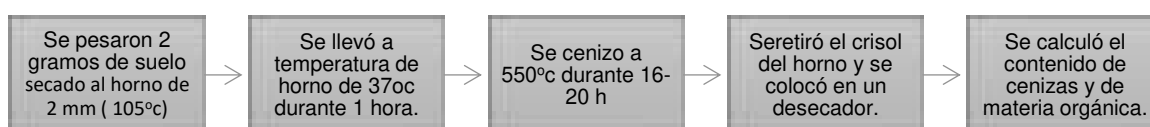


Figura 3. Metodología para la determinación de materia orgánica Carter y Greogorich, 2008

- **Cálculos:**

Para la determinación de la cantidad de cenizas se empleó la siguiente formula:

$$Ceniza = \frac{a - c}{b - c} \times 100$$

- **Donde:**

Donde a es el peso final (g) del crisol y la ceniza; b es el peso (g) del crisol y la muestra; y c es el peso (g) del crisol vacío.

El procedimiento descrito anteriormente se empleó para determinar la cantidad de materia orgánica de la siguiente manera:

$$\%Materia\ Orgánica = 100 - contenido\ mineral\ (ceniza)\%$$

3.2.4.3.3 Determinación de la densidad real (Picnómetro)

- **Equipos/Materiales/Reactivos**

Picnómetro; Termómetro; Balanza analítica; Plancha de calentamiento; Agua destilada

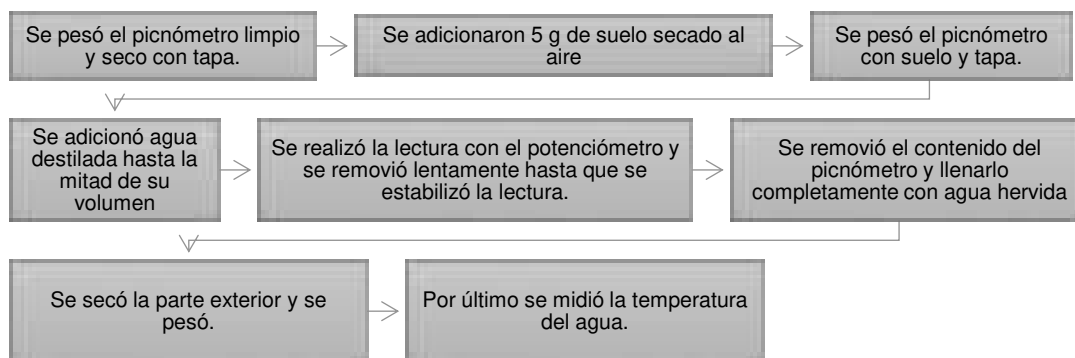


Figura 4. Metodología para la determinación de la densidad real
Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2002

- **Cálculos:**

Para la determinación de la densidad real se empleó la siguiente formula:

$$Dr = \frac{dw (Ws - Wa)}{(Ws - Wa) - (Wsw - Ww)}$$

- **Donde:**

Dr= Densidad Real

Dw= Densidad del agua a la temperatura observada

Ws= Peso del picnómetro más el suelo

Wa= Peso del picnómetro vacío

Wsw = Peso del picnómetro más suelo más agua

Ww = Peso del picnómetro más agua

Los datos tomados en cuenta para la corrección de la densidad del agua se

encuentran estipulados en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores para la corrección de la densidad del agua.

| Temperatura °C | Densidad del agua g/ml |
|----------------|------------------------|
| 18 | 0,99897 |
| 20 | 0,9862 |
| 22 | 0,99823 |
| 24 | 0,99780 |
| 26 | 0,99732 |
| 28 | 0,999681 |

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2002

3.2.4.3.4 Determinación de la textura (Bouyoucos)

- **Equipos/Materiales/Reactivos**

Cronómetro; Hidrómetro estándar (ASTM -152 H); Dispensora mecánica con copa para suelos; Agitador manual con émbolo de 4 cm de diámetro o rodaje que se adapte al diámetro de la probeta; Piseta; Probeta aforada de 1000 ml Termómetro; Agente dispersante (Hexametáfosfato de sodio); piseta.

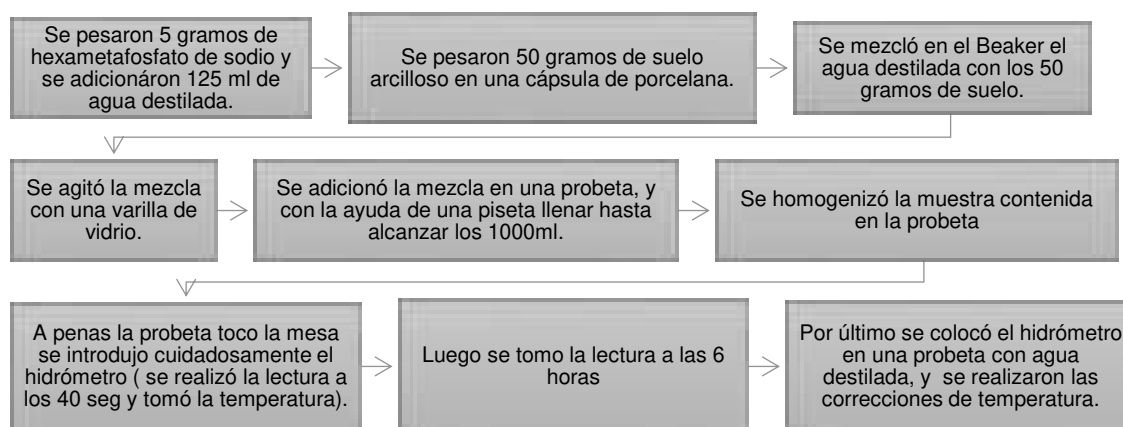


Figura 5. Metodología para la determinación de la textura Carter y Greogorich, 2008

Los datos tomados en cuenta para la corrección de la temperatura se encuentran estipulados en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de corrección de la temperatura

| Grados F | Grados centígrados | Rectificación |
|----------|--------------------|---------------|
| | 15 | -1.6 |
| | 16 | -1.4 |
| | 17 | -1.0 |
| | 18 | -0.6 |
| 67 | 19 | -0.2 Reste |
| 68 | 20 | +0.2 Sume |
| | 21 | +0.4 |
| | 22 | +0.8 |
| | 23 | +1.2 |
| | 24 | +1.6 |
| | 25 | +2.0 |
| | 26 | +2.2 |
| | 27 | +2.6 |
| | 28 | +3.0 |
| | 29 | +3.4 |
| | 30 | +3.8 |
| | 31 | +4.0 |
| | 32 | +4.4 |

Carter y Greogorich, 2008

- **Cálculos:**

Para la determinación de los porcentajes de arena. Limo y arcilla se emplearon las siguientes formulas:

$$\text{Arena total} = \frac{100 - (\text{Lectura corregida del hidrómetro a los 40 seg}) \times 100}{\text{peso seco de la muestra}}$$

$$\text{Arcilla } 0,002 \text{ mm} = \frac{(\text{Lectura corregida del hidrómetro a los 6 horas}) \times 100}{\text{peso seco de la muestra}}$$

$$\text{Limo } 0,05 \text{ mm} - 0,02 \text{ mm} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

- **Uso del triángulo textural:**

Una vez obtenidos los cálculos se empleó el triángulo textural, tal y como se estipula en la Figura 36, en anexos. En este triángulo se encuentran representadas todas las posibles combinaciones. Para usar el triángulo, se procedió de la siguiente manera:

- a) Se localizó el % de arena y se dibujó una línea paralela al lado derecho del triángulo (lado del limo).

- b) Se localizó el % de limo se dibujó una línea paralela al lado izquierdo del triángulo (lado de la arcilla).
- c) Se localizó el % de arcilla y se dibujó una línea paralela al borde inferior del triángulo.

Las tres líneas cortadas en el mismo punto dieron como resultado la clase textural del suelo.

3.2.4.3.5 Determinación de la humedad (Método gravimétrico)

- **Equipos/Materiales**

Botes de aluminio para humedad; Estufa con circulación forzada de aire y temperatura controlada; Balanza con aproximación de 0,01 gramos; Pinzas; Desecador.

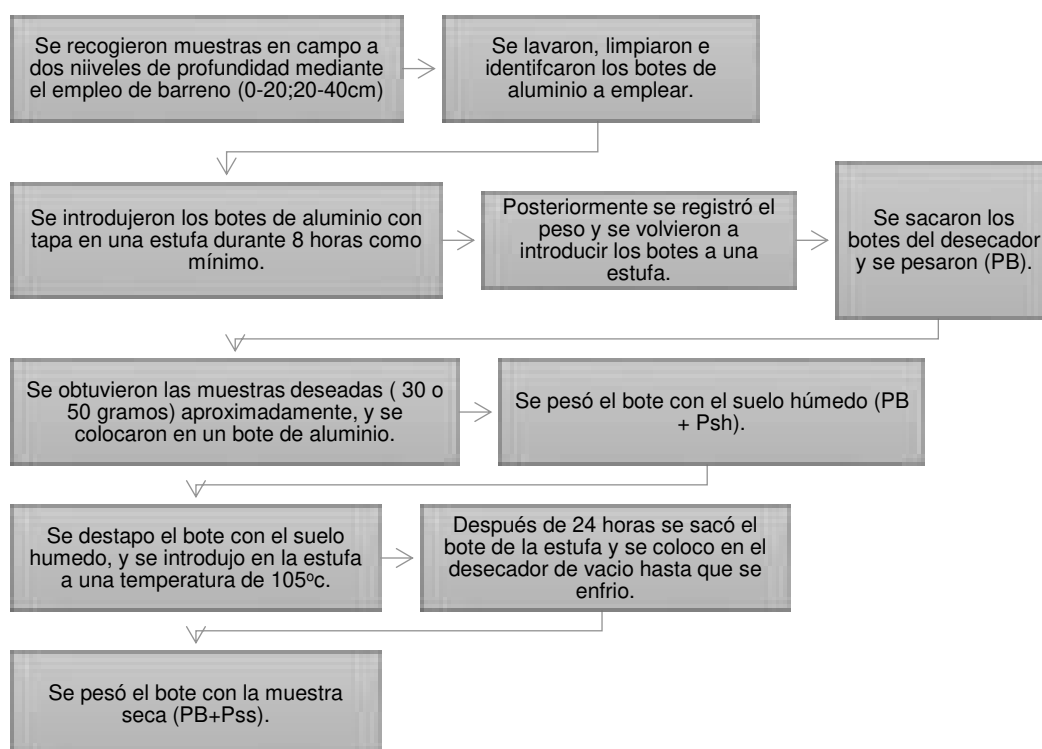


Figura 6. Metodología para la determinación de la humedad
Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, 2002

- **Cálculos:**

Para la determinación de la humedad mediante el método gravimétrico se empleó la siguiente fórmula:

$$\emptyset g = \frac{(PB+Psh)-(PB+Pss)}{(PB+Pss)-PB} \times 100$$

- **Donde:**

$\emptyset g$ = Contenido de humedad gravimétrica expresado en porcentaje (%)

PB + Psh = Peso del bote más peso del suelo húmedo (g)

PB + Pss = Peso del bote más peso del suelo seco (g)

3.2.4.3.6 Determinación de Fósforo (Murphy-Riley)

- **Materiales/Equipos/Reactivos**

Agitador magnético; Magneto; Barra atrapa magneto; Frascos de plástico; Papel filtro de tamaño de poro 8 um, libre de P; Espectrofotómetro que cubra el rango de 800-900 nm, con celdas de una longitud de paso de luz de 10 mm; Pipetas volumétricas de 1, 2, 5, 10, 25 y 50 ml; Balones volumétricos de 250, 500 y 1000 ml; Soporte Universal; Balanza analítica; Matraces aforados de 100 ml; Hidróxido de Sodio (NaOH); Bicarbonato de Sodio (NaHCO₃); Carbón activado; Ácido sulfúrico; Molibdato de amonio; Tartrato de antimonio y potasio; Ácido ascórbico; Fosfato Dihidrógeno de Potasio.

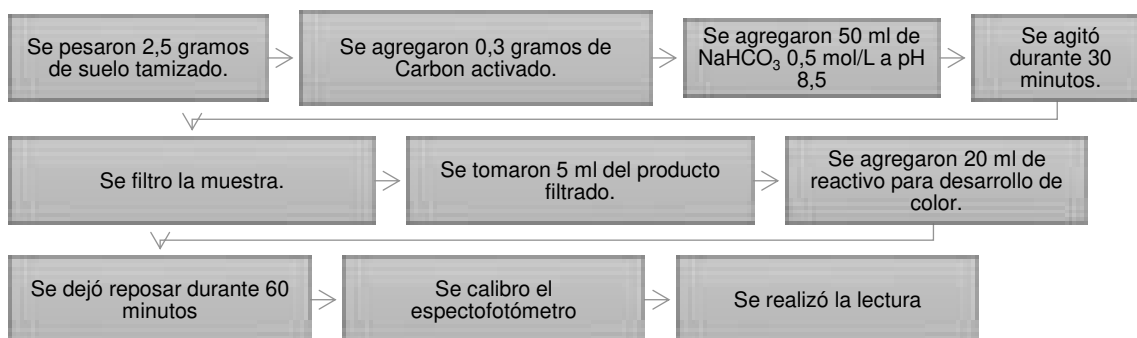


Figura 7. Metodología para la determinación de Fósforo
Sadzawka, et al., 2006

- **Cálculos:**

Para determinar la concentración de P mediante el método colorimétrico azul de molibdeno se empleó la siguiente formula:

$$P \text{ (mg/Kg)} = (a-b) \times D \times 20$$

a= mg/L de P en el extracto de la muestra.

b= mg/L promedio de P en los blancos

D= Factor de dilución del extracto de muestra

Y se informaron los resultados como: **P-Olsen** = mg/Kg

3.2.4.3.7 Determinación de Azufre (Turbidimétrico)

- **Materiales/Equipos/Reactivos**

Vidrio reloj; espátula, matraces aforados de 100 ml; balones de 250 ml; magneto; barra atrapa magneto; beaker de 100 ml; varilla de vidrio; balón de 1000 mL; beaker de 1000 ml; balón volumétrico de 50 ml; balón volumétrico de 500 ml; pipetas volumétricas de 1,2,4,6,8,10,14,16,20,50 ml, pera, celdas para espectrofotómetro; espectrofotómetro; balones de 25 ml; embudos; soportes universales; Erlenmeyer; Fosfato monobásico de calcio 0.008 M; Ácido clorhídrico concentrado (HCl); Gelatina "Gelatin Difco"; Cloruro de Bario (BaCl_2); Sulfato de potasio (K_2SO_4).

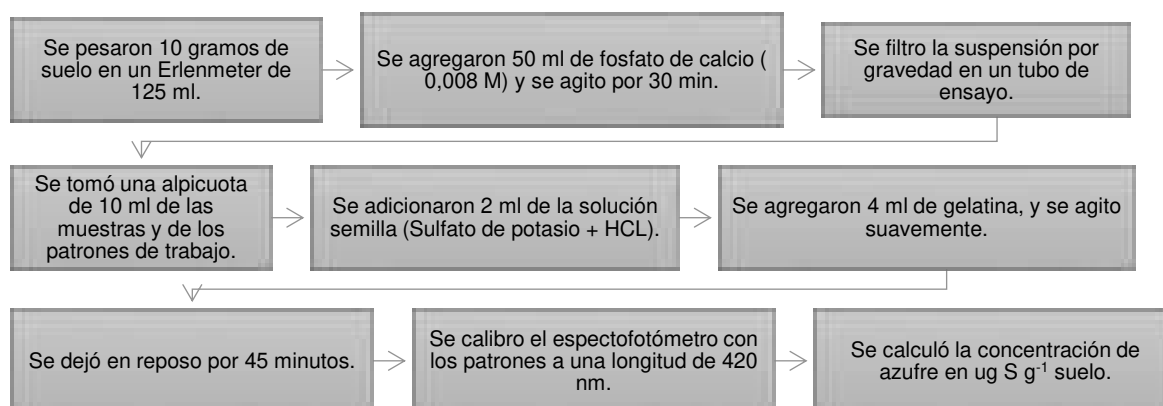


Figura 8. Metodología para la determinación de Azufre McKean, 1993

3.2.4.3.8 Determinación de Nitrógeno (Nitrógeno Total Kjeldhal)

- **Materiales/equipos/ Reactivos:**

Tubos para digestor; Tamiz de abertura de 0,25 mm y 0,5 mm; mortero y pilón; bureta; soporte universal; embudos de vástago largo; beaker de 1000 ml; pipeta de 50 ml; vidrio reloj; espátula; vaso precipitado de 100 ml; balón volumétrico de 1000 ml; matraces de 100 ml; matraz de 500 ml; Erlenmeyer de 50 ml; magneto, barra atrapa magneto; varilla de vidrio; Tiosulfato de sodio; mezcla catalítica; Hidróxido de Sodio (NaOH); Rojo de metilo; Verde de bromocresol; Solución ácido bórico-indicador; H_2SO_4 .

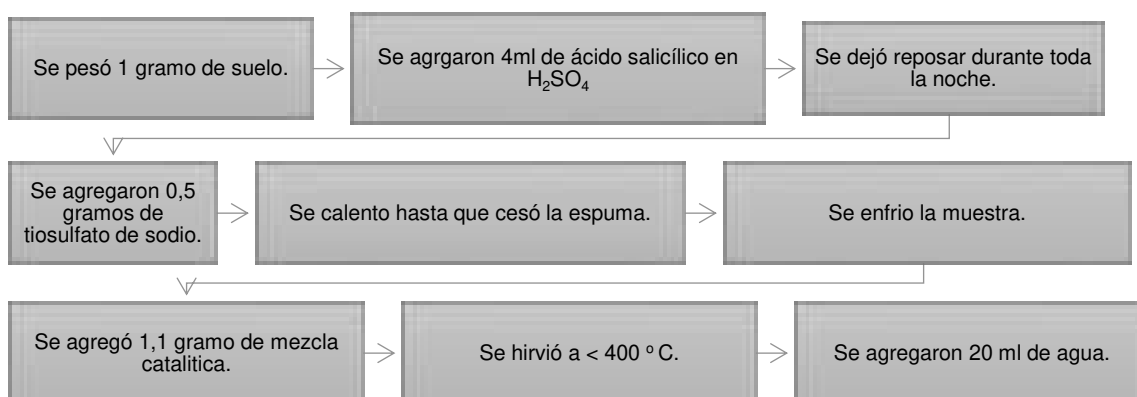


Figura 9. Metodología para la determinación de Nitrógeno por digestión Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2006

- **Destilación de NH_3 y determinación por titulación**

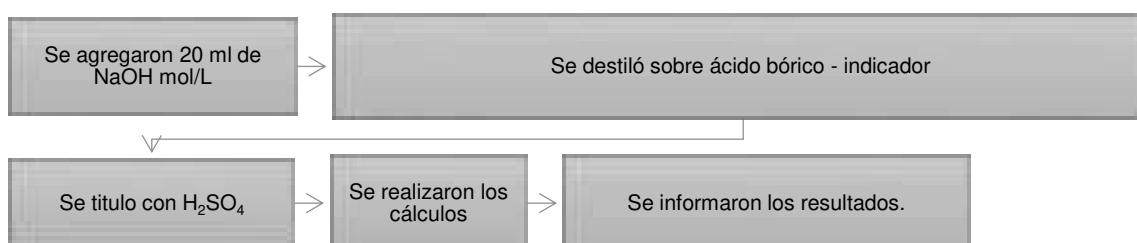


Figura 10. Metodología para la destilación de NH_3 y determinación de Nitrógeno por titulación Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2006

- **Cálculos:**

Para realizar la determinación de N en la muestra se empleó la siguiente fórmula:

$$N (\%) = \frac{(a-b) \times M}{m} \times 2,8$$

- **Donde:**

A= ml de solución estándar de H₂SO₄ gastados en la muestra

B= ml promedio de solución estándar de H₂SO₄ gastados en los blancos

M= Concentración mol/L de la solución estándar de H₂SO₄

m= masa en g de la muestra usada en el método

3.2.4.3.9 Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua

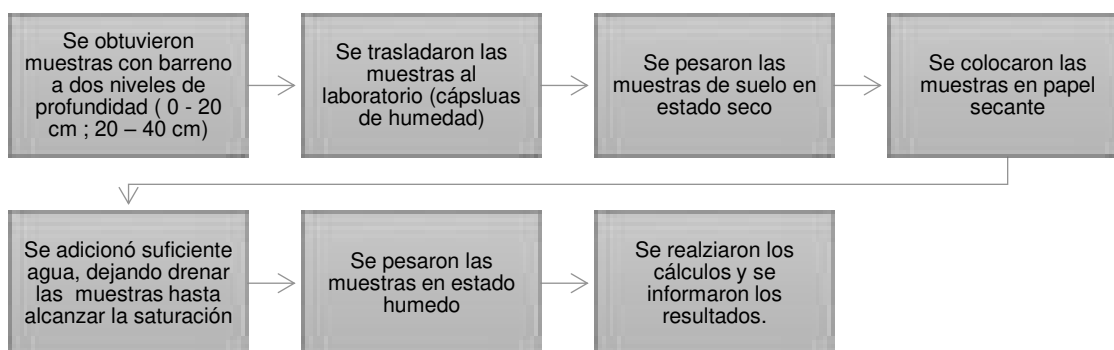


Figura 11. Metodología para la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua
Thompson y Frederick, 1980

Para la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua se empleó la siguiente fórmula:

$$CAA = (\text{peso del papel húmedo} + \text{suelo}) - (\text{peso del papel} + \text{peso del suelo seco})$$

3.2.4.3.10 Determinación de las Características morfológicas

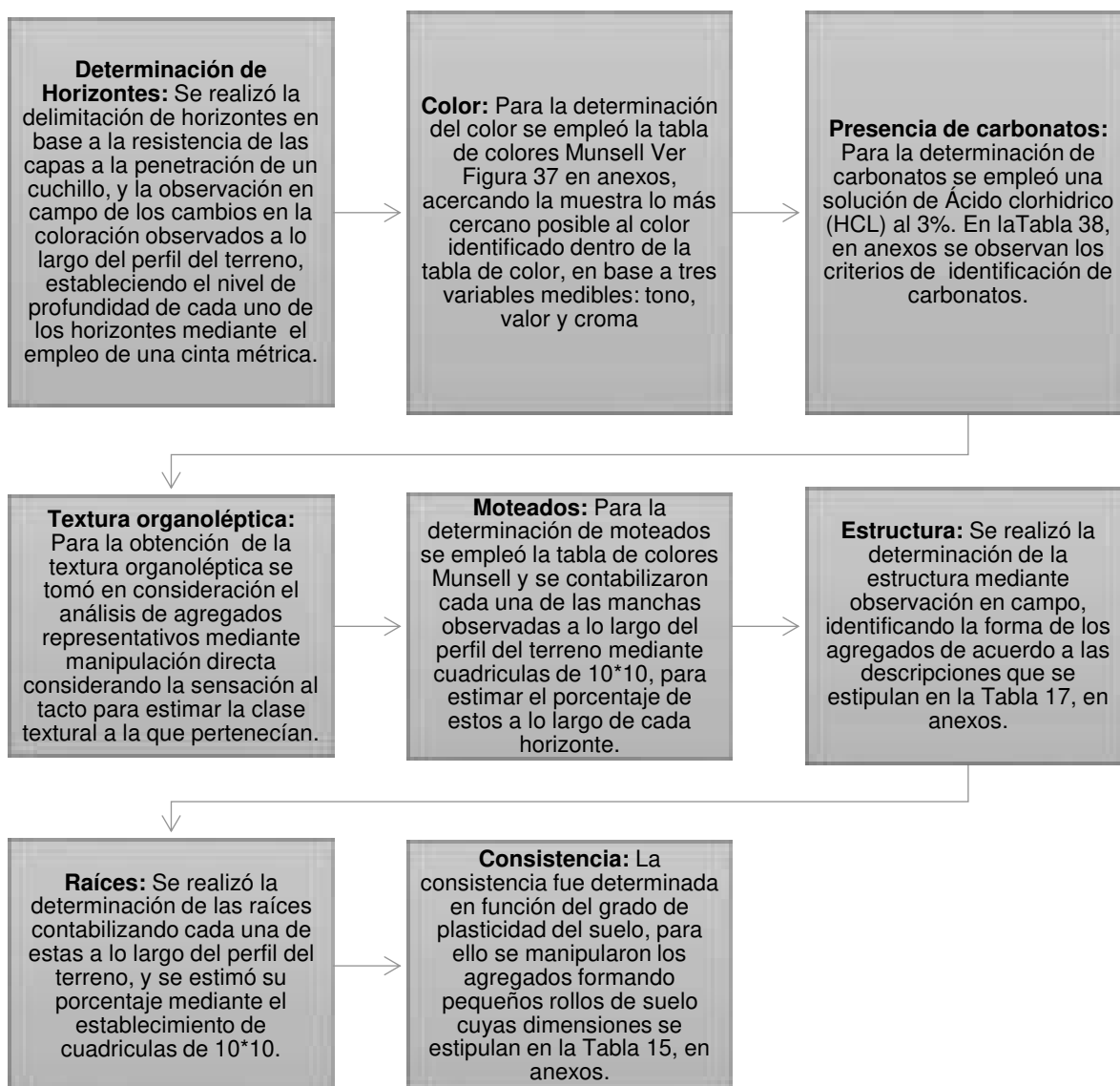


Figura 12. Metodología para la determinación de las características morfológicas FAO, 2009; USDA, 2017

3.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico del presente estudio contempló el empleo del software Minitab (*Versión 20.3*). Los datos estudiados (características composicionales) como se observa en la Tabla 5, se procesaron en base a pruebas paramétricas de estadística inferencial (ANOVA). En todas las pruebas se consideró un valor mínimo de prueba de hipótesis equivalente a $p \leq 0.05$.

Tabla 5. Características composicionales

| Propiedades físicas y químicas | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|
| pH | Textura | Nitrógeno |
| Densidad Real | Materia orgánica | Fósforo |
| Humedad | Azufre | CAA |

Donde= CAA: Capacidad de almacenamiento de agua

Vera, 2022

3.2.5.1 Análisis de varianza (ANOVA) unifactorial

En este modelo se hayan aquellos experimentos que solo poseen un factor de interés, a partir del cual se establecen varios niveles de estudio. El análisis de varianza se empleó para determinar la diferencia de medias de cada uno de los tratamientos, cuyas variables son totalmente aleatorias.

En base al estadístico de prueba que se empleó, para determinar la codependencia entre las variables del presente estudio. Se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: No existe diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos. (Por lo tanto, las características composicionales de los suelos que se encuentran en la Isla Santay guardan una estrecha relación).

H₁: Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos. (Por lo tanto, alguna o todas las características composicionales de los suelos que se encuentran en la Isla Santay no guardan una estrecha relación).

El resultado obtenido se comprobó con la siguiente condición:

- Si se rechaza la H_0 y se acepta la H_1 (alguna de las medias es diferente).
- Si se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 (las medias son iguales).

3.2.5.2 Prueba de Tukey-Kramer

Además, como parte del análisis estadístico se aplicó la prueba de Tukey (1949) para realizar comparaciones múltiples entre las medias de las variables de estudio.

Vale mencionar que la prueba de Tukey es una prueba estadística empleada por lo general en conjunto con ANOVA. Es parte de un conjunto de pruebas post-Hoc. Al poseer k poblaciones la prueba de Tukey, establece una hipótesis nula y su alternativa para ir comparando parejas hasta contrastarlas todas, tal y como se muestra a continuación:

$$(H_0: \mu_1 \neq \mu_2) (H_0: \mu_1 = \mu_3 \text{ vs. } H_a: \mu_1 \neq \mu_3) (H_0: \mu_2 = \mu_3 \text{ vs. } H_a: \mu_2 \neq \mu_3) \dots k (i \neq j)$$

4. Resultados

4.1 Determinación de las características posicionales mediante descripción de campo y revisión bibliográfica

4.1.1 Aspectos Geomorfológicos de la Isla Santay

Aledaño al río Guayas es posible divisar al humedal Santay, el mismo que se encuentra conformado por dos islas de formación sedimentaria y un tramo correspondiente al río Guayas, que se localizan al inicio del estuario con una longitud de 60 km hasta su descarga en el Golfo de Guayaquil (García, 2014), debido a su ubicación geográfica la isla recibe contribuciones de sedimentos fluviales y marinos de diversas subcuencas: Ríos Daule, Babahoyo, Chimbo, Vinces, Taura y Churute (Cárdenas y Medina, 2017).

Humedal que ha tenido variadas modificaciones entre ellas vale destacar las variaciones en sus formaciones geológicas, lodosas, las mismas que han sido descritas por Wolf en 1892, como de mucha relevancia por sus formaciones aluviales, detallando que estas características dificultan el paso del río al fraccionarlo en dos brazos (Larrea, 2015 como se citó de Saavedra, 2007).

La Isla Santay posee planicies que se encharcan durante la estación lluviosa, que eran típicas en la llanura de inundación de la cuenca baja del río Guayas (MAE, 2011). La cuenca baja propiamente, destaca por poseer sedimentos cuaternarios (arcillas y marinas estuarinas) con presencia de arenas, areniscas y conglomerados (Tapia, 2012 como se citó de Ministerio de Ambiente, 2000), con predominancia de suelos arcillosos o franco arcillosos, mal drenados, que se encuentran saturados todo el año.

González, Acosta, y Andrade (2008) indican que geomorfológicamente la “llanura del Guayas”, se consolida como una fosa de hundimiento con relleno fluvio marino. En la parte Sur, la llanura aluvial, se expresa como una zona parcialmente inundada en la estación lluviosa, siendo los valles, terrazas aluviales y, la llanura aluvial localizada en la cuenca baja del Rio Guayas se consolida como el relieve más susceptible a las inundación, formas en las que la pendiente posee una proporción inferior al 12% de topografía plana y ondulada.



Figura 13. Mapa geológico de las formaciones Cayo y Guayaquil

Benítez, Álvarez, Vera, y Mera (2005)

Por otro lado, vale mencionar que geológicamente, el establecimiento de la Cuenca del Guayas tuvo su origen durante la época del Plioceno en conjunto con la aparición de la Cordillera de la Costa al final de esa misma época, esta nueva formación dio paso a una concentración del drenaje al pie de los Andes,

dando como resultado que los flujos sean evacuadas al sur por el Golfo de Guayaquil, y al norte por la Bahía Ancón de Salinas y los corredores de fallas de Esmeraldas, dando origen a la formación de rocas basálticas correspondiente a la formación Piñón (antiguo piso oceánico), sobre cuyo material, se han venido acumulando distintos tipos de sedimentos hasta formar lo que corresponde a la formación Cayo como se observa en la Figura 13 (Tapia, 2012).

La Comisión de estudios para el desarrollo de la Cuenca del Río Guayas [CEDEGÉ] (1982) indica que, geológicamente la formación de la Cuenca del Guayas destaca por la presencia de cuatro regiones geomorfológicas bien definidas: cordillera de Balzar, cordillera de colonche y Chongón, llanura del Guayas, y montañas Andinas, con siete subcuencas, cuya red de drenaje tiene su origen en las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes y en la vertiente oriental de la Cordillera costanera Chongón Colonche que conforman los ríos Daule y Babahoyo, con la unión de sus caudales, dando origen al Río Guayas con una extensión de 93 km (Tapia, 2012).

De acuerdo con su geomorfología, la Cuenca del Guayas se reconoce como una fosa de hundimiento, saturada por material fluvio marino, que se sitúa envuelta de norte a sur por material pétreo, con limitaciones al este y oeste por la cordillera de los Andes y por la cordillera Chongón colonche, respectivamente (Cárdenas y Medina, 2017 como se citó de Gonzales y Andrade 2008). Con una probabilidad de inundación alta, ya que en ésta zona se producen inundaciones variables con una regularidad en cada año (Acosta y Winckell, 1984).

Además, la geología de la cuenca baja del río Guayas se relaciona íntimamente con los procesos que dieron origen a la cordillera de los Andes, a raíz de la función de la antigua placa continental, las transformaciones de la

cordillera a lo largo del periodo terciario, y la función de la corteza oceánica (Cárdenas y Medina, 2017). Donde, la proximidad de la Cordillera de Chongón, resulta ser una fuente indiscutible de las aportaciones detríticas que conformaron los depósitos coluviales que parcialmente constituyen el basamento.

De acuerdo con Benítez, Álvarez, Vera, y Mera (2005) la Isla Santay se encuentra localizada en el límite entre la llanura aluvial y el estuario del río Guayas, el mismo que se extiende hasta dónde llega el influjo de la marea y la salinidad, hasta unos 100 km dentro del continente por los ríos Daule y Babahoyo (Montaño y Sanfeliu, 2008).

Cabe señalar que los humedales se originan en planicies inundables, y son abundantes en las llanuras aluviales debido a que el nivel freático está cerca de la superficie, dando como resultado la consecución de inundaciones periódicas. Los humedales asociados a las aguas subterráneas de las llanuras costeras están influenciados por los controles del nivel del mar (Jackson, Thompson, y Kolka, 2014).

Por otra parte, de acuerdo con Jaramillo et al. (2002) la isla Santay posee una topografía relativamente plana con elevaciones que van desde los 0 hasta los 10 metros sobre el nivel del mar, lugar que al poseer un relieve plano, se consolida como una zona susceptible a constantes inundaciones debido a las subidas de marea en especial en la época lluviosa, lo que origina suelos mal drenados la mayor parte del año (Cárdenas y Medina 2017).

Además, vale destacar que al poseer un relieve plano evidencia una marcada diferencia a nivel altitudinal en relación a los demás relieves de la Cuenca del Guayas (CEDEGÉ, 1982), encontrándose en la categoría plana entre los 0 y 40 msnm como se observan en la Tabla 6.

Tabla 6. Relieves de la Cuenca del Guayas

| Tipo de relieve | Cotas (metros sobre el nivel del mar) |
|------------------------|--|
| Plano | 0 - 40 |
| Ondulado | 40 - 200 |
| Montañoso | 200 -800 |
| Andino | Más de 800 |

[CEDEGÉ], 1982

Por otro lado en base a las observaciones realizadas en campo, y considerando los criterios de Berroterán (1985) se tiene que la Isla Santay presenta un ambiente geomorfológico de región natural Costa, localizado en el Delta del Rio Guayas, un relieve tipo Vega; típico de las depresiones y cuencas sedimentarias, con planicies aluviales (forma del terreno), dando como resultado la consecución de inundaciones periódicas debido a la influencia fluvial.

4.1.1.1 Climatología

4.1.1.1.1 Sistema bioclimático de Gaussen

A partir de los datos de temperatura y precipitación que se observan en la Tabla 27, 28, 29 y 30, en anexos, se construyó el diagrama ombrotérmico de Gaussen para la ciudad de Guayaquil que se vislumbra en la Figura 14, donde se evidencia que la precipitación presenta un balance negativo la mayor parte del año, únicamente se observa de forma positiva durante los meses de enero a mayo, con mayor ocurrencia en el mes de marzo, comportamiento típico en la región.

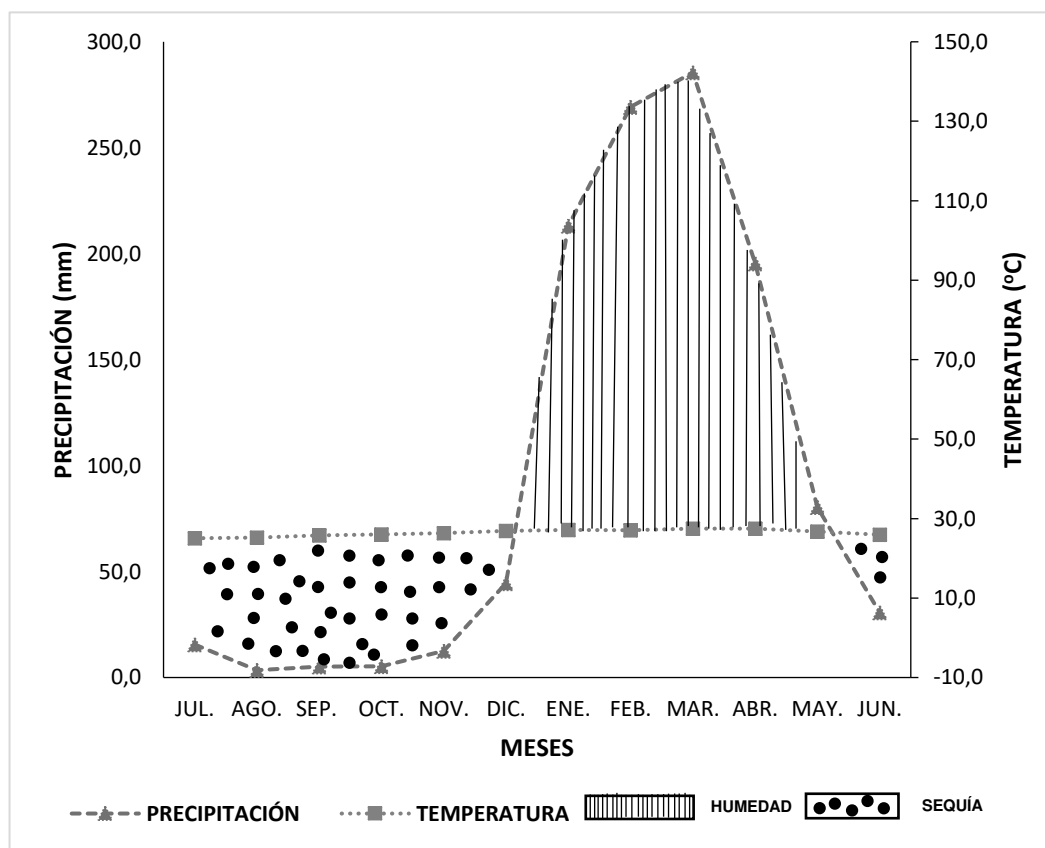


Figura 14. Diagrama ombrotérmico de Gaussen para la ciudad de Guayaquil (1969 – 2019)

Vera, 2022

Vale destacar que, la ciudad de Guayaquil localizada en la Cuenca baja del río Guayas, presenta una característica climatológica común de la Región Litoral del Ecuador, es decir por su ubicación geográfica se encuentra bajo el dominio

de las corrientes y vientos marinos, que en definitiva tienen una gran influencia sobre la atmósfera y el clima del lugar, recibiendo la influencia directa de la corriente fría de Humboldt, y la cálida del Niño, siendo los mayores reguladores del clima, en concordancia con la circulación atmosférica y las condiciones propias de las estribaciones Andinas (Tapia, 2012).

Tal y como se ilustra en la Figura 14, el diagrama de años recientes destaca por poseer una distribución homogénea de la temperatura, en el que se observa la presencia de dos periodos bien definidos: el periodo seco comprendido desde junio hasta diciembre, y una estación húmeda para los meses que anteceden al solsticio de invierno (enero a mayo).

En la Tabla 27 y 28, en anexos, se observan los patrones de temperatura registrados, para el periodo comprendido entre 1969 y 2019. Los valores de temperatura oscilan entre (27,1°C) para enero, y (26,7°C) para mayo (época lluviosa), mientras que para la época seca los promedios fluctúan entre (25,9°C) y (26,9°C) (junio – diciembre). De acuerdo con los registros la temperatura a lo largo del ciclo anual se presenta constante, no evidenciando variaciones significativas durante el rango evaluado. El análisis de la temperatura para un periodo de 50 años además permitió conocer la oscilación térmica anual, la cual es equivalente a (26,4°C). Los meses más cálidos resultaron ser marzo y abril con una temperatura promedio de (27,5°C), mientras que el mes más frío correspondió a julio con una temperatura promedio de (25,1°C).

Por su parte en la Tabla 29 y 30 en anexos, se aprecia la variación estacional de las precipitaciones para la ciudad de Guayaquil dentro de un periodo climatológico de 50 años, con una oscilación de precipitación anual acumulada de 1160,8 mm, donde se observa que todos los meses del periodo seco

presentan valores inferiores a los 50 mm (Junio – Diciembre). Mientras que por encima de los 80 mm (80 a 300 mm) aparecen los meses con mayor precipitación correspondientes a enero, febrero, marzo, abril y mayo.

Obteniendo así, precipitaciones que oscilan entre los (213,2 mm) para enero a (80,4 mm) para mayo (época lluviosa), mientras que en la época seca los promedios fluctúan entre (30,7 mm) para junio y (44,5 mm) en diciembre. Los resultados indican que los valores mínimos de precipitación para la ciudad objeto de estudio, se registraron en el mes de agosto (3,5 mm), mientras que la mayor precipitación promedio mensual correspondió a marzo con (285,5 mm).

De acuerdo con los datos analizados para la ciudad de Guayaquil se aprecia la existencia de cinco meses húmedos correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo, y la existencia de siete meses secos o semihúmedos correspondientes a los meses de junio a diciembre, meses en los que la precipitación mensual fue igual o superior al doble de la temperatura, notándose que el umbral de la línea de precipitación es dos veces inferior que la línea térmica. Además, realizando una comparación entre las precipitaciones del periodo húmedo y seco, se destaca que en la época seca ocurre una reducción notable en la magnitud de las precipitaciones.

Por otro lado, al evidenciar siete meses secos, de acuerdo con el sistema bioclimático de Gaussen los datos presentados infieren que el clima de la zona de estudio es tropical seco (coincidiendo con los meses más cortos a lo largo del año).

4.1.1.2 Balance Hídrico

Una vez se obtuvieron los promedios mensuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, se realizó un balance hídrico simplificado. Donde se cuantificó el comportamiento de la humedad y se determinaron los excesos (valores que superan la saturación del suelo), y los déficits de humedad (niveles cercanos al punto de marchitez permanente), en base a la metodología de Thornthwaite y Matter (1948).

En la Tabla 39, en anexos se presentan los resultados del balance hídrico, en el que se reflejan los rangos promedios mensuales de precipitación, temperatura y evapotranspiración de referencia, promedios mensuales expresados en mm. Para la ejecución de esta metodología se consideró al agua disponible en el suelo hasta llegar a su máximo de saturación (CAA), con valores indistintos para cada comunidad vegetal a la que se hace referencia en el presente estudio, con una capacidad media de retención de agua de (86,54 mm) para el bosque seco, (91,37 mm) para el bosque palmar muy denso y (68,93 mm) para el bosque manglar respectivamente. Además, vale destacar que, la distribución de la humedad del suelo se correlacionó con lo esperado de acuerdo a las características físicas de los suelos: mayor almacenamiento en los suelos donde existe una mayor preponderancia de arcilla.

De los datos obtenidos se destaca que la evapotranspiración (ETP) anual acumulada es equivalente a (1622 mm), con una precipitación anual acumulada no mayor a (1160,8 mm). Según la metodología Thornwaite y Matter (1948), el menor valor de ETP fue de (108,5 mm) que corresponde al mes de julio, y el mayor valor fue de (159,78 mm) para el mes de marzo. El mayor promedio

mensual de evaporación corresponde a marzo con (152,4 mm) oscilando entre (145,84 mm) en enero a (138,049 mm) para mayo (época lluviosa), mientras en la época seca los promedios fluctúan de (122,64 mm) en junio a (140,76 mm) en el mes de diciembre.

Por otra parte, es evidente observar que los meses en los que la evapotranspiración alcanza valores máximos coinciden con los periodos de mayor precipitación. Además, se identificó que la zona de estudio presenta un déficit hídrico alto entre los meses de junio a diciembre, mientras que en los meses de enero a mayo se suelen presentar valores relativamente bajos.

El periodo con déficit hídrico es equivalente a aproximadamente al periodo observado (junio a diciembre), con un total de siete meses, vale destacar que, en Guayaquil, las deficiencias hídricas ocurren entre junio y diciembre, debido a la disminución de la temperatura y una reducción notable en las precipitaciones, tal y como se observa en la Tabla 39, en anexos ya que las lluvias están bien distribuidas estacionalmente hablando. De los resultados obtenidos también se puede interpretar que durante el periodo seco (enero a mayo), el déficit hídrico es inferior a (0,0 mm), porque existe un equilibrio entre la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP).

En la Tabla 39, en anexos se observan excesos de humedad para los meses de febrero, marzo y abril, con valores indistintos para cada comunidad vegetal a las que se hace referencia en el presente estudio, vislumbrando una tendencia negativa, debido a que el valor de la evapotranspiración supera en creces los valores registrados por la precipitación en la mayor parte de los meses evaluados (junio a diciembre). Por otro lado, es meritorio destacar que, el hecho de que

siete meses hayan sido considerados como secos por la propuesta de Thornwaite y Matter (1948), está vinculado con los periodos de menor precipitación (junio-diciembre), dentro de un promedio climatológico de 50 años (1969-2019).

Por otro lado, en las figuras subsiguientes se observa de forma resumida la variabilidad espacio – temporal de la humedad en el suelo de acuerdo con los datos reportados para el periodo de 1969 – 2019, donde se observa el incremento gradual que tiene el contenido de agua desde el mes de enero, hasta llegar al valor máximo de saturación en el mes de marzo. Los resultados que ofrece el método de Thornwaite y Matter (1948) para los distintos años y reservas útiles se reflejan en los climadiagramas de las comunidades vegetales con diferente capacidad de almacenamiento. En términos generales las gráficas del balance hídrico permiten apreciar que, a inicios del mes de junio, los excesos de humedad se van reduciendo, esta tendencia es similar para los meses subsecuentes (julio a diciembre).

En primera instancia en la Figura 15 se observa el climadiagrama para la comunidad vegetal del Bosque Seco, cuyos suelos con preponderancia de arcilla poseen una CAA de (86,54) mm en promedio. Donde de acuerdo con los resultados obtenidos ocurre un déficit hídrico equivalente a: (-67,2) (-96,1) (-112) (-116,1) (-125,3) (-120) y (-103,3) mm, para los meses de junio a diciembre, evidenciando excesos de humedad diferenciados para los meses de febrero a abril obteniendo valores equivalentes a (109,5) (127) y (42,3) mm, con un almacenaje equivalente a (63) (86,5) (86,5) (86,5) y (24,8) mm para los meses de enero a mayo.

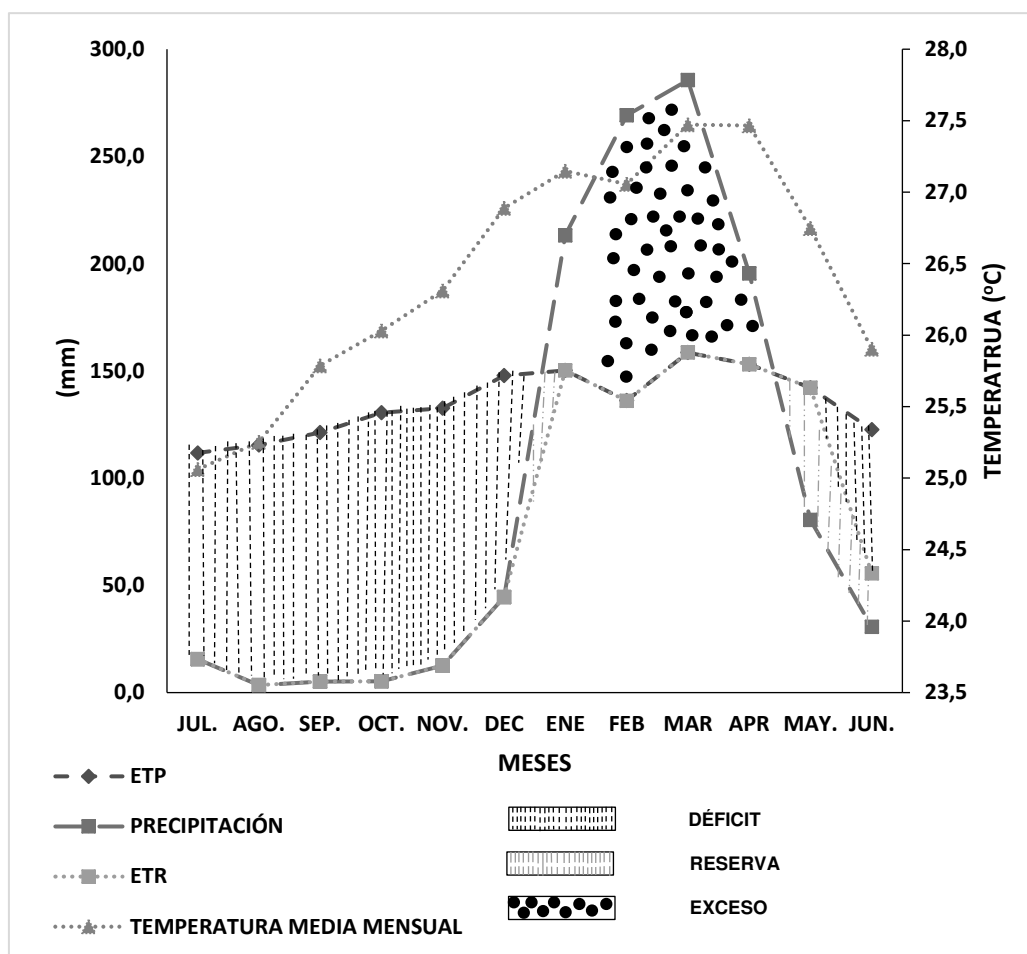


Figura 15. Balance Hídrico para el Bosque Seco con CAA de 86,54 mm Vera, 2022

Seguidamente tenemos al climadiagrama para la comunidad vegetal del bosque palmar muy denso como se observa en la Figura 16, cuyos suelos con preponderancia de arcilla poseen una CAA de (91,37) mm en promedio. Donde según los resultados obtenidos ocurre un déficit de precipitación equivalente a: (-59) (-96,1) (-112) (-116,1) (-125,3) (-120) y (-103,3) mm, para los meses de junio a diciembre, evidenciando excesos de humedad diferenciados para los meses de febrero a abril obteniendo valores equivalentes a (104,7) (127) y (42,3) mm, con un almacenaje igual a (63) (91,4) (91,4) (91,4) y (29,6) mm para los meses de enero a mayo.

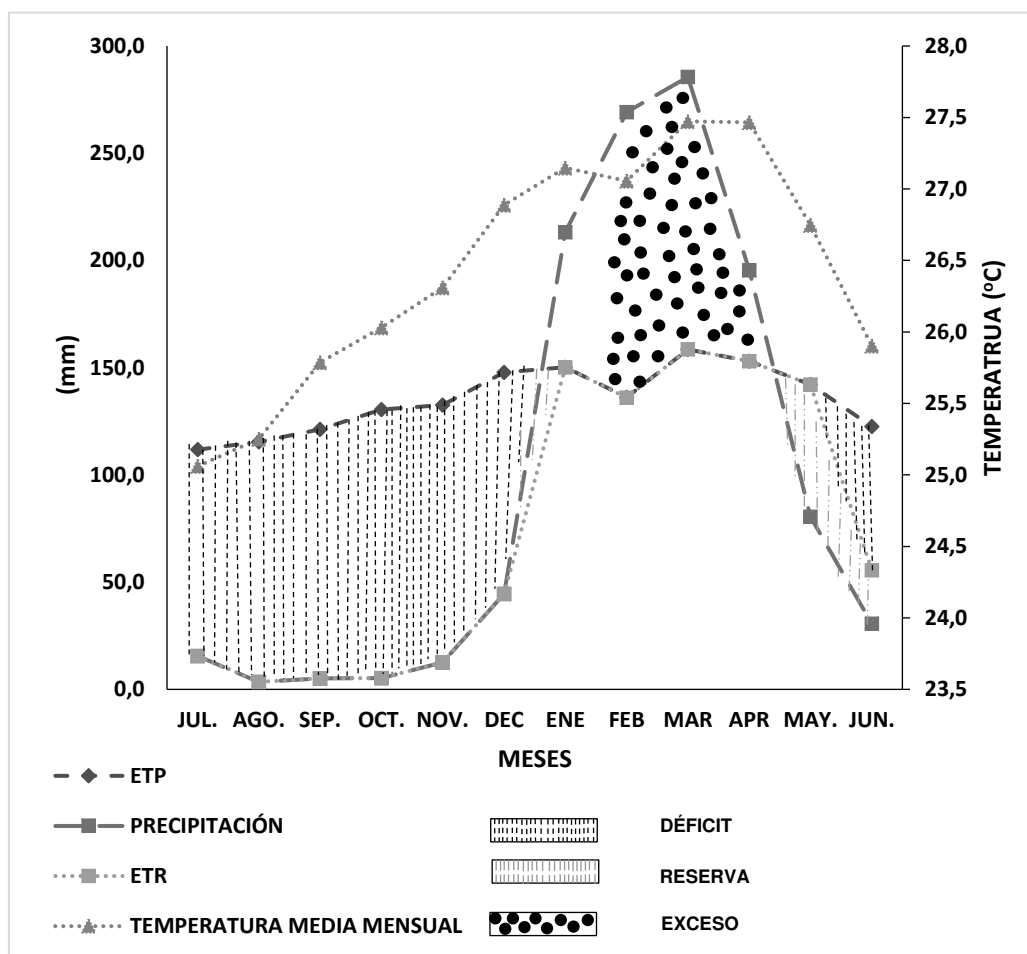


Figura 16. Balance Hídrico para el Bosque Palmar muy denso con CAA de 91,37 mm
Vera, 2022

Por último, en relación a la comunidad vegetal del bosque manglar como se aprecia en el Climadiagrama de la Figura 17, bajo condiciones zonales se evidencia una menor capacidad de almacenamiento de agua (68,93 mm) en relación a las demás comunidades vegetales que se detallan en párrafos anteriores, la menor proporción de arcilla en las muestras analizadas determina posiblemente la obtención de una menor capacidad de almacenamiento de agua, considerando la existencia de variación de suelos arcillosos a arcillo limosos en esta parte de la Isla.

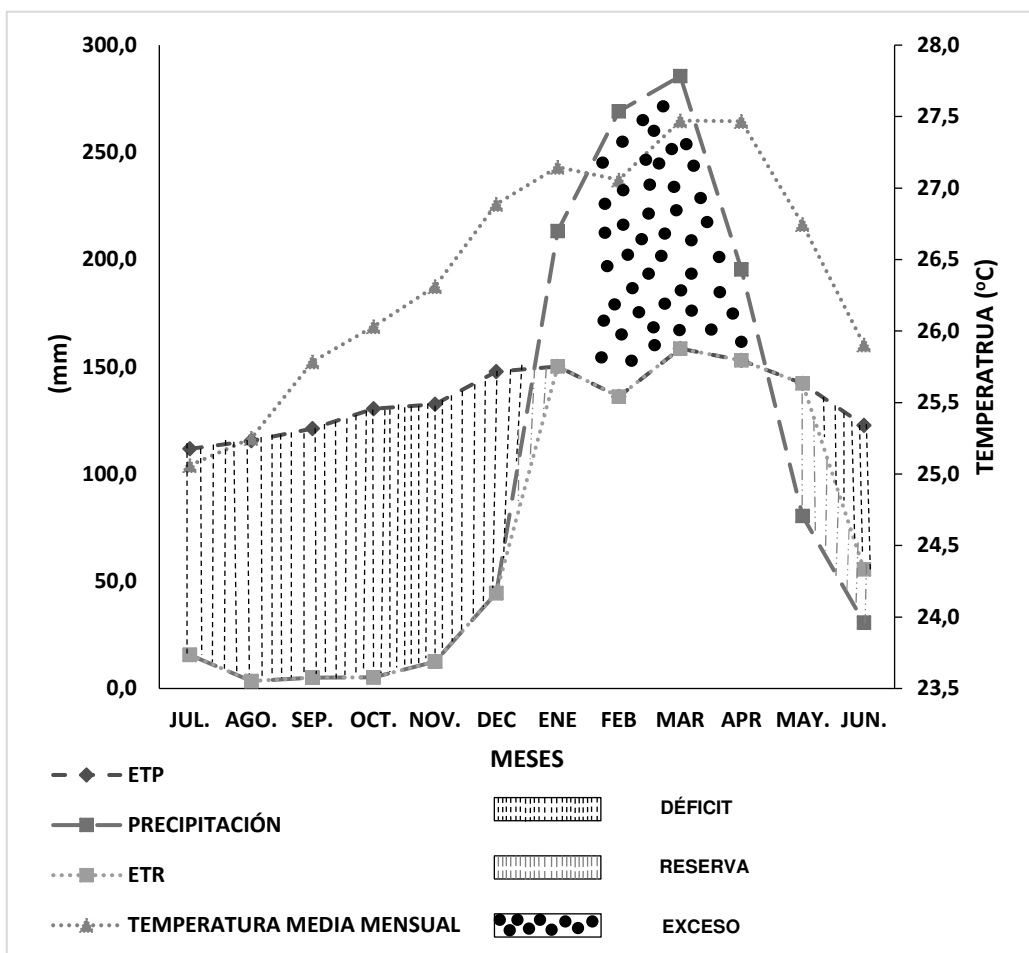


Figura 17. Balance Hídrico para el Bosque manglar con CAA de 68,93 mm Vera, 2022

Además, según los resultados obtenidos en el bosque manglar ocurre un déficit de precipitación equivalente a: (-84,8) (-96,1) (-112) (-116,1) (-125,3) (-120) y (-103,3) mm, para los meses de junio a diciembre, evidenciando excesos de humedad diferenciados para los meses de febrero a abril, obteniendo valores equivalentes a (127,1) (127) y (42,3) mm, con un almacenaje igual a (63) (68,9) (68,9) (68,9) y (7,2) mm para los meses de enero a mayo.

4.1.1.3 Clasificación mesoclimática

En base a los datos de precipitación y temperatura promedio, y el valor medio de retención de humedad se determinó la clasificación mesoclimática para la ciudad de Guayaquil e Isla Santay cuyos resultados se reflejan en la Tabla 7.

Tabla 7. Índices para la clasificación mesoclimática

| ÍNDICE | CAA | HÍDRICO | HUMEDAD | EFICACIA TÉRMICA | CONCENTRACIÓN TÉRMICA EN VERANO | CLIMA |
|-------------------------------|-------|---------|---------|---------------------|---------------------------------------|---|
| COMUNIDAD VEGETAL | (Im) | (Ih) | ET= ETP | (S) | | |
| BOSQUE SECO | 86,54 | -25,745 | 17,194 | 1622 | 27,42% | D s A a´ Semiárido seco, con moderado exceso de humedad en verano, |
| BOSQUE PALMAR MUY DENSO | 91,37 | -26,047 | 16,893 | 1622 | 27,42% | megatérmico o cálido, con 27,42 % de verano al año. |
| BOSQUE MANGLAR | 68,93 | -24,661 | 18,279 | 1622 | 27,42% | |

Donde: CA=: Capacidad de almacenamiento de agua; Im = Índice hídrico; Ih= Índice de humedad
Vera, 2022

En resumen, según la clasificación climática de Thornwaite y Matter (1948) el clima del área de estudio se reconoce como semiárido seco, con moderado exceso de humedad en verano, megatérmico cálido, con 27,42 % de verano al año (D s A a´), el tipo de clima resultó ser el mismo para las tres comunidades vegetales con diferente capacidad de almacenaje de agua.

4.1.1.5 Ambiente hídrico

Los suelos de la Isla Santay presentan una eliminación lenta del suministro de agua con una prolongada saturación, propiedad singular de los lugares que presentan problemas de hidromorfismo (régimen de humedad ácuico). En tal sentido debido a las altas proporciones de humedad evidenciadas cómo se observa en la Figura 18, se exhibe un predominio de suelos imperfectamente drenados a muy pobremente drenados.

Según Van Diepen (1985) desde un punto genético los suelos mal drenados involucran caracteres edáficos formados bajo condiciones de exceso de humedad, lo cual comprende la existencia de condiciones reductoras por periodos prolongados, como resultado el suelo evidencia rasgos morfológicos vinculados a las condiciones de mal drenaje como la presencia de moteados y colores grises.

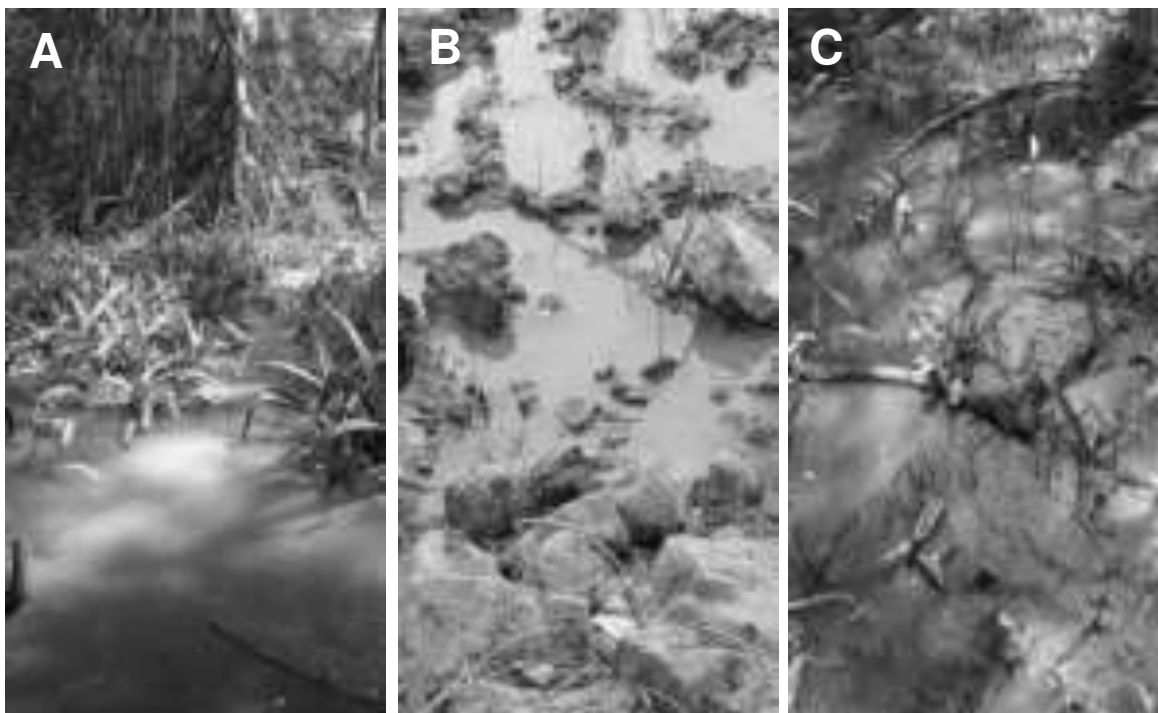


Figura 18. Evidencia de hidromorfismo en la Isla Santay Vera, 2022

No obstante, en el área central de la Isla Santay se exhiben suelos bien drenados donde las condiciones de humedad no sobrepasan el límite de saturación de la capa edáfica y no se evidencian niveles freáticos fluctuantes, sobre todo en las zonas asociadas al Bosque Seco, donde se contempla escasas de agua en la parte superficial del terreno como se observa en la Figura 19. Aquí el factor determinante en la condición de drenaje se da por las características texturales del suelo (arcilloso), y la posición de la pendiente vinculada con la geomorfología del humedal.

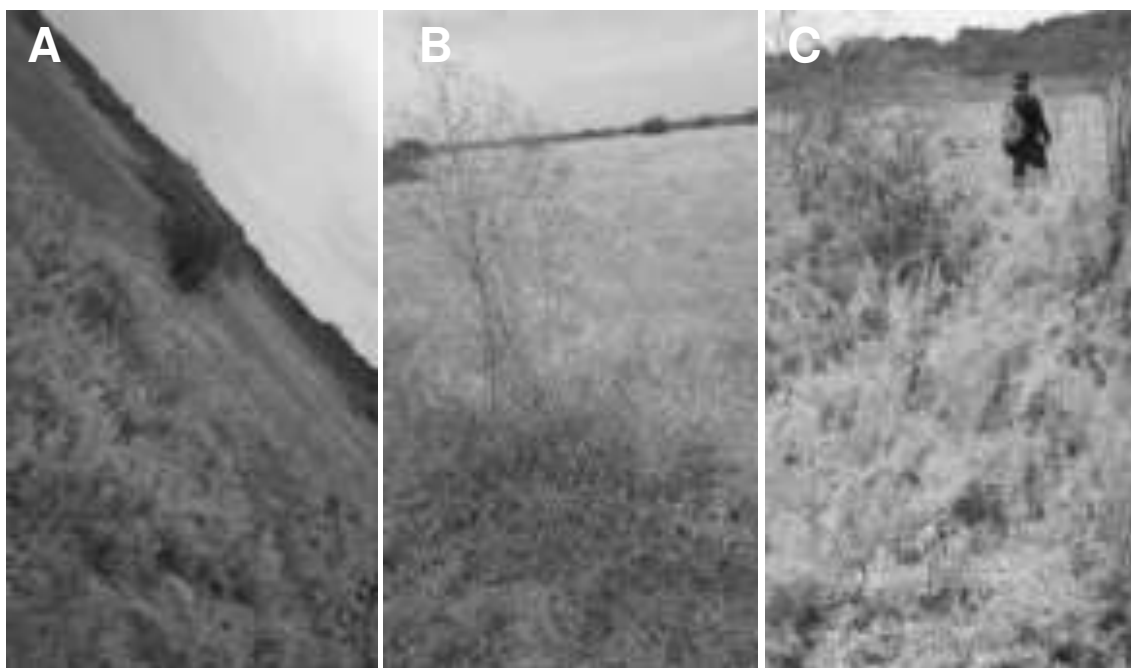


Figura 19. Vegetación asociada a suelos de bajo nivel de humedad
Vera, 2022

4.1.1.6 Régimen de temperatura (USDA)

De acuerdo con el Soil Survey Staff (2014) no se registran estudios para determinar el régimen temperatura del suelo. En este contexto vale aclarar que para su obtención por lo general se usan datos provenientes de las estaciones meteorológicas. Para tales efectos, teniendo como base a la temperatura media anual la cual fue equivalente a (26,4°C), y tomando en cuenta que la diferencia de temperatura media del verano, y la del invierno fue equivalente a (1,6°C) como se observa en la Tabla 8, se determinó que el régimen de temperatura de la zona de estudio es isohipertérmico.

Tabla 8. Régimen de temperatura (USDA)

| TEMPERATURA MEDIA ANUAL | | | | | 26,4 |
|-------------------------|------------------|-------------------|------------------|---|------------------------|
| MESES DE VERANO | T ^o C | MESES DE INVIERNO | T ^o C | T _{med ver} - T _{med inv} | REGIMEN DE TEMPERATURA |
| DIC. | 26,9 | JUN. | 25,9 | 1,6 | ISOHIPERTÉRMICO |
| ENE. | 27,1 | JUL. | 25,1 | | |
| FEB. | 27,1 | AGO. | 25,3 | | |
| PROMEDIO | 27,0 | PROMEDIO | 25,43 | | |

Vera, 2022

4.1.1.7 Régimen de humedad (USDA)

El régimen de humedad fue definido en función del nivel freático, y la presencia de agua disponible para la vegetación a lo largo del año. Por otro lado, de acuerdo con la finalidad de este trabajo solo se describió a detalle el régimen údico y ácuico que son los regímenes que predominan en la Isla Santay.

4.1.1.7.1 Régimen de humedad Acuico

Concorde lo mencionado por el Soil Survey Staff (1999) la manera más común de determinar la predominancia de un régimen ácuico, es por medio de un estudio del agua subterránea. Sin embargo, al ser un método poco práctico

se emplearon características dependientes de las condiciones propias de un humedal. De tal manera además de la humedad se consideró a los moteados y la tonalidad de los suelos como se observa en la Figura 20, como características determinantes de este régimen, el cual condiciona la presencia de una alta proporción de materia orgánica.



Figura 20. Moteados y condición de hidromorfismo (horario de marea alta) Vera, 2022

Por ello, en base a las observaciones realizadas en campo se puede inferir que las características geomorfológicas generales determinan el predominio de un régimen ácuico (Bosque palmar muy denso y en el bosque manglar), particularmente reconocido debido a los altos niveles de humedad evidenciados, encontrando napas de agua a menos de un metro de profundidad.

Régimen que se ve favorecido por un relieve de topografía plana, lo cual impide la correcta eliminación de los excesos de agua, cualidad propia de suelos hidromorfos, los cuales se caracterizan por poseer un drenaje deficiente, y una capa freática sin renovación suficiente, favoreciendo el crecimiento y

regeneración de vegetación hidrófita, Ver Figura 21 (Fraser, Singleton, y Clarkson, 2018; USDA, 2018). Los suelos con un “régimen de humedad acuosa”, se encuentran virtualmente libres de oxígeno a causa de la saturación ocasionada por agua subterránea o por acción del agua de la franja capilar.

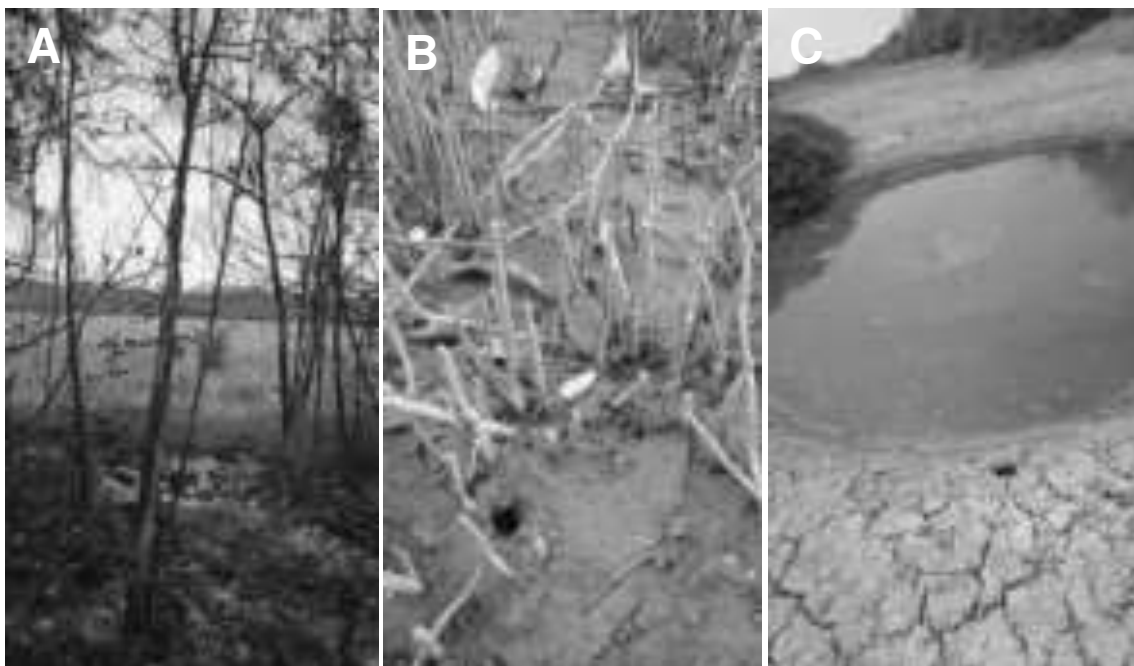


Figura 21. Vegetación hidrófita en condición de hidromorfismo
Vera, 2022

Lindbo (1997) sugiere que la tonalidad del suelo proveniente del material parental es una de las consideraciones más relevantes al identificar suelos hidromorfos. El régimen ácuico involucra un régimen de reducción, en el cual no existe oxígeno disuelto a causa de la interacción de varios procesos que lo consumen bajo condiciones de saturación como la actividad microbiológica y raíces activas (Lurzio, Vera, Benavides, y Casanova, 2001).

El estado anaerobio de esta clase de suelos da como resultado la consecución de procesos biogeoquímicos como la acumulación de materia orgánica, y la reducción, acumulación y/o traslocación de hierro y otros elementos reducibles, debido a esto se observan moteados de colores rojizos,

negros metalizados o gris verdosos, lo que pone en evidencia morfologías características que perduran en el suelo durante periodos secos y húmedos (USDA, 2003). Vale aclarar que la presencia de moteados en una matriz reducida es común en los humedales, donde se evidencia la predominancia de suelos con moteados de color rojizo debido al aporte de oxígeno por parte de las raíces.

El Soil Survey Staff (2014) indica que el gley por lo general es empleada como una característica diagnóstica para la determinación de las propiedades de un perfil, concretamente se utiliza para definir las condiciones acuicas de un suelo. En este sentido conforme lo alegado en líneas anteriores vale mencionar que en base a las características observadas se infiere que los suelos de la Isla Santay poseen propiedades gléycas, que de acuerdo con lo referido por Ibáñez y Moreno (2002) es un proceso natural de formación de los suelos que comprende a la reducción y segregación del hierro en estado anaerobio ocasionado por la saturación de agua.

De acuerdo con Clayden y Hewitt (2015) los suelos gley se ven fuertemente afectados por la inundación, lo que hace que se observen reducidos bioquímicamente, con subsuelos de color gris claro, y moteados pardos o pardo rojizos. En este sentido vale aclarar que el color moteado orienta sobre el elemento que fue reducido, en el caso del hierro (Fe^{3+}) se observa de color amarillo, mientras que el (Fe^{2+}) se evidencia de color pardo (Acevedo, 2014). Los materiales de suelo que se desarrollan sobre propiedades gléycas constituyen a una masa lodosa que se encuentra saturada con agua freática durante un periodo que da paso a condiciones de reducción (IUSS Working Group [WRB]. (2015), características que fueron percibidas en el humedal.

4.1.1.7.2 Régimen de humedad Údico

Por otra parte, de acuerdo a las características observadas en campo; los bajos niveles de humedad y la no existencia de niveles freáticos altos y fluctuantes, se infiere la presencia de un régimen de humedad údico en la parte central de la Isla (Bosque Seco) Ver Figura 22, régimen que condiciona la retención de humedad la mayor parte del año.

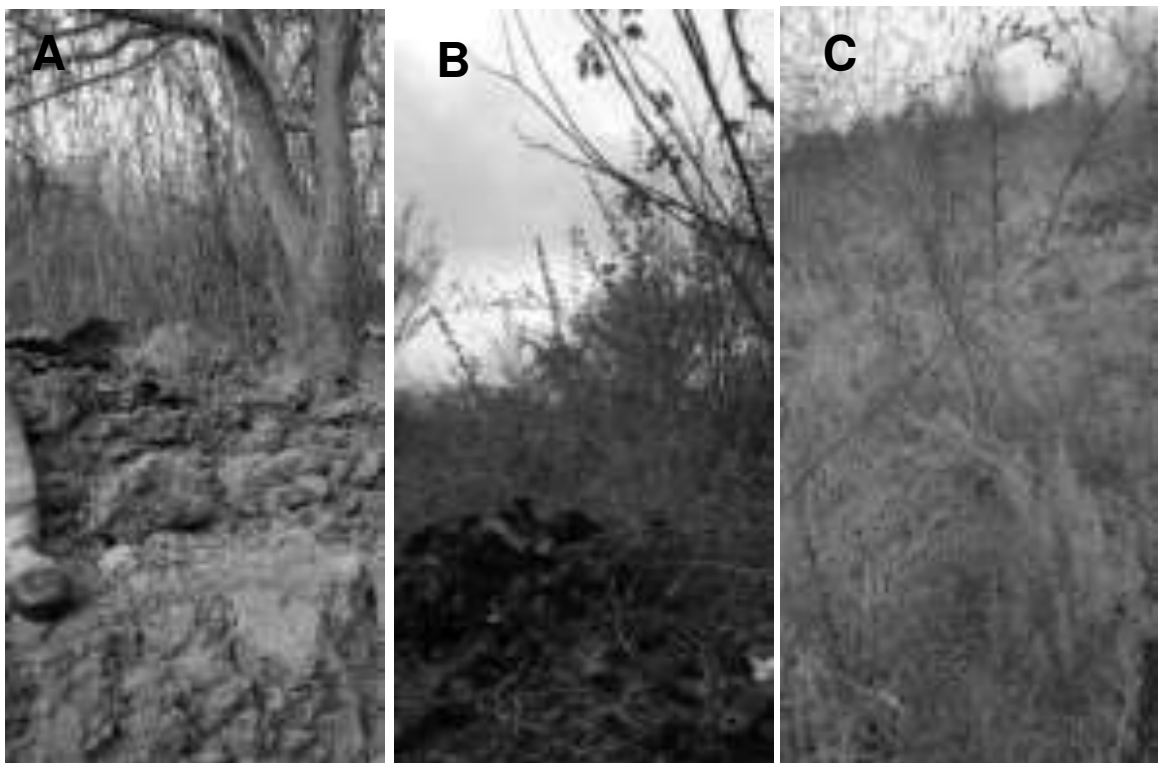


Figura 22. Bosque Seco
Vera, 2022

De acuerdo con Lurzio, Vera, Benavides, y Casanova (2001) el régimen údico es común en lugares que poseen una distribución regular de la pluviometría, con suelos que no se encuentran secos por tanto tiempo durante al menos 90 días acumulativos en años considerados normales, con el agua moviéndose a través del suelo en todos los meses, y una tensión de agua que raramente sobrepasa los 100kPa. El régimen údico se da en climas donde no existe un periodo de sequía limitante para el desarrollo de la vegetación (Monteverde, 2014). Además

requiere a excepción de periodos cortos, un sistema trifásico, sólido-líquido-gas, en una parte o en toda la sección de control de humedad cuando la temperatura del suelo es mayor de 5 °C (Wanbeke, 1982).

4.2 Obtención de las características morfológicas mediante levantamiento de calicatas y descripción de campo

Para la caracterización de los suelos de la Isla Santay se usaron fichas morfológicas para cada parcela experimental, cuyos datos se encuentran estipulados en la Tabla 36, en anexos, en la configuración de sus perfiles y clases texturales arcillosas, y arcillo limosas con sus respectivas denominaciones. Estas características fueron analizadas mediante sondeos de campo, para tales efectos se levantaron dos calicatas y se ejecutó el análisis de un perfil descubierto con una profundidad mínima de 58 cm. Los horizontes de cada perfil fueron evaluados sistemáticamente de forma pormenorizada, y descritos siguiendo la “Guía para la descripción de suelos” de la FAO (2009), el “Soil Survey Manual” de la USDA (2017), y la “Guía para identificar y delimitar suelos hídricos” de la USDA (2018).

4.2.3 Características morfológicas del suelo del Bosque Seco

La ficha que se aprecia en la Tabla 40, en anexos recoge la información más significativa en relación a las características morfológicas del Bosque Seco. El perfil evaluado como se observa en la Figura 23 B, corresponde a un suelo orgánico dominado por arcillas y limos, de relieve plano, con afloramientos rocosos y predominancia de estructura angular blocosa desde la superficie hasta los 42 cm de profundidad, que continua con una estructura blocosa angular de

desarrollo débil. El perfil evaluado no presentó reacción al ácido clorhídrico (horizontes no calcáreos), al no detectar efervescencia audible.

Además, se identificaron tres horizontes genéticos con la siguiente secuencia: A, B y C. Los rasgos redoximorficos se presentan por debajo de los hasta los 30 cm, a partir de los 85 cm se exhibe ausencia de moteados y sin evidencia de material parental.

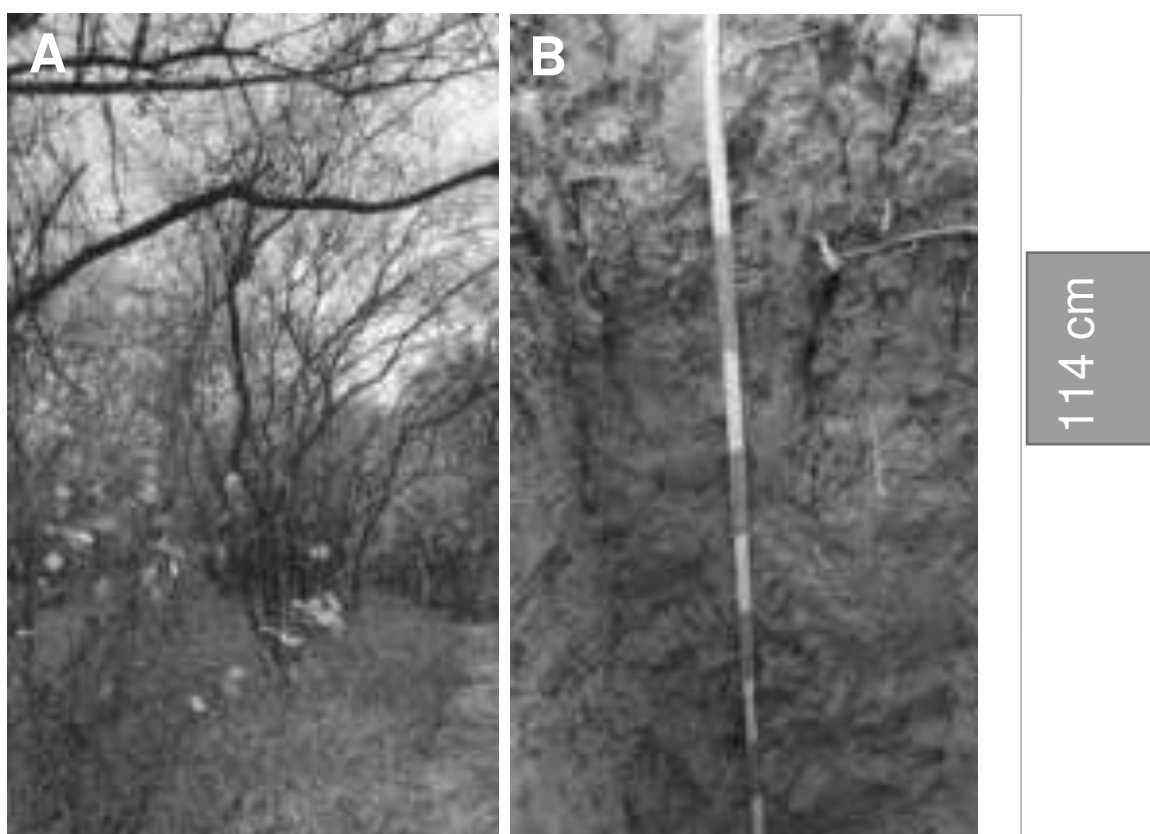


Figura 23. Delimitación de horizontes y descripción morfológica (Bosque Seco Vera, 2022)

En esta área se forman moteados de tonalidad naranja (5YR 6/8) y colores rojizos (5YR 4/6), las cuales sugieren la presencia de hierro, colores que contrastan con la tonalidad de la matriz del suelo. La luminosidad e intensidad del color de los moteados es prominente en comparación con la matriz. Los moteados rojizos se localizan principalmente en la parte media del perfil a partir de los 40 cm, mientras que los moteados de color naranja se ubican de modo

preferente en las zonas bajas del mismo. Los contenidos de materia orgánica son altos en superficie y aumentan paulatinamente en profundidad (incremento de la retención de humedad).

El análisis del suelo evaluado señala la predominancia de una textura arcillosa y franco arcillosa, y presencia de pedregosidad superficial (afloramientos rocosos) como se observa en la Figura 24 A y B. En forma general el perfil evaluado presentó grietas en la primera capa (Horizonte A), sin evidencia de material calcáreo. En el horizonte A se observó una coloración uniforme en los primeros 40 cm, el color de la matriz marrón rojizo (5YR 4/4). El suelo presentó gravas gruesas (pedregosidad), el contenido de elementos gruesos fue muy heterogéneo, pero en la mayor parte de los casos no superó el 60 %, con agregados de consistencia áspera y fuerte en estado seco, de tipo angular blocosa, con un arreglo irregular inmerso en la parte superficial del perfil. Con raíces de tamaño medio y fino (5 y 3 mm) con una proporción equivalente al 30%. Se observaron zonas de lavado de Fe (áreas con moteados decoloradas y expresión rojiza) (25%).

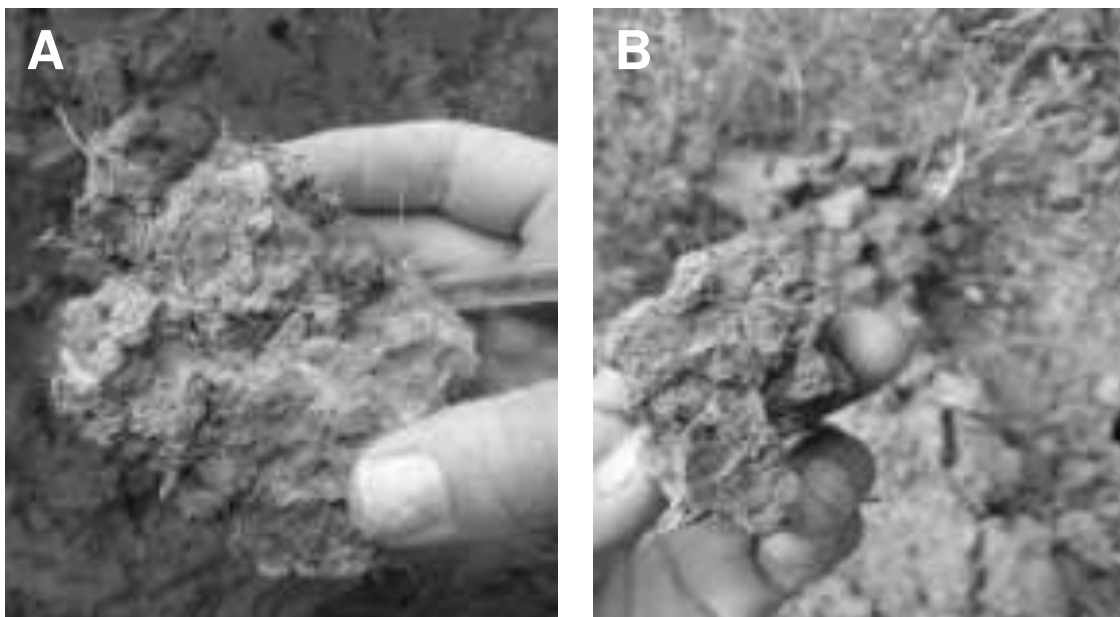


Figura 24. Elementos gruesos (>2 mm)
Vera, 2022

A mayor profundidad, aproximadamente 40- 85 cm (Horizonte B), se evidenció el predominio de moteados de color pardo amarillento y naranja en estado seco (34%). Donde se expresa una estructura blocosa angular, de desarrollo débil. Las condiciones de humedad del suelo no impidieron el correcto desarrollo de raíces a los 85 cm, siendo pocas, de tamaño fino (1 mm) con una proporción equivalente al 12%, y una textura arcillosa al tacto, con una consistencia moderadamente plástica, y un color amarillento (2,5 Y 7/6).

El horizonte C (85 -114+ cm) continuó con una estructura de bloques de desarrollo débil, de tonalidad marrón amarillento mate (10YR 5/4). A partir de los 90 cm no se encontraron raíces siendo raras o escasas, con una matriz de color uniforme (sin moteados), de textura arcillosa al tacto, con una consistencia moderadamente plástica, creando un horizonte superficial orgánico, lo cual asegura una mala infiltración y aireación del suelo. En este horizonte destaca la alta capacidad de retención de agua, siendo mayor en profundidad debido a la ausencia de pedregosidad (elementos gruesos).

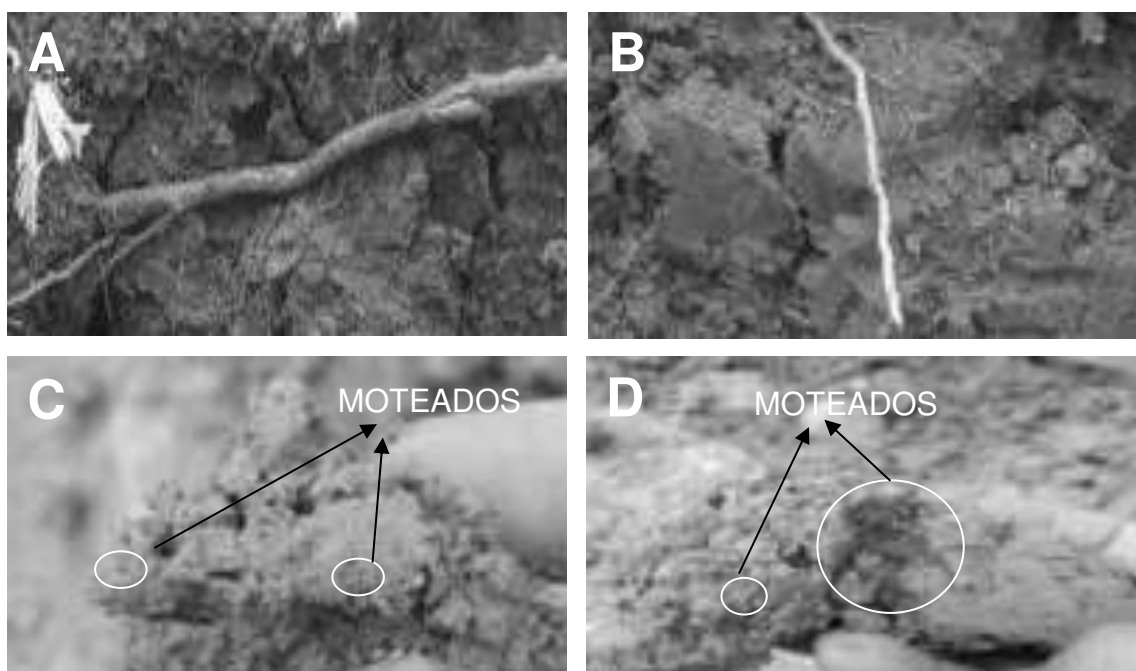


Figura 25. Raíces Del primer horizonte (Bosque Seco) (B) Raíces del segundo horizonte (C) Moteados de tonalidad naranja (D) Moteados rojizos
Vera, 2022

4.2.2 Características morfológicas del suelo del Bosque Palmar muy denso

La ficha que se aprecia en la Tabla 41, en anexos recoge la información más significativa en relación a las características morfológicas del Bosque Palmar muy denso. Vale destacar que, bajo condiciones zonales, debido a que el suelo presentaba características hidromorfas (saturación prolongada), se efectuó la descripción morfológica inmediatamente después de realizar la calicata. El perfil evaluado se ubicó en una superficie de topografía plana, lugar que destacó por la presencia de una capa freática permanente, por lo cual fue conveniente el uso de recipientes para poder achicar el agua y continuar con la descripción morfológica, una característica particular observada en esta parte de la Isla.

La descripción se realizó en un perfil de 98 cm de profundidad, como se observa en la Figura 26 B, situado en las inmediaciones de la parcela de experimentación, cubierta preponderantemente por palmas (*Roystonea oleracea*), la cual comparte el mismo hábitat que la vegetación del manglar y que se ha desarrollado de manera natural en esta parte de la Isla, área en donde se evidencia un hacinamiento poblacional bastante extenso. El análisis del suelo señaló la predominancia de una textura arcillosa, logrando reconocer la presencia de tres horizontes, con ausencia de pedregosidad y afloramientos rocosos. La reacción al HCL fue negativa, lo cual infiere que el contenido de carbonato de calcio es nulo en todo el perfil, además no se evidenció presencia de grietas, esto debido a los elevados niveles de humedad observados en el área

de experimentación, con un alto contenido de materia orgánica, y acumulaciones laminares de raicillas.

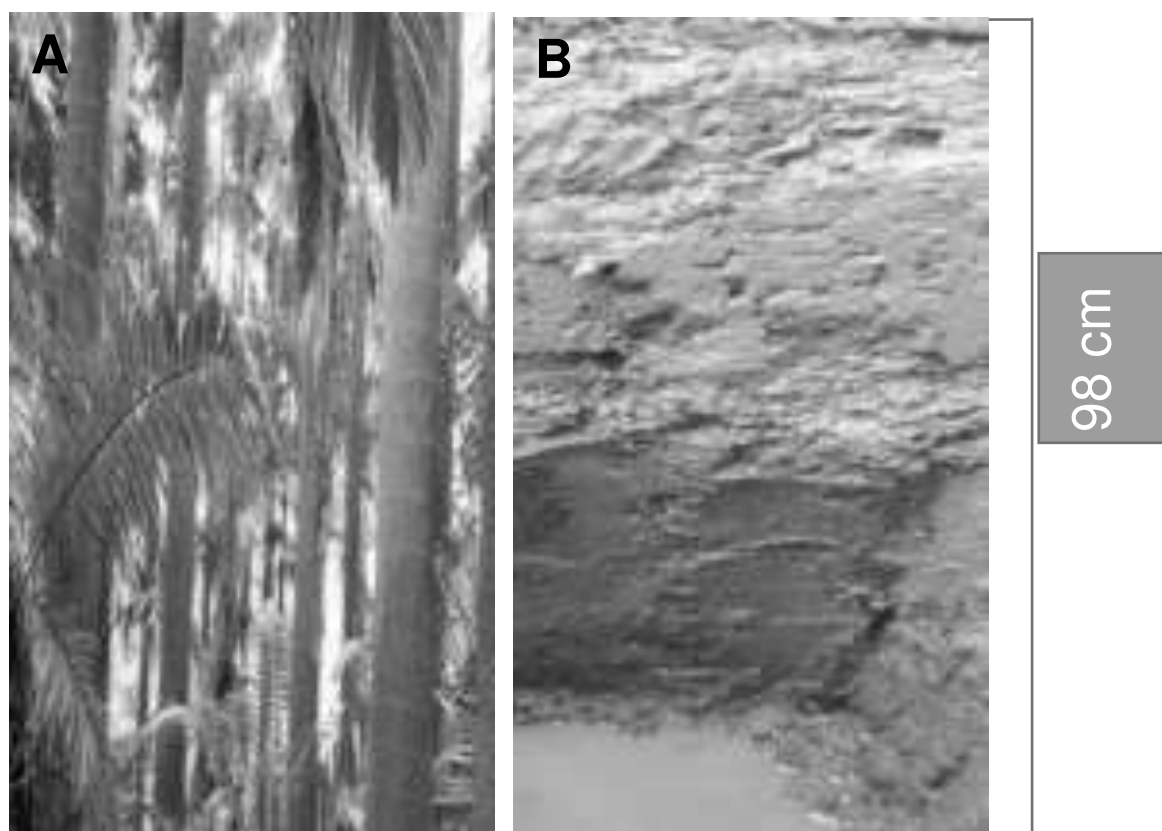


Figura 26 (A) Bosque palmar muy denso (B) Delimitación de horizontes y descripción morfológica Vera,2022

En el bosque palmar muy denso en los primeros 35 cm del perfil (Horizonte A), el color predominante fue: (10 YR 7/8), y moteados que denotan un color rojizo (22%) (5 YR 4/6), como se visualiza en la Figura 27 A, B, y C, lo cual se encuentra vinculado a la presencia de hierro. Entre las propiedades químicas destaca su alto contenido de materia orgánica, el cual es extremadamente alto, y entre sus propiedades físicas destaca una textura equilibrada tanto en este horizonte como a lo largo del perfil (arcillosa), lo cual aumenta la capacidad de retención de humedad (muy alta). El desarrollo estructural de este horizonte es débil (Bloque angular). Con raíces comunes con una

proporción del 36% y un tamaño de 13 mm como se observa en la Figura 27 D, con una consistencia moderadamente plástica.

El horizonte B (35 - 77 cm), por su parte también denota un desarrollo estructural escaso de tipo angular blocosa con un color predominante de (10YR 7/8). El horizonte subsuperficial destaca por poseer con presencia de moteados de tonalidad rojiza (49%) (5 YR 4/6). Se evidenció que las condiciones de humedad del suelo no impidieron el buen desarrollo de raíces, siendo comunes de tamaño fino equivalente a 4 mm con una proporción equivalente al 24%, con una consistencia moderadamente plástica.

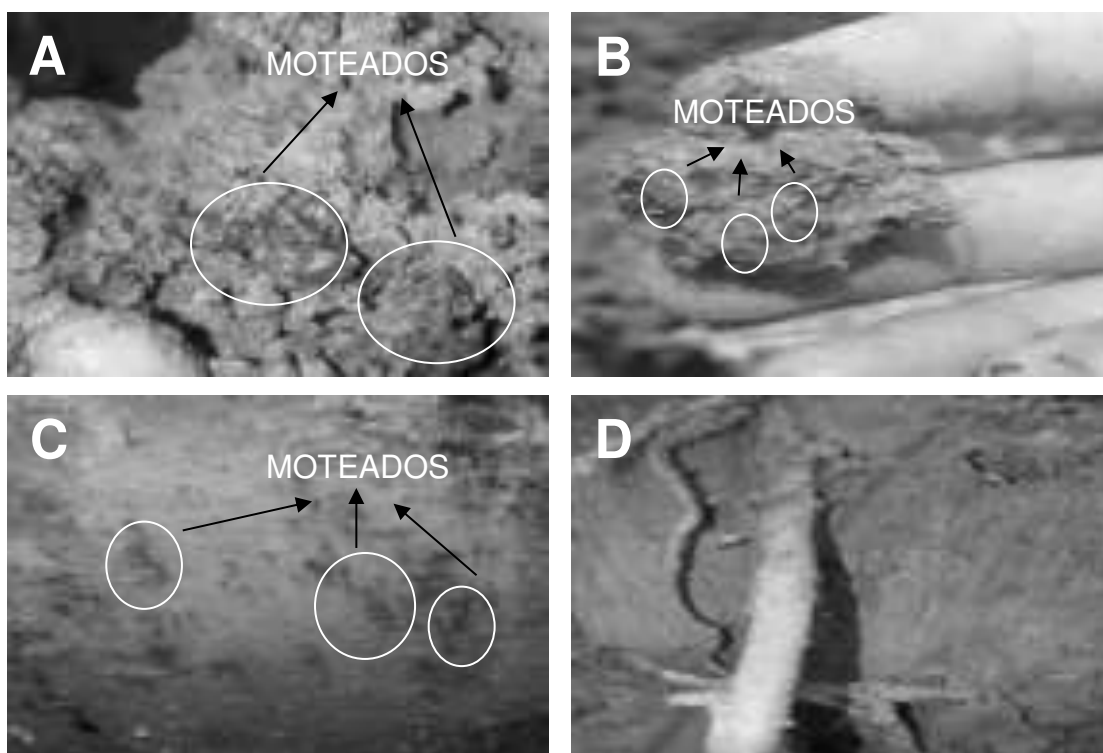


Figura 27. Moteados de tonalidad rojiza y raíces del primer horizonte (Bosque Palmar muy denso)
Vera, 2022

El horizonte C (77- 98+ cm) continúa con una estructura de bloques, horizonte tendiente a formar estructuras de carácter débil de tonalidad (10YR 7/8). Las raíces fueron raras o escasas a una profundidad de 98 cm, justo sobre el nivel freático, con una matriz de color uniforme (sin moteados). De

textura arcillosa al tacto, por tal motivo el contenido de materia orgánica continuó siendo alto en profundidad.

4.2.1 Características morfológicas del suelo del Bosque Manglar

La ficha que se aprecia en la Tabla 42, en anexos recoge la información más significativa en relación a las características morfológicas del Bosque Manglar. La descripción se realizó en un perfil descubierto de 58 cm de profundidad, como se observa en la Figura 28 A, situado en las inmediaciones de la parcela de experimentación, en una zona parcialmente inundada, cubierta preponderantemente por mangle rojo (*Rhizophora mangle*). El suelo no se encuentra bien desarrollado debido al predominio de un régimen ácuico, inhibiendo su formación.

El área de experimentación se encontró a pocos metros de altura sobre el nivel del mar, con una morfología uniformemente llana. La estructura fue compleja de identificar en campo, cuyo reconocimiento se dio con mayor notoriedad al visualizar las muestras de suelo en estado seco. Por otro lado, el perfil evaluado presentó un alto contenido de materia orgánica, no se observó la presencia de grietas. Además, en forma general el suelo no presentó reacción al ácido clorhídrico (HCL), de morfología simple y consistencia vadosa.

En el horizonte A (primeros 30 cm) el color de la matriz fue (10 YR4/1), pardo grisáceo a pardo amarillento claro cuando está seco. Además, se evidenció la existencia de bioturbación, esto debido a la presencia de fauna (cangrejos y lombrices) como se observa en la Figura 28 B, lo cual infiere que la salud del suelo es buena, creando un perfil orgánico. Si bien la estructura no fue fácilmente reconocible en campo, los sedimentos sugieren la presencia de una estructura angular blocosa, presentando una textura arcillo limosa al tacto, las raíces del

suelo son comunes y de tamaño medio (7 mm), con una proporción equivalente al 22%, con una consistencia ligeramente plástica. Los suelos presentan moteados de tonalidad naranja (5YR 6/8) como se observa en la Figura 28 C, debido al hierro oxidado, con porcentaje de moteados proporcional al 18%, valor relativamente bajo en cifras absolutas.

En el horizonte B (30 – 58+ cm) por debajo de los 40 cm se observó que la cifra media de moteados (5YR 6/8) fue equivalente al 24%, se evidenciaron suelos de tonalidad de código (10 YR 4/1) en estado húmedo, la textura fue arcillo limosa, y presentó una consistencia ligeramente plástica. En este horizonte también se evidenciaron condiciones reductoras. A partir de los 58 cm de profundidad se encuentra el nivel freático. De forma análoga las raíces del suelo fueron comunes y de tamaño medio (7 mm) con una proporción equivalente al 20%, con predominio de una estructura angular blocosa de desarrollo débil.

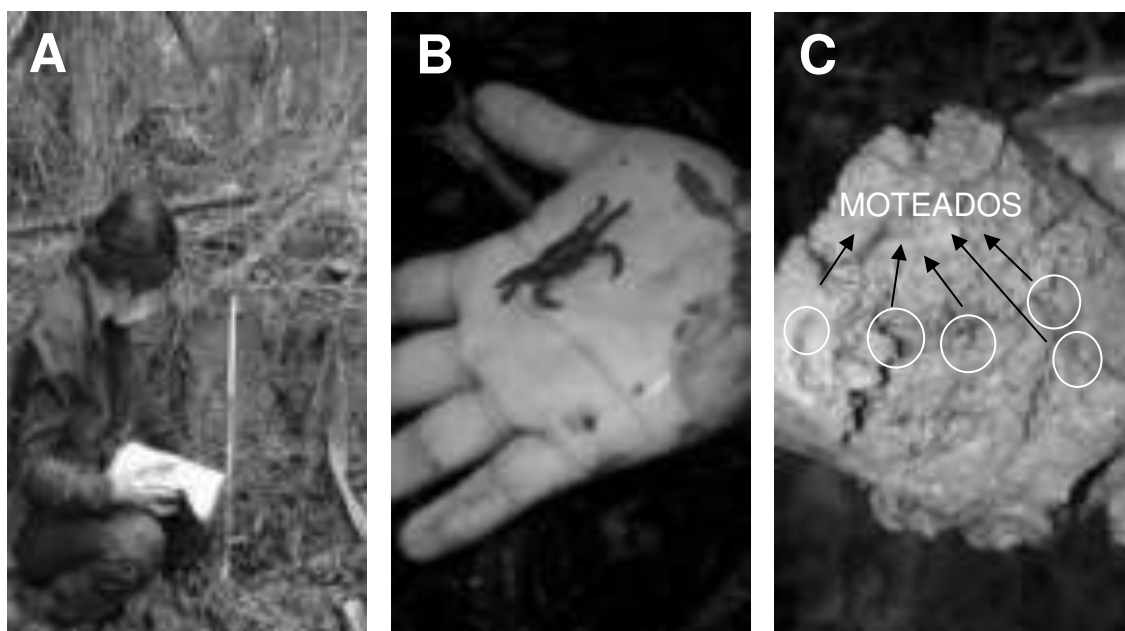


Figura 28. Delimitación de horizontes y descripción morfológica (B) Fauna asociada al bosque manglar (C) Moteados de tonalidad naranja Vera, 2022

4.3 Análisis de las características composicionales mediante protocolo de laboratorio

Los resultados del análisis en laboratorio para las características composicionales se aprecian en la Figura 29, y 30.

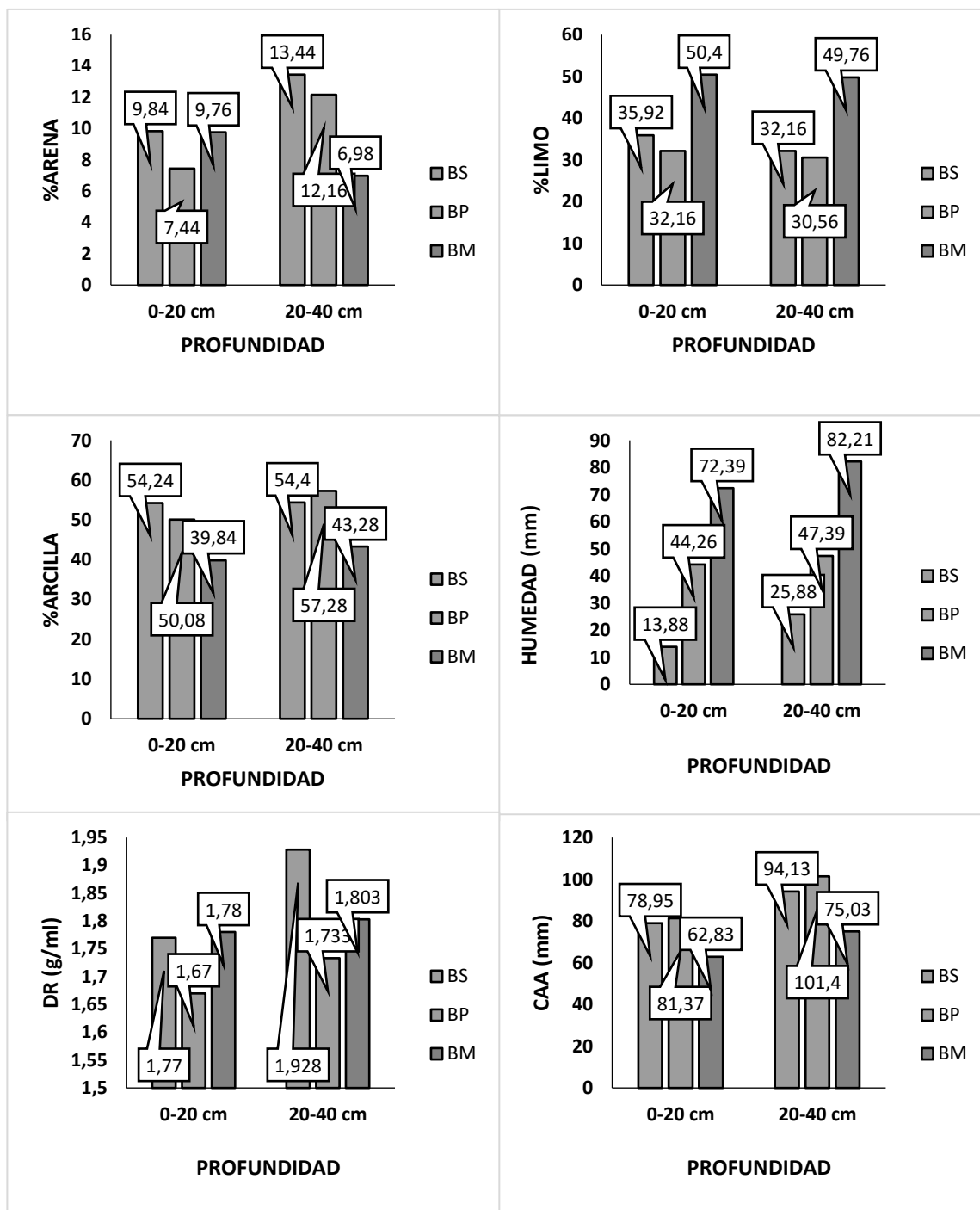


Figura 29. Características composicionales de las tres parcelas experimentales (Propiedades físicas)
Vera, 2022

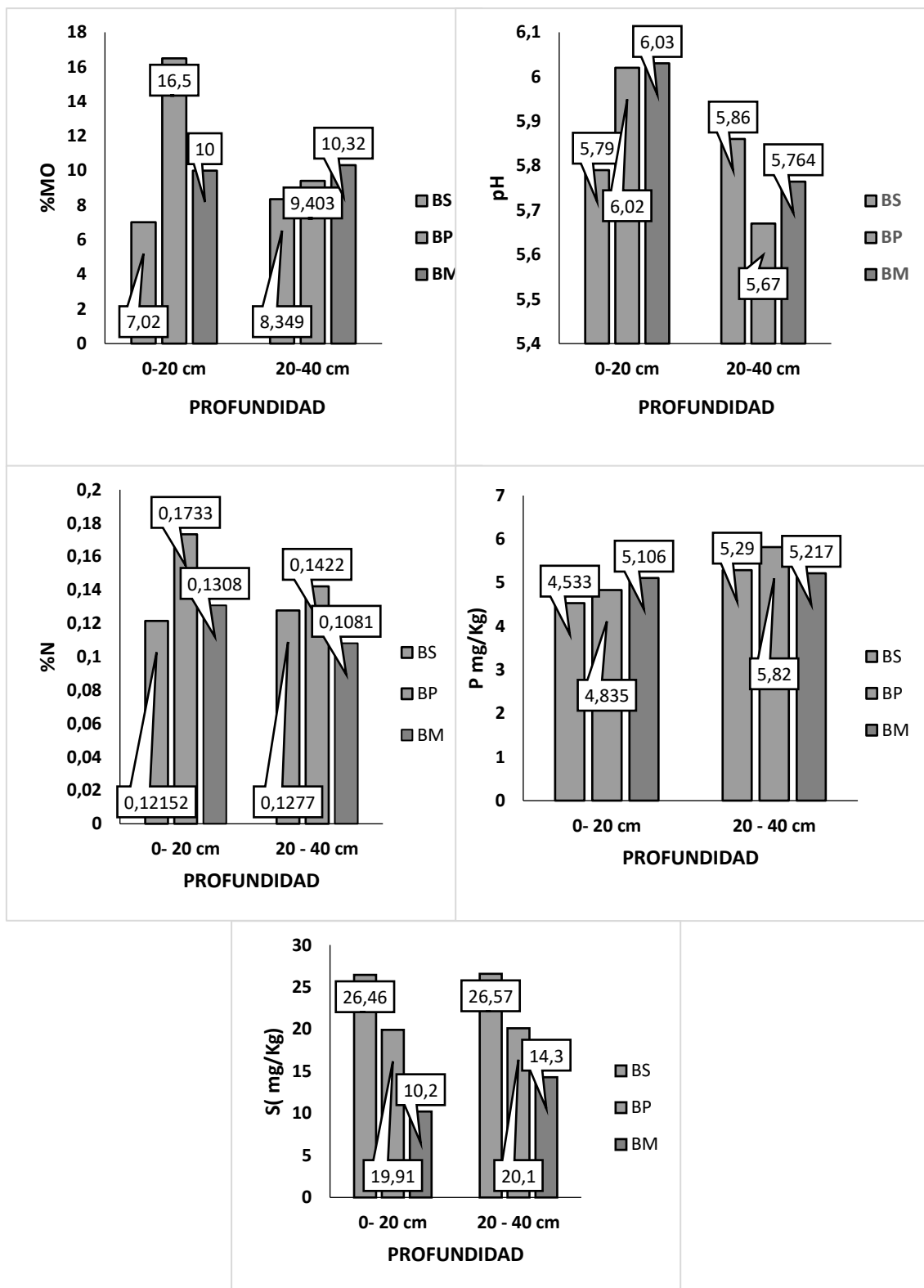


Figura 30. Características composicionales de las tres parcelas experimentales (Propiedades químicas)

En primera instancia se aprecian los resultados de las características composicionales para el bosque seco, donde se evidencia que el suelo en sus primeros 20 cm posee una textura fina (arcillosa) con (9,84%) de arena, (35,92%) de limo, y (54,24%) de arcilla, el contenido de humedad evidenció un valor relativamente bajo (13,88 mm). Por otro lado, al determinar la densidad real se observó un valor promedio de (1,78 g/ml), con una capacidad de almacenamiento de agua equivalente a (78,95 mm). Los valores porcentuales de materia orgánica oscilaron entre (5,86%) y (8,507%), con una media global de (7,020%). Por otra parte, los registros iniciales el pH evidenciaron un valor ligeramente ácido (5,76). La concentración de Nitrógeno total proyectó un promedio de (0,1215 %). Por el contrario, el fósforo se encontró en un rango medio (4,53 mg/Kg), mientras que el de azufre evidenció un valor alto (24,46 mg/Kg).

A mayor profundidad (20-40 cm) de manera paralela se observó una textura fina (arcillosa) con un porcentaje de arena no mayor al (13,44 %), con (32,16%) de limo, y (54,4%) de arcilla. La humedad fue ligeramente superior a profundidad (25,88 mm). Con una densidad real promedio de (1,93 g/ml). Por otro lado, la Capacidad de almacenamiento de agua evidenció una media de (94,13 mm). La materia orgánica reflejó un valor promedio de (8,349%). El pH fue ligeramente ácido (5,87). Con una concentración de Nitrógeno total de (0,1277 %). Una concentración media de fósforo de (5,29 mg/Kg), y una concentración alta para el azufre de (26,57 mg/Kg).

Por otro lado, para las características composicionales del bosque palmar muy denso, se observa que el suelo posee una textura fina (arcillosa, arcillo limosa) en los primeros 20 cm con (7,44%) de arena, (42,48%) de limo, y

(50,08%) de arcilla, el contenido de humedad evidenció un valor medio (44,26 mm). Por otro lado, al determinar la densidad real se observó un valor promedio de (1,67 g/ml), con una capacidad de almacenamiento de agua de (81,37 mm). La materia orgánica evidenció un valor promedio alto (16,50 mg/Kg). Por otra parte, el pH evidenció un valor ligeramente ácido (6,02). La concentración de Nitrógeno total reflejó un promedio de (0,1733 %). El fósforo se encontró en un rango bajo (4,84 mg/Kg), mientras que el de azufre evidenció valores relativamente altos (19,91 mg/Kg).

Al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) de forma análoga, se observó una textura fina (arcillosa, arcillo limosa) con un porcentaje de arena equivalente a (12,16 %), con (30,56 %) de limo, y (57,28 %) de arcilla. La humedad fue ligeramente superior a profundidad (47,39 mm). Con una densidad real promedio de (1,733 g/ml). Por otro lado, la Capacidad de almacenamiento de agua (CAA) evidenció una media de (101,4 mm). La materia orgánica proyectó un valor promedio de (9,403%). El pH fue ligeramente ácido (5,67). Con una concentración de Nitrógeno total de (0,14224 %). Una media de fósforo de (5,82 mg/Kg), y una concentración alta para el azufre de (20,10 mg/Kg).

En última instancia en relación a las características composicionales del bosque manglar, se evidencia que el suelo en sus primeros 20 cm posee una textura fina (arcillosa, arcillo limosa) con (9,76%) de arena, (50,04%) de limo, y (39,84%) de arcilla, el contenido de humedad proyectó un valor alto (72,75 mm). La densidad real proyectó un valor medio de (1,80 g/ml), con una CAA equivalente a (62,83 mm). Los valores porcentuales de materia orgánica evidenciaron una media general de (10,00 mg/Kg). Por otro lado, el pH reflejó un valor ligeramente ácido (6,03). La concentración de Nitrógeno total evidenció un

valor medio de (0,1308 %). Por otra parte, las concentraciones promedio de fósforo se clasificaron como de rango bajo (5,10 mg/Kg) al poseer un valor inferior a (12 mg /Kg), mientras que el de azufre evidenció un valor promedio de (10,20 mg/Kg).

A mayor profundidad (20-40 cm) de forma similar se observó una textura fina (arcillosa, arcillo limosa) con un porcentaje de arena no mayor al (6,96 %), con (43,28%) de limo, y (49,76%) de arcilla. La humedad fue ligeramente superior a profundidad (82,21 mm). Con una densidad real promedio de (1,80 g/ml). Por otro lado, la CAA evidenció una media de (75,03 mm). La materia orgánica obtuvo un valor medio de (10,320 mg/Kg). Mientras que el pH fue ligeramente ácido (5,76). Con una concentración de Nitrógeno total de (0,1081 %). Una media de fósforo de (5,20 mg/Kg), y una concentración de (14,30 mg/Kg) para el azufre.

4.4 Análisis estadístico

4.4.1 Análisis de varianza (ANOVA)

En este apartado se presenta la variación de las características composiciones del bosque seco frente a las características composicionales del bosque palmar muy denso, y bosque manglar. Para ello, de manera general se planteó la siguiente hipótesis para cada variable:

H₀: Las características composicionales de los suelos que se encuentran en la Isla Santay guardan una estrecha relación.

H₁: Las características composicionales de los suelos que se encuentran en la Isla Santay no guardan una estrecha relación.

Por otro lado, la Tabla 9 refleja los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia equivalente a 0,05.

Tabla 9. Cuadrados medios del ANOVA de las características composicionales de las tres parcelas experimentales

| 0-20 cm | | | | | |
|--------------|-------------------|--------|---------------|---|----|
| Parametros | Suma de cuadrados | F | Significancia | n | Gl |
| Arena (%) | 165 | 0,77 | 0,485 | 5 | 14 |
| Limo (%) | 659,8 | 1,19 | 0,339 | 5 | 14 |
| Arcilla | 245.91 | 1,67 | 0,229 | 5 | 14 |
| Humedad (mm) | 9146,7 | 108,4 | 0 | 5 | 14 |
| DR (g/ml) | 0,234 | 1,73 | 0,219 | 5 | 14 |
| CAA (mm) | 1818,2 | 7,59 | 0,007 | 5 | 14 |
| MO (%) | 412,1 | 9,42 | 0,003 | 5 | 14 |
| pH | 1,155 | 2,26 | 0,147 | 5 | 14 |
| N (%) | 0,018 | 4,58 | 0,033 | 5 | 14 |
| P (mg/Kg) | 26,18 | 0,2 | 0,825 | 5 | 14 |
| S (mg/Kg) | 557,06 | 122,60 | 0 | 5 | 14 |
| 20-40 cm | | | | | |
| | Suma de cuadrados | F | Significancia | n | Gl |
| Arena (%) | 799 | 1,04 | 0,384 | 5 | 14 |
| Limo (%) | 804,7 | 8,87 | 0,004 | 5 | 14 |
| Arcilla (%) | 448,9 | 2,83 | 0,098 | 5 | 14 |
| Humedad (mm) | 10797 | 17,98 | 0 | 5 | 14 |
| DR (g/ml) | 0,354 | 2,27 | 0,146 | 5 | 14 |
| CAA (mm) | 3530 | 6,62 | 0,012 | 5 | 14 |
| MO (%) | 412,1 | 3,78 | 0,053 | 5 | 14 |
| pH | 0,516 | 1,37 | 0,29 | 5 | 14 |
| N (%) | 0,012 | 1,85 | 0,2 | 5 | 14 |
| P (mg/Kg) | 58,92 | 0,12 | 0,89 | 5 | 14 |
| S (mg/Kg) | 591,0 | 10,56 | 0,002 | 5 | 14 |

Donde: D= Densidad Real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua; MO= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo; S= Azufre; BS= Bosque seco; BPMD= Bosque palmar muy denso; BM= Bosque manglar; F= Estadístico de prueba; Sig.= Significancia estadística o valor de P (0,05); n = Número de muestras de la población de estudio; Gl= Grados de libertad.

Vera, 2022

Mediante el test de ANOVA no se observó diferenciación estadística para todas las variables, al contrario del limo, humedad, capacidad de almacenamiento de agua, materia orgánica, nitrógeno total y azufre, cuyos resultados se detallan a continuación:

Para el contenido de limo se obtuvo un p-valor igual a (0,339). En este sentido, debido a que valor de probabilidad es mayor que el nivel de significancia se concluye que no existen evidencias suficientes para aceptar la hipótesis alterna (H_1), por ende, se acepta la hipótesis nula (H_0), lo cual indica que los valores de limo son estadísticamente similares. De manera contraria al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) se obtuvo un p-valor equivalente a (0,004), el cual comparativamente hablando es menor que el nivel de significancia ($P=0,05$), por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), es decir; existe diferencia estadísticamente significativa en el contenido de limo para las tres áreas evaluadas.

Para el contenido de humedad en los primeros 20 cm se observó que el p-valor (0,000) fue menor que el nivel de significancia, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir; existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de humedad de las tres parcelas. De manera similar, a mayor profundidad (20-40 cm) se observó un p-valor igual a (0,000), lo cual indica que todos los grupos no poseen una misma media, por ende, se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_1), es decir; existe diferencia estadísticamente significativa en el contenido de humedad.

Por otro lado, en los primeros 20 cm, la capacidad de almacenamiento de agua presentó diferencias estadísticamente significativas, debido a que el p-valor (0,007) fue inferior al nivel de significancia. Por ello, se rechaza la hipótesis nula

(H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_1), es decir; la retención de humedad es estadísticamente diferente. Al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) la capacidad de almacenamiento de agua evidenció un p-valor (0,012) por debajo del nivel de significancia. Por tal razón, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), en otras palabras; los valores promedio de retención de humedad evidencian diferencia estadísticamente significativa.

En la evaluación del contenido de materia orgánica en los primeros 20 cm se halló una probabilidad estadística de (0,003) , por ende, se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la alterna(H_1), la cual indica que las medias de los grupos no son iguales, dicho de otra manera; la materia orgánica presenta valores diferenciados para cada comunidad vegetal. A mayor profundidad (20-40 cm) el p-valor (0,053) resultó ser igual que el nivel de significancia, por tal motivo se rechazó la hipótesis nula (H_0), y se aceptó la hipótesis alterna (H_1), la cual indica que existen diferencias significativas. Es decir; el contenido de materia orgánica no es igual en cada una de las parcelas evaluadas.

En los primeros 20 cm para el nitrógeno total existe diferencia estadísticamente significativa, ya que el p-valor proyectó un valor crítico de (0,033), el cual se encuentra por debajo del nivel de significancia. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), es decir el contenido de nitrógeno no es igual en las tres parcelas experimentales. A mayor profundidad (20-40 cm) de forma contraria no se evidenció diferencia estadísticamente significativa, ya que se observó un p - valor (0,200) superior al nivel de significancia. Por ende, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1), es decir el contenido de Nitrógeno en las tres parcelas exhibe semejanza estadística.

Para el azufre (0-20 cm) los datos obtenidos infieren que existe diferencias estadísticamente significativas entre comunidades, debido a que el valor crítico (0,000) fue inferior al nivel de significancia. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la alterna (H_1), la cual indica que los promedios de azufre son diferentes para cada parcela experimental. De forma análoga, al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) se halló diferencia estadísticamente significativa, debido a que el análisis de varianza proyectó un p-valor (0,002) inferior al nivel de significancia, por ende, se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alterna (H_1), la cual indica el valor medio de azufre es diferente para cada parcela experimental.

4.4.2 Tukey

Para complementar el ANOVA, se ejecutaron comparaciones múltiples. Los diagramas de cajas y bigotes que se observan en la Figura 31 y Figura 32, expresan la variación de las características composicionales (propiedades físicas y químicas) de las tres parcelas experimentales. Por otro lado, en la Tabla 51, en anexos se detallan los valores del test de Tukey bajo un nivel de significancia equivalente a (0,05), donde se aprecia la comparación de media para cada propiedad edáfica (característica composicional).

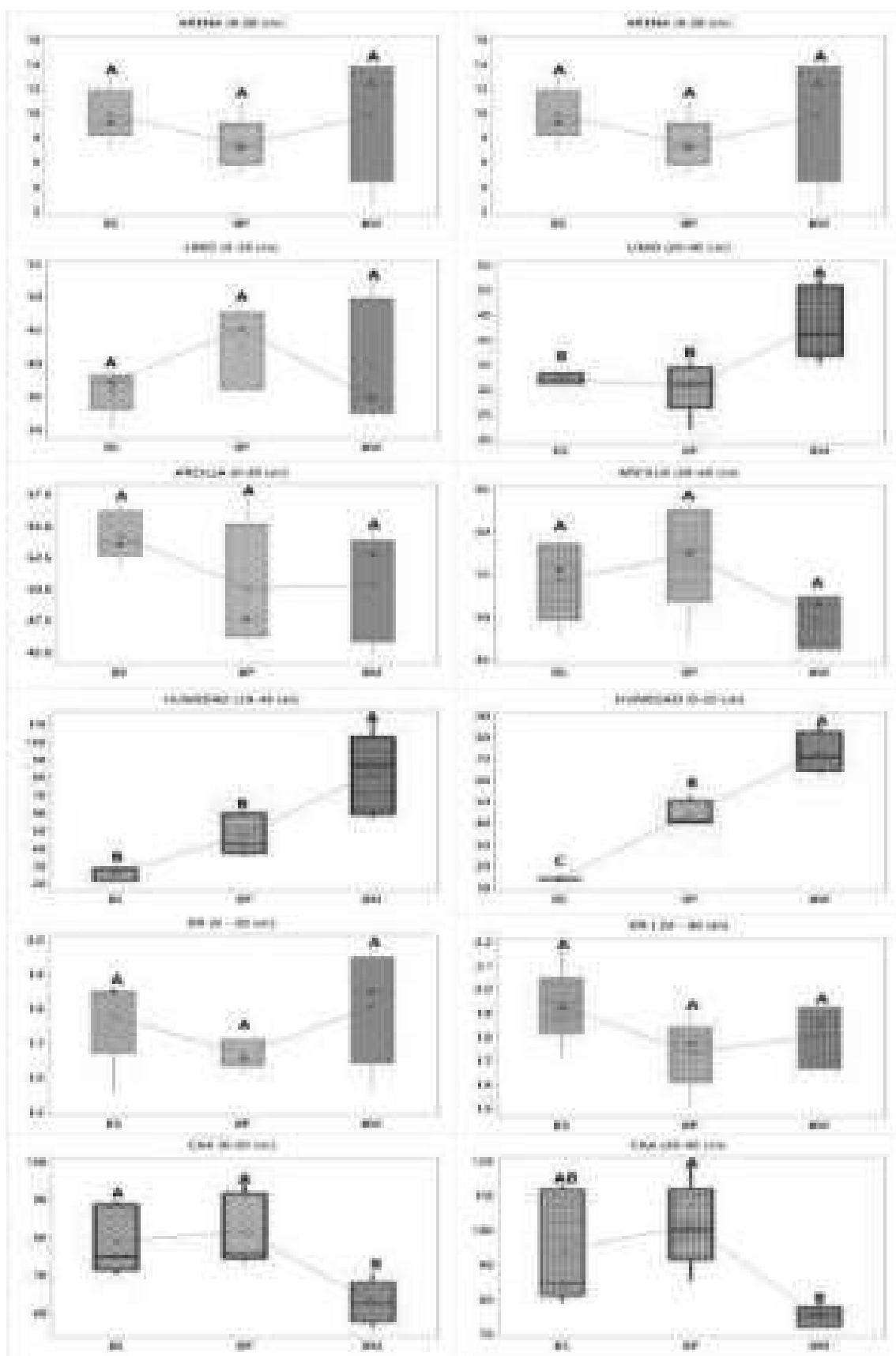


Figura 31. Diagrama de cajas para las características composicionales (propiedades físicas)
Vera,2022

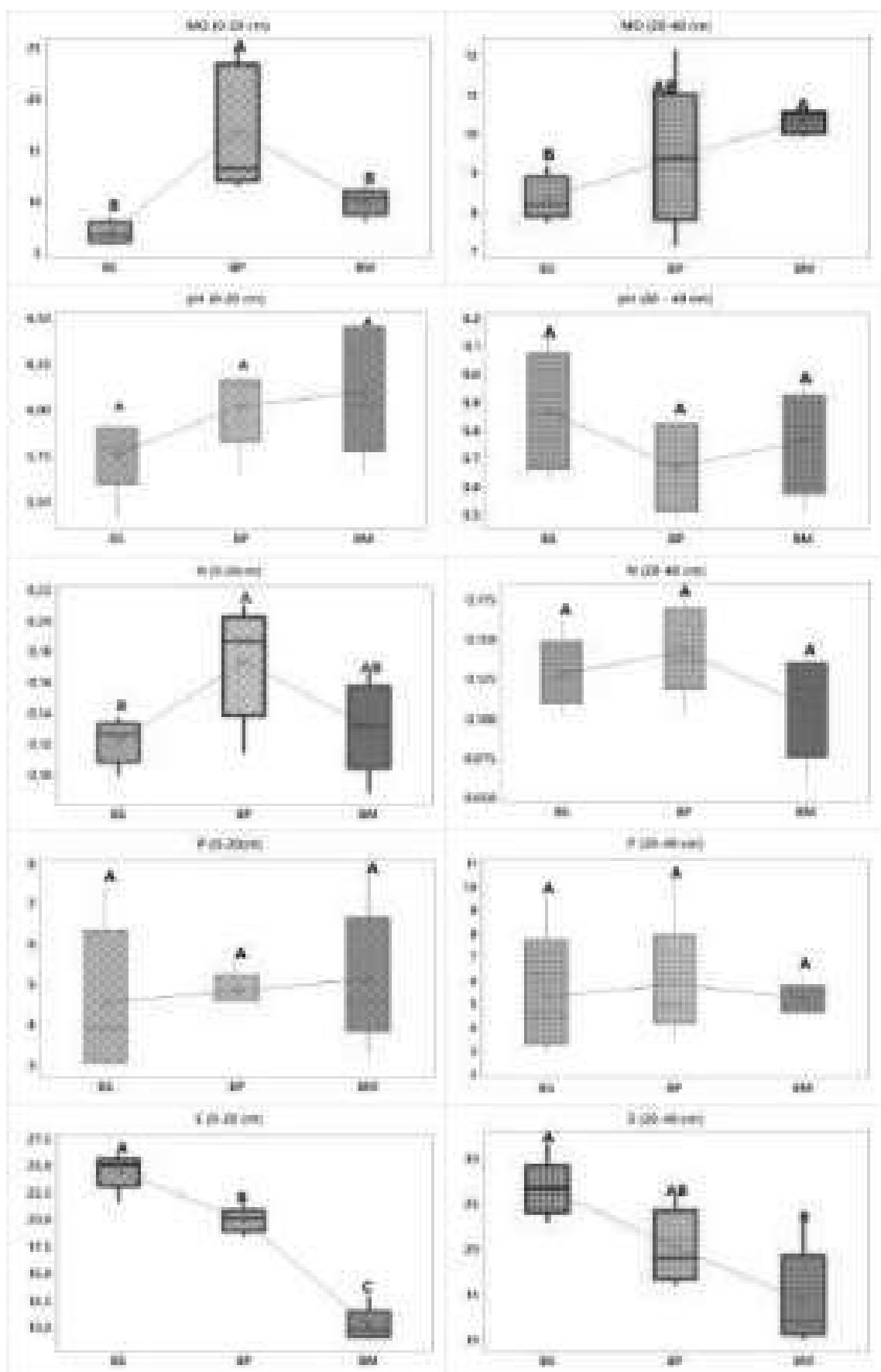


Figura 32. Diagrama de cajas para las características composicionales (propiedades químicas)
Vera, 2022

En base a los datos obtenidos para el contenido de arena (0-20 cm), la prueba de tukey (5%) proyectó un solo rango de significación con valores promedios equivalentes a (9,84 **a**) para el bosque seco, (9,76 **a**) para el bosque manglar, y (7,44 **a**) para el bosque palmar muy denso. Por otra parte, al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) de manera similar, se observó un solo rango de significación con valores medios que van desde (13,44 **a**), (12,16 **a**) hasta (6,96 **a**), para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar, respectivamente.

De manera similar, el contenido de limo (0-20 cm) evidenció un solo rango de significación, en este orden de ideas, se encontraron valores promedios equivalentes a (42,48 **a**), (39,84 **a**), (35,92 **a**), para el bosque palmar muy denso, bosque manglar, y bosque seco, respectivamente. Por el contrario, al aumentar el nivel de profundidad (20-40 cm) se observaron dos rangos de significación, obteniendo así valores promedios equivalentes a (43,28 **a**), (32,16 **b**), y (30,56 **b**), para el bosque manglar, bosque seco, y bosque palmar muy denso respectivamente.

Por otra parte, el test de tukey (5%) para la arcilla (0-20 cm), al no evidenciar diferenciación estadística, exhibió un solo rango de significación, obteniendo valores promedios que van desde (54,24 **a**), (50,08 **a**) hasta (50,04 **a**) para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar. De manera similar, a mayor profundidad (20-40 cm), el contenido de arcilla, evidenció un solo rango de significación con valores promedios equivalentes a (57,28 **a**), (54,4 **a**) y (49,76 **a**), para el bosque palmar muy denso, bosque seco, y bosque manglar.

Por otro lado, para la humedad (0-20 cm) la prueba de Tukey (5%) estableció tres rangos de significación, donde el bosque manglar ocupó el primer lugar con

un promedio equivalente a (72,75 **a**), seguido por el bosque palmar muy denso con una media de (44,26 **b**), y continuando con el bosque seco con una media igual a (13,88 **c**). Al aumentar el nivel de profundidad (20-40 cm) de manera similar se encontraron tres rangos de significación con valores que van desde (82,21 **a**), (47,39 **b**), y (25,88 **c**) para el bosque manglar, bosque palmar muy denso, y bosque seco, respectivamente.

Para la densidad real (0-20 cm), se observó un solo rango de significación para los tres bloques evaluados, datos que evidenciaron diferencias ligeramente perceptibles para cada comunidad vegetal, obteniendo así promedios equivalentes a (1,80 **a**) (1,78 **a**) y (1,67 **a**) para el bosque manglar, bosque seco, y bosque palmar muy denso, respectivamente. De manera similar, a mayor profundidad (20–40 cm) se halló un solo rango de significación, obteniendo valores que van desde (1,93 **a**), (1,80 **a**) hasta (1,73 **a**) para el bosque seco, bosque manglar , y bosque palmar muy denso, respectivamente.

Por su parte, en los primeros 20 cm, la capacidad de almacenamiento de agua (CAA) evidenció dos rangos de significación con valores promedios que van en orden decreciente desde (81,37 **a**), (78,95 **a**), hasta (62,83 **b**) para el bosque palmar muy denso, bosque seco, y bosque manglar respectivamente. De forma análoga, a nivel de subsuelo (20–40 cm), la CAA exhibió dos rangos de significación, hallando un bloque con compartición de significancia estadística, obtenido así valores medios equivalentes a (101,37 **a**), (94,13 **ab**), y (75,03 **b**) para el bosque palmar muy denso, bosque seco, y bosque manglar, respectivamente.

Por otro lado, el contenido de materia orgánica presentó dos rangos de significación, con promedios que van desde (16,50 **a**), (10,00 **b**), hasta

(7,020 **b**) para el bosque palmar, bosque manglar, y bosque seco respectivamente. De forma similar al incrementar el nivel de profundidad (20–40 cm) se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, donde el bosque manglar ocupó el primer lugar (10,32 **a**), el bloque subsiguiente compartió significación de medias con un promedio de (9,403 **ab**) para el palmar muy denso, y (8,349 **b**) para el bosque seco

Para el pH en los primeros 20 cm al no evidenciar variación significativa en las áreas de muestreo el test de tukey evidenció un único rango de significación con valores promedios que van desde (6,03 **a**), (6,02 **a**), hasta (5,76 **a**) para el bosque manglar, bosque palmar muy denso y bosque seco respectivamente. De manera similar, a mayor profundidad (20–40 cm) al no hallar diferencia estadísticamente significativa se encontró un solo rango de significación obteniendo así valores medios equivalentes a (5,87 **a**) para el bosque seco, (5,76 **a**) para el bosque manglar, y (5,67 **a**) para el bosque palmar muy denso.

Para el contenido de Nitrógeno total (primeros 20 cm) se evidenció dos rangos de significación, con un bloque de compartición de significancia estadística, obteniendo así valores promedios equivalentes a (0,1733 **a**), (0,1308 **ab**), y (0,1215 **b**) para el bosque palmar muy denso, bosque manglar, y bosque seco respectivamente. En cambio, al aumentar el nivel de profundidad (20-40 cm) se encontró un solo rango de significación, obteniendo así promedios que van desde (14,22 **a**) para el bosque palmar muy denso (12,77 **a**) para el bosque seco, y (10,81 **a**) para el bosque manglar.

Para el fósforo en los primeros 20 cm la prueba de tukey (5%) evidenció un solo rango de significación, obteniendo así valores medios que van desde (5,10 **a**), (4,84 **a**) hasta (4,53 **a**), para el bosque manglar, bosque palmar muy

denso, y bosque seco, respectivamente. Por otro lado, al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) de forma análoga al no hallar diferencia estadísticamente significativa se obtuvo un solo rango de significación, exhibiendo valores medios equivalentes a (5,82 **a**), (5,29 **a**), y (5,20 **a**), para el bosque palmar muy denso, bosque seco y bosque manglar, respectivamente.

En última instancia los datos observados para el azufre en los primeros 20 cm infieren la existencia de una alta significación estadística, en este sentido, al hallar diferencia de medias el test de tukey al 5% evidenció tres rangos de significación con valores promedios que van desde (24,46 **a**), (19,91 **b**), y (10,20 **c**) para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar. De manera similar a mayor profundidad (20-40 cm) se evidenció una alta significación estadística, por ende, se exhibieron tres rangos de significación con valores medios equivalentes a (26,57 **a**), (20,10 **ab**), (14,30 **b**), para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar, respectivamente.

5. Discusión

Existe una relación directa entre las características posicionales, morfológicas y composicionales. Esto es evidente al considerar la influencia que han tenido posicionalmente las propiedades del suelo en la Isla Santay. El tipo de drenaje, la topografía, y la pendiente, a la par de contribuir en el establecimiento de diversas comunidades vegetales, han dado como resultado la consecución de caracteres edáficos diferenciadas. Esta regularidad ha permitido predecir las propiedades morfológicas, y reflejan una aproximación empírica de los materiales que conforman el suelo (características composicionales).

Desde el punto de vista posicional se observó que las áreas abnegadas y de baja pendiente al estar influenciadas por el estado de marea, morfológicamente evidencian un carácter hidromorfo, mientras que composicionalmente se asociaron con mayor nivel de humedad, de la misma forma los altos niveles de agua y una proporción alta de arcilla en campo, se asociaron composicionalmente con una mayor abundancia de materia orgánica, y nutrientes.

En relación a las características del paisaje, se puede establecer una primera gran diferenciación entre suelos desarrollados bajo condiciones de drenaje restringido y suelos bien drenados. Estos últimos se encuentran localizados en la parte central de la Isla Santay (Bosque seco), suelos que presentan un desarrollo estructural importante con predominancia de un régimen de humedad údico. Mientras que, los suelos con drenaje restringido (mal drenados) se localizan en el área del manglar y palmar muy denso, los cuales poseen un desarrollo estructural escaso, con predominancia de un régimen ácuico.

Morfológicamente los suelos evaluados se ubicaron en zonas de topografía plana, en el que se lograron reconocer hasta tres horizontes a diferencia del bosque manglar (dos horizontes), observando suelos con más o menos igual estructura, plasticidad y moteados. Los perfiles no presentaron cambios relevantes en la textura, manteniendo un alto contenido de arcilla en superficie y profundidad, siendo el bosque manglar y el bosque palmar muy denso los que presentaron mayor humedad (zonas adaptadas a la inundación), a diferencia del bosque seco (baja reserva de agua), esto debido al efecto combinado de la lluvia estacional, la textura del suelo, y la topografía del humedal, lo cual ha contribuido al establecimiento de una variedad de comunidades vegetales.

Por otra parte, se observó similitud en la distribución de moteados (colores naranjas y rojizos). Además, debido a las características observadas en campo, los perfiles analizados se incluyen dentro de un mismo grupo (suelos con propiedades gleycas), áreas en las que no se evidenció la presencia de afloramientos rocosos a diferencia del bosque seco, en el que se logró identificar pedregosidad con un porcentaje no superior al 60%.

Para las características composicionales se observa que el suelo de las tres parcelas experimentales posee una textura fina en superficie (primeros 20 cm). Por lo anterior, los resultados obtenidos infieren la presencia de dos clases texturales (Se trata de suelos arcillo limosos y arcillosos). En el presente estudio además se evidencia que el porcentaje de arena, limo y arcilla posee una diferencia ligeramente perceptible en las tres comunidades vegetales. El porcentaje más alto, medio y bajo de arena fue de (9,84%), (9,76%), y (7,44%) para el bosque seco, bosque manglar, y bosque palmar muy denso respectivamente. Por otra parte, el contenido de limo vario de (42,48%) a

(39,84%), y (35,92%), para el bosque palmar muy denso, bosque manglar y seco; mientras que la arcilla presentó un valor máximo en el bosque seco con un (54,24%), un valor medio en el bosque palmar muy denso (50,08%) y un valor ligeramente inferior en el bosque manglar (50,04%).

A nivel de subsuelo (20 - 40 cm). De forma similar a los primeros 20 cm, también se evidenciaron dos clases texturales: arcillosas y arcillo limosas. Además, se observó que el porcentaje de arena, limo y arcilla posee una diferencia ligeramente perceptible. El porcentaje más alto, medio y bajo de arena fue de (13,44%), (12,16%), y (6,96%) para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar respectivamente. Mientras que el contenido de limo vario de (43,28%) a (32,16%), y (30,56%), para el bosque manglar, bosque seco, y bosque palmar; mientras que la arcilla presentó un valor máximo en el bosque palmar con un (57,28%), un valor medio en el bosque seco (54,4%) y un valor inferior en el bosque manglar (49,76 %). En general de acuerdo con los resultados obtenidos el sustrato se encontró constituido principalmente por limo y arcilla, con una baja proporción de arena en las tres parcelas experimentales.

El valor medio de humedad (0-20 cm) fue igual a (13,88 mm) para el bosque seco, (44,26 mm) para el bosque palmar muy denso, y (72,75 mm) para el bosque manglar. Mientras que, al incrementar el nivel de profundidad (20 - 40 cm) el valor medio de humedad para las zonas de estudio fue igual a (25,88 mm) para el bosque seco, (47,39 mm) para el bosque palmar muy denso, y (82,21 mm) para el bosque manglar.

Por el contrario, los promedios generales de la densidad real (0-20 cm) para las tres parcelas se encuentran en un rango muy estrecho, obteniendo así valores promedios equivalentes a (1,67 g/ml), (1,78 g/ml), y (1,80 g/ml) para el

bosque palmar, bosque seco, y bosque manglar, respectivamente. De forma análoga, a mayor profundidad (20-40 cm) los valores de densidad real se observaron en un rango muy cercano, obteniendo así valores promedios equivalentes a (1,73 g/ml), (1,80 g/ml), y (1,93 g/ml) para el bosque palmar, bosque manglar y bosque seco, respectivamente.

Los resultados del análisis físico en relación a la capacidad de almacenamiento de agua en los primeros 20 cm, indican que la mayor proporción de retención de humedad se encuentra en el palmar muy denso con (81,37 mm), seguido del bosque seco (78,95 mm), y (62,83 mm) para el bosque manglar. A mayor profundidad (20-40 cm), los resultados obtenidos infieren que el palmar muy denso presenta mayor retención de humedad con (101,4 mm), seguido del bosque seco (94,13 mm), y (75,03 mm) para el bosque manglar.

Por el contrario, el contenido promedio de materia orgánica en los primeros 20 cm estuvo entre (7,020 %), (10,00 %), y (16,50 %) para el bosque seco, bosque manglar y el bosque palmar muy denso. Al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) se observaron cambios en la materia orgánica, lo cual se atribuye a una mayor retención de humedad (mayor proporción de arcilla), encontrando valores promedios equivalentes a (8,349 %), (9,403 %), y (10,320 %) para el bosque seco, bosque palmar muy denso y el bosque manglar.

El pH (0-20 cm) en los suelos con vegetación de palmas (*R. oleracea*) fue moderadamente ácido con un valor promedio de (6,02), el suelo con vegetación de bosque seco fue ligeramente más ácido con una media de (5,76); mientras que el suelo del bosque manglar fue moderadamente ácido con un valor medio de (6,03). A mayor profundidad (20-40cm), el pH en los suelos con vegetación de palmas (*R. oleracea*) fue moderadamente ácido con un valor promedio de

(5,67), el suelo con vegetación de bosque seco fue ligeramente más ácido con una media de (5,87); mientras que el suelo del bosque manglar fue moderadamente ácido con un valor medio de (5,76).

El Nitrógeno total (0-20 cm) para el bosque seco se halló en un nivel inferior a las demás comunidades vegetales (0,12152%), seguido por el bosque manglar (0,1308%); mientras que el bosque palmar muy denso evidenció una marcada diferencia al encontrarse en un nivel relativamente más alto (0,1733 %), en este caso las altas concentraciones de este nutriente se pueden asociar con la acumulación de raicillas en la parte superficial, y al lodo rico en materia orgánica. A mayor profundidad (20-40 cm) el Nitrógeno total para el bosque seco se halló en un nivel inferior a las demás comunidades vegetales (0,1277 %), seguido por el bosque manglar (10,81%); mientras que el bosque palmar muy denso evidenció una marcada diferencia al encontrarse en un nivel relativamente más alto (0,14222 %).

Las concentraciones de fósforo observadas en los primeros 20 cm evidencian una dinámica ligeramente variable para este nutriente, aunque ligeramente perceptible estadísticamente hablando, obteniendo así valores promedios equivalentes a (4,53 mg/ Kg) (4,84 mg/ Kg) y (5,10 mg/Kg) para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar respectivamente. Por otro lado, a mayor profundidad (20-40 cm) se obtuvieron valores medios equivalentes a (5,20 mg/ Kg) (5,29 mg/ Kg) y (5,82 mg/Kg) para el bosque manglar, bosque seco, y bosque palmar muy denso respectivamente.

Por otro lado, en los primeros 20 cm se pueden notar cantidades apreciables de azufre. En concordancia con lo ya mencionado vale destacar que los valores de materia orgánica encontrados en los suelos del bosque seco fueron inferiores

en relación a las demás comunidades vegetales, por lo que se esperaría que los niveles de azufre también se presenten en rangos bajos, sin embargo el bosque seco evidenció mayor concentración con un valor medio equivalente a (24,46 mg/Kg); seguido del bosque palmar muy denso (19,91 mg/Kg); mientras que el bosque manglar presentó un valor promedio igual a (10,20 mg/Kg). Al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) de forma análoga se proyectan cantidades apreciables de azufre para la localidad del bosque seco, la cual presentó mayor concentración con un valor medio equivalente a (26,57 mg/Kg), seguido del bosque palmar muy denso (20,10 mg/Kg); mientras que el bosque manglar presentó un promedio bajo en relación a las demás comunidades vegetales (14,30 mg/Kg).

En una investigación realizada por Bomfim et al. (2018) en Brasil en el que se evaluaron las características morfológicas y físico químicas del suelo de manglar, bajo influencia fluvial (P1 a P5) y marina (P6 y P7), se encontró similitud con los resultados del presente estudio, considerando que todos los perfiles evaluados evidenciaron un drenaje deficiente y propiedades gleycas de estructura masiva producto de la traslocación y transformación de los compuestos de hierro (Fe). De manera similar el suelo estuvo dominado por arcillas y limos, lo cual explican se debe a la variación de sedimentos traídos por las mareas.

Los resultados obtenidos también se comparan con la investigación realizada por Medina, García-Calderón, y García-Oliva (2014) en el que se evaluaron dos humedales representativos en México, encontrando similitudes considerables con la morfología del gleysol de Ichupio, el cual destacó por ser un suelo mineral bien desarrollado dominado por limos y arcillas, y bloques angulares de tamaño

medio y grueso, con moteados de expresión rojiza coincidiendo con lo encontrado en el bosque seco. Con condiciones ligeramente calcáreas debido a los restos de conchas de moluscos distribuidos a lo largo del perfil, difiriendo con el presente estudio tomando en cuenta que ninguno de los suelos evaluados presentó reacción al ácido clorhídrico (HCL).

Por otro lado, en el fluviosol de Jarácuaro, el suelo evaluado, al igual que el bosque seco, presentó grietas en el horizonte superficial, con gravas gruesas, y con una proporción considerable de arcilla (42%). Sin embargo, difirió tomando en cuenta que el nivel freático para el fluviosol se halló en los primeros 44 cm de profundidad. Los agregados presentaron altos niveles de materia orgánica, y fueron masivos en estado húmedo, coincidiendo con la estructura en campo del bosque palmar muy denso y bosque manglar (Medina, García-Calderón, y García-Oliva, 2014).

En un estudio realizado por Villaseñor, Luna, y Jaramillo (2017) denominado "Caracterización de las propiedades morfológicas, y químicas de los suelos del humedal "La Tembladera", provincia del Oro, Ecuador". En el que se evaluaron 10 perfiles de suelo, a diferencia del presente estudio no se encontró correlación en la clase textural, prevaleciendo las clases franco arcillo arenosas, y arenosas de consistencia plástica a ligeramente plástica. Coincidiendo con el grado de desarrollo de los agregados presentando en la mayoría de los casos estructuras de bloque angular.

En la investigación realizada por Domínguez (2018) en la Isla Santay, de acuerdo con los datos reportados no se encontró similitud con las características morfológicas para los moteados, y el tamaño de raíces. Al obtener moteados de tonalidad gris en la zona de baja y alta densidad de palmas, mientras que en el

presente estudio se encontraron moteados de tonalidad naranja y rojizos en las tres parcelas experimentales.

Por otro lado, el tamaño de raíces obtuvo valores desde (0,5 a 2 mm) para el horizonte A y (0,7 a 2 mm) para el horizonte B en la zona de alta densidad de palmas. Mientras que en la zona de baja densidad se observaron raíces entre (0,8 a 0,5 mm) para el horizonte A y (0,8 a 0,3 mm) para el horizonte B. Por su parte en el presente proyecto en el bosque seco se observaron raíces entre (3 y 5 mm) para el horizonte A y (1 mm) para el horizonte B, en el bosque palmar muy denso se encontraron raíces entre (13 mm) para el horizonte A y (4 mm) para el horizonte B, mientras que en el bosque manglar se encontraron raíces de (7 mm) para el horizonte A y B difiriendo con la investigación realizada por (Domínguez,2018), pero coincidiendo con la clase textural arcillosa, los altos niveles de materia orgánica en campo, una menor proporción de raíces en el horizonte B , y una mayor abundancia de moteados en la parte media.

En base a los resultados obtenidos por Andrade (2019) en el que se monitorearon 12 parcelas permanentes en una zona de manglar en los primeros 20 cm se evidenció correlación en el contenido de materia orgánica, tomando en cuenta que los lugares evaluados obtuvieron valores altos en cifras absolutas con promedios desde (6,30%) hasta (11%). Por otro lado, el pH proyectó valores neutros desde (7,02) a ligeramente ácidos (5,58), similar a lo que se reporta para el bosque manglar, considerando que los valores encontrados se encuentran en un rango ligeramente ácido desde (6,47) hasta (5,66). Por otro lado, el Nitrógeno total presentó valores promedios relativamente altos llegando a alcanzar valores de (123, 25 y 29 mg/Kg), difiriendo con el presente estudio. De forma análoga para el fósforo no se encontró correlación ya que se reportaron valores entre (14

mg/Kg) a (71 mg/Kg), mientras que en el presente estudio se obtuvieron rangos entre (4,53 mg/Kg), (4,83 mg/Kg) y (5,10 mg/Kg) para el bosque seco, bosque palmar muy denso, y bosque manglar en los primeros 20 cm.

Por otro lado, a mayor profundidad (20-35 cm) se hallaron valores de pH entre (7,50) y (5,53), difiriendo con el presente estudio en su valor máximo, ya que los valores reportados en ninguno de los casos fueron tendientes a la alcalinidad. De manera similar los promedios de Nitrógeno y Fósforo difirieron del presente proyecto. Encontrando valores entre (54 mg/Kg), y (8 mg/Kg) para el Nitrógeno, y (82 mg/Kg), y (11 mg/Kg) para el contenido de fósforo (Andrade, 2019).

Por otro parte, en una investigación realizada por Torán (2020) en el refugio de vida silvestre manglares estuario río Muisne en el que se establecieron ocho estaciones a 30 cm de profundidad se encontró similitud con lo reportado para el bosque manglar en los primeros 20 cm, al obtener valores de pH entre (5,3) y (6,5), mientras que en el presente proyecto se obtuvieron rangos entre (5,43) a (6,47).

En un estudio realizado por Torres, Infante, Sánchez, Espinoza, y Barba (2018) denominado "Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna Mecoacán Golfo de México" por su lado, se encontró predominancia de suelos arenosos en cuatro de las seis estaciones de muestreo, lo cual indujo a una menor retención de materia orgánica y humedad, difiriendo con el presente proyecto, ya que debido a la alta proporción de arcilla, los valores promedios de materia orgánica y humedad tendieron a aumentar, lo cual coincidió con la estación el Pajara donde se registró el más alto contenido de humedad, materia orgánica y nitrógeno, lo que a su vez concuerda con Bjorn y

Mc Clagherty (2008) quienes indican que los suelos con mayor proporción de arcilla son capaces de almacenar más materia orgánica que los arenosos.

Putra, Prabowo, y Rayes (2014) indican que un alto valor de materia orgánica se asocia con la descomposición de la hojarasca provocada por la actividad de los organismos en el suelo. Por su parte Hayes. et al (2017) manifiesta que las raíces son la principal fuente de materia orgánica sedimentaria en los manglares, siendo importante reconocer que el aumento de materia orgánica a medida que incrementa la profundidad se atribuye a los ingresos provenientes de la descomposición de raíces que se mezclan con la matriz del suelo, la caída de las hojas del mangle y una mayor proporción de arcilla asociada a una mayor retención de humedad.

En base a los hallazgos encontrados en el presente estudio vale mencionar que los altos contenidos de nutrientes encontrados en el bosque manglar se correlacionan con las características propias de este ecosistema, ya que más allá de ser considerados como eficientes sumideros de carbono (Mcleold, et al., 2011; Donato, et al., 2011), los manglares prestan servicios ambientales como la retención de nutrientes entre ellos el nitrógeno y el fósforo (Valiela y Cole, 2002). Por otro lado, de acuerdo con Valiela et al. (1997) los humedales retienen en promedio el (77%) del Nitrógeno que reciben. Además de por si son considerados como importantes zonas de amortiguamiento para la retención de nutrientes (Zhang, et al., 2019).

En el suelo existen dos formas de azufre; la orgánica vinculada a la materia orgánica, y la inorgánica la cual involucra su forma disponible aprovechable para las plantas en forma de sulfato (González-Osorio et al. 2005). En cuanto a este elemento de forma general de acuerdo con Blair citado por Gualdrón y Salinas

(1982) el bajo contenido de azufre en los suelos asociados a las áreas tropicales se deben al bajo contenido de materia orgánica, la elevada meteorización y la pérdida por lavado, coincidiendo con lo expresado por Villasanti, Pilas, y Pantoja (2013) quien indica que existe una fuerte correlación entre los niveles de azufre y la materia orgánica, cuya reducción involucra deficiencia de azufre, considerando que este elemento se encuentra mayoritariamente en forma orgánica (Tiecher, Santos, Rasche, y Brunetto, 2012).

Lo anterior se correlaciona con un estudio realizado por Thomas y Varley (1982) en el que el análisis de cada horizonte señaló que el azufre disminuyó a profundidad, lo cual se debía al aporte de la materia orgánica en el horizonte superficial, difiriendo con el presente estudio ya que el azufre tendió a aumentar a profundidad, pero coincidiendo con lo reportado por Dent y Raiswell (1982) en suelos del Valle del Río Gambia en Senegal, donde se evidenció un incremento de azufre a profundidad, lo cual se debió a la presencia de un horizonte orgánico sepultado.

En un estudio realizado por Oroa (2019) el azufre evidenció niveles bajos en todos los usos, manteniendo más o menos similitud a profundidad, a excepción del uso del suelo correspondiente al bosque, el cual registró niveles altos de este elemento entre los 100 a 150 cm, lo cual se debía a la materia orgánica remanente de plantaciones, y la acción microbiana que infirieron en su mineralización a sulfato (Corrales, Vargas, Vallejo, y Martínez, 2014), por otro lado de acuerdo con Kass (1996) este elemento posee una gran movilidad en suelos ácidos, lixiviándose con gran facilidad en las capas profundas, coincidiendo con lo reportado en el presente proyecto, ya que los mayores valores de azufre se encontraron a profundidad.

Vale mencionar que para el presente estudio no se encontró correlación positiva entre el azufre y la materia orgánica entre comunidades pero si a nivel de profundidad, considerando que los valores más altos para este nutriente se encuentran reflejados en el bosque seco, y los menores se correlacionan con las zonas inundadas (Bosque manglar, palmar muy denso).

De acuerdo con Pinto, Naranjo, y Hernández (1995) los rangos de pH en zonas de manglar se extienden desde ligeramente ácidas a ligeramente básicas, lo cual coincide con los rangos reportados en la presente investigación. Por su parte vale destacar que la mayoría de evaluaciones que se han realizado en suelos de manglar se describen por lo general en los primeros 15 y 20 cm, debido a que son lugares que la mayor parte del tiempo permanecen encharcados (Odum y Heald, 1972)

En una investigación realizada por Zouidi, Borsali, Allam, y Gros (2019) denominada "Estimación de la calidad de los suelos forestales de Argelia occidental" se encontró que la variación de los parámetros físicos en correlación con el presente estudio es mínima coincidiendo con las cinco estaciones de muestreo en los primeros 20 cm con valores promedios entre (13,29 %) y (24,12%) para la humedad coincidiendo con el bosque seco donde se obtuvieron rangos entre (12,89%) a (14,71%) en los primeros 20 cm y (21,44%) a (28,85%) a nivel de subsuelo (20-40 cm), con una capacidad de almacenamiento de agua entre (62,86%) hasta (77,40%), mientras que en el bosque seco se obtuvieron promedios entre (70,11%) y (89,51%), por su parte el nitrógeno evidenció valores promedios entre (0,081%) , mientras que la materia orgánica presento valores fluctuantes entre (3,29%) a (12,37%), mientras que en el bosque seco se

encontraron promedios desde (0,1215%) para el nitrógeno y (7,02%) para la materia orgánica.

Por su parte la presencia de un valor moderadamente alto de Nitrógeno en el bosque seco se asocia a una mayor abundancia de leguminosas en la comunidad referida, las cuales de acuerdo con Sivila y Hervé (2006) este tipo de vegetación contribuye a mantener las condiciones del suelo, en especial del nitrógeno.

En la investigación realizada por Oroa (2019) se encontró mayor proporción de fósforo en los primeros 5 cm disminuyendo a medida que aumentaba la profundidad del suelo, lo cual se asoció con los valores de materia orgánica encontrados evidenciando la misma tendencia al incrementar la profundidad, coincidiendo con lo reportado por Hansel et al. (2017) donde se encontró mayor proporción de fósforo en la capa superficial (0- 10 cm) lo cual se asoció con una mayor cantidad de materia orgánica con valores promedios entre (30 a 40 g/kg), por otro lado en base a lo referido con Galantini, Suñer, y Iglesias (2007) el fósforo es un elemento de escasa movilidad, por lo regular existe un mayor contenido de este elemento en las capas superficiales. Todo lo anterior difiere con el presente proyecto, ya que los mayores promedios de fósforo se encontraron a nivel de subsuelo (20-40 cm).

De acuerdo con Peña y Cardona (2010) entre el 30 y el 50% del fósforo total disponible proviene de la materia orgánica. Este elemento posee una naturaleza inmóvil en la gran mayoría de los suelos, por lo que su pérdida se produce por procesos erosivos y no por lixiviación. Kass (1996) indica que un buen ambiente de pH para la adecuada absorción de fósforo se encuentra cercano a la neutralidad, con valores entre 6 y 6,8. Por su parte Benton (2012) manifiesta un

pH por debajo de 5,5 se correlaciona con una menor disponibilidad de elementos como el fósforo y el magnesio, aumentando la concentración de Aluminio y Manganeso.

En una investigación realizada por Boone, Heider, Cole, Dwire, y Donato (2011) denominada “Reservas de carbono del ecosistema Bosques de manglares de Micronesia” no se encontró correlación con las tendencias encontradas en el presente estudio para la zona de manglar de Airai y la comunidad de pastos marinos adyacente en la República de Palau, donde se halló en la zona cercana al mar, valores promedios para el nitrógeno desde (0,67 %) en los primeros 15 cm a (0,63%) de 15 a 30 cm.

En un estudio realizado por Sabrina, Hanafi, Nor Azwady, y Mahmud (2009) denominado “ Poblaciones de lombrices y propiedades de yeso en suelos de plantaciones de palma aceitera” se analizaron parámetros físicos y químicos en los primeros 25 cm, encontrando diferencias ligeramente perceptibles en relación al presente estudio al encontrar promedios ácidos para el pH y la textura del suelo la cual resulto ser franco arenosa en la mayoría de las estaciones, mientras que para la zona de palmar muy denso la textura resultó ser arcillosa, pero coincidiendo con el valor promedio para el nitrógeno en los primeros 20 cm al obtener rangos desde (0,06 %) hasta (0,12%), mientras que en la zona de palmar muy denso se hallaron rangos entre (0,1134%) a (0,21%).

Por su lado los valores promedios obtenidos en el palmar muy denso difirió con la investigación realizada por Marzukhi, Elahami, y Bohari (2016) en donde se evaluaron las deficiencias de nutrientes en palmeras aceiteras mediante sensores remotos al hallar valores de fósforo entre (7 a 197 mg/Kg) pero coincidiendo con los valores de nitrógeno los cuales presentaron medias

equivalentes a (0,14%) y (0,25 %), mientras que en la zona de palmar muy denso se hallaron rangos entre (0,1134%) a (0,21%)

Por otra parte, de acuerdo con los datos reportados para el pH por Domínguez (2018) en la Isla Santay, se obtuvieron valores que van desde (6,57; 0-20 cm) a (6,89; 20-40 cm) para la zona de baja densidad de palmas, y promedios desde (6,79; 0-20 cm) a (6,95; 20-40 cm) en el área de alta densidad, en cualquiera de los casos, las tendencias observadas en ambas zonas coincide con lo hallado en el bosque seco, cuyos valores de forma análoga fueron ligeramente tendientes a la alcalinidad al incrementar el nivel de profundidad, obteniendo valores promedios desde (5,76;0-20 cm) a (5,87;20-40 cm).

Para la CAA se observaron valores desde (60,76%; 0-20 cm) a (57,46%; 20-40 cm) para la zona de baja densidad, y promedios desde (64,03%; 0-20 cm) a (60,76%; 20-40 cm) en el área de alta densidad, difiriendo con el presente estudio, ya que se obtuvo mayor retención de agua al incrementar la profundidad en las tres comunidades vegetales evaluadas, con valores promedios desde (78,95%; 0-20 cm) a (94,13%; 20-40 cm) para el bosque seco, (81,37%; 0-20 cm) a (101,37%; 20-40 cm) para el bosque palmar muy denso, y (62,83%;0-20 cm) a (75,03%; 20-40 cm) para el bosque manglar, por otro lado comparativamente hablando se observa que los altos valores reportados por Domínguez (2018) se encuentran en un rango más bajo en relación a las tres comunidades estudiadas, siendo más o menos similar con los valores obtenidos en el bosque manglar en los primeros 20 cm.

Para la materia orgánica por su parte, se reportaron valores desde (1,03%; 0-20 cm) a (1,24%; 20-40 cm) para la zona de baja densidad, y promedios desde (1,12%; 0-20 cm) a (1,13%; 20-40 cm) en el área de alta

densidad, difiriendo con los valores reportados en el presente estudio, al encontrar valores altamente diferenciados, con promedios desde (16,50%; 0-20 cm) a (9,403%; 20-40 cm) para el bosque palmar muy denso, (10%; 0-20 cm) a (10,32%;20-40 cm), para el bosque manglar y (7,020%;0-20 cm) a (8,349%;20-40 cm) para el bosque seco (Domínguez, 2018).

Mientras que para la clase textural se hallaron valores promedios de arena desde (6,34%), (32,1%) para el limo, y (61,74 %) para la arcilla en la zona de baja densidad, y (5,05%) de arena, (30,80%) de limo, y (64,03%) de arcilla en la zona de alta densidad, siendo su clase textural arcillosa similar con lo reportado para el bosque seco, donde se encontraron rangos promedios desde (9,84%) para la arena, (35,9%) para el limo, y (54,24%) para la arcilla en los primeros 20 cm. De forma análoga al incrementar el nivel de profundidad (20-40 cm) no se evidenció variación significativa en la clase textural siendo arcillosa para el bosque seco y las áreas de baja y alta densidad de palmas (Domínguez, 2018).

6. Conclusiones

Posicionalmente la Isla Santay evidencia un ambiente fluvial (planicies aluviales), de topografía plana, un clima semiárido seco, y un régimen de temperatura isohipertérmico, con dos periodos estacionales bien definidos: junio a diciembre (época seca), enero a mayo (época húmeda). Por otro lado, se hallaron áreas con diferente tipo de drenaje natural y régimen de humedad. Los suelos mal drenados se encuentran localizados en el bosque manglar y palmar muy denso con predominancia de régimen ácuico, mientras que los suelos con drenaje favorable se encuentran localizados en el bosque seco de régimen údico.

Morfológicamente, se observan suelos con propiedades gleycas de textura arcillosa y arcillo limosa. Por su parte, desde el punto de vista estructural la mayor parte de los agregados no fueron visibles. Mientras que, el color en la matriz y las manchas de hierro evidencian condiciones de reducción asociadas a la saturación de agua, tanto en el bosque seco como en las áreas donde prevalece un nivel freático alto y fluctuante (Bosque palmar muy denso, y bosque manglar).

El estudio comparativo de las características composicionales no evidenció diferencia entre todos los atributos estudiados. Siendo significativo para: el contenido de humedad, capacidad de almacenamiento de agua, limo, materia orgánica, nitrógeno total, y azufre; y no significativo para: la densidad real, pH, arena, arcilla y fósforo.

7. Recomendaciones

Luego de haber culminado el proyecto de investigación, a continuación, se presentan las recomendaciones generales del estudio, así como las posibles líneas de futura investigación:

Por la importancia que reviste el factor climático en el entorno ambiental y por ende en la formación del suelo, se recomienda recopilar información de una mayor densidad de estaciones climatológicas para lograr mejores resultados en los cálculos del balance hídrico, y a su vez tener una base meteorológica más objetiva sobre el clima de la ciudad de Guayaquil y por ende de la Isla Santay. Por otro lado, para mejorar la interpretación sobre el funcionamiento actual y pasado del humedal, se recomienda ampliar el estudio geomorfológico de la Isla a través de sondeos de campo, e información geoespacial, teniendo como base el empleo de modelos de elevación digital (DEM).

Considerando que el estudio abordado abre nuevas directrices sobre el origen del suelo bajo condiciones de inundación fluctuante en Ecuador, se recomienda realizar investigaciones posteriores a la que antecede para conocer los microorganismos presentes en el suelo en condiciones anaerobias e hipersalinas.

El presente proyecto se puede ampliar mediante el estudio de los caracteres edáficos vinculados a las comunidades vegetales adyacentes (Herbazal y bosque de palmas de baja y alta densidad). Paralelamente, y dada la relevancia las propiedades edáficas en el desarrollo de la vegetación y demás organismos vivos, queda abierta la investigación sobre cómo influyen las características composicionales en la flora y fauna del humedal.

Por otra parte, con el fin de que en futuros proyectos exista una base para obtener mejores alternativas de conservación, es deseable profundizar más en el tema para corroborar las tendencias encontradas. También, como último aspecto, se recomienda actualizar el plan de manejo con énfasis en el reconocimiento del suelo como un recurso esencial para el desarrollo de la vegetación y demás organismos vivos.

8. Bibliografía

- Acevedo, O. (2014). Identificación de las principales variables asociadas a condiciones de humedad. 35. Bogotá: Instituto de investigación de Recursos biológicos Alexander von Humboldt. Obtenido de <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9613/14-13-014-017PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acosta, J., & Winckell, A. (1984). Apuntes sobre la cartografía de las inundaciones en la cuenca del Guayas (invierno 1982-1983). Quito, Ecuador: Departamento de Geomorfología y Teledetección del PRONAREG-MAG. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21849.pdf
- Adhikari, K., & Hartemink, A. (2016). Linking soils to ecosystem services- A global review. *Geoderma*, 262, 101-111. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Andrade, R. (2019). Estructura y composición florística (de los manglares) del refugio de vida silvestre manglares estuario río Esmeraldas. (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador. Obtenido de <https://181.39.85.171/bitstream/123456789/1971/1/ANDRADE%20CHICA%20ANDR%c3%89S%20.pdf>
- Armas, C. (2009). Caracterización físico - química y dinámica del carbono orgánico en los suelos de algunos ecosistemas de las Islas Canarias. (*Tesis Doctoral*). Universidad de la Laguna, España. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/21108/cp307.pdf?sequence=1>

- Arruda, D., Schaefer, C., Corrêa, G., Rodrigues, P., Duque, R., Ferreira, W., . . . Filho, O. (2015). Landforms and soil attributes determine the vegetation structure in the Brazilian semiarid. *Folia Geobotanica*, 50(3), 175-184. doi:10.1007/s12224-015-9221-0
- Baridón, E. (2019). Apunte de edafología: "Morfología de suelos". 29. Buenos Aires, Argentina: Departamento de ambiente y recursos naturales facultad de ciencias agrarias y forestales. Obtenido de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42968/mod_resource/content/1/TEMA%202%20MORFOLOG%C3%8DA%2026-03-19.pdf
- Bellingham, K. (2019). Soil Geomorphology. A Pedological Guide for Soil Sensor Applications. 20. Portland, USA: Stevens Water Monitoring Systems.
- Benítez, S., Álvarez, V., Vera, X., & Mera, W. (2005). Investigación y estudio del comportamiento dinámico del subsuelo y microzonificación sísmica de la ciudad de Guayaquil. (*Tesis de Pregrado*). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Benton, J. (2012). *Plant Nutritin and Soil Fertility Manual*. Boca Ratón, Florida, USA: CRC PRESS.
- Berroterán, José. (1985). Geomorfología de un area de llanos bajos centrales. Enfoque con fines de estudios de suelos y vegetación a escala pequeña. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*, 40(143), 31-77.
- Bjorn, B., & Mc Clagherty, C. (2008). *Decomposition Humus Formation, Carbon Sequestration*. Berlin, Alemania: Springer.
- Bomfim, M., Gonzaga, J., Costa, O., Nascimento da Conceição, J., Da Silva, A., Souza, C., & Da Conceição, M. (Noviembre de 2018). Morphology,

- Physical and Chemical Characteristics of Mangrove Soil under Riverine and Marine Influence: A Case Study on Subaé River Basin, Bahia, Brazil. En S. Sharma, *Mangrove Ecosystem Ecology and Function* (págs. 134-161). Brasil: IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.79142
- Boone, J., Heider, C., Cole, T., Dwire, K., & Donato, D. (2011). Ecosystem carbon stocks Micronesian mangrove forests. *Wetlands*, 31(2), 343-352. doi:10.1007/s13157-011-0148-9
- Botrel, R., Oliveira, F., Luciene, R., & Nilton, C. (2002). Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí. *bras. Bot*, 25(2), 195-213. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>
- Boyle, J., & Powers, R. (2013). Forest Soils. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 73-79. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.05169-1>
- Brady, N. (1984). *The Nature and properties of soils* (Novena ed.). New York, Estados Unidos: Macmillan Publishing Company.
- Buol, S., Southard, R., Graham, C., & McDaniel, P. (2011). *Soil Genesis and Classification* (Sixth Edition ed.). Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc. doi:<https://doi.org/10.1002/9780470960622.ch2>
- Cáceres, H. (2017). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en plantaciones de pinus radiata, en tres sitios de la región sierra ecuatoriana. (*Tesis de pregrado*). Universidad técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7445/1/03%20FOR%20261%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Calle, B., Moreno, F., & Cárdenas, D. (2011). Relación entre suelos y estructura del bosque en la Amazonía colombiana. *Biología Tropical*, 59(03), 1307-1322.

Campbell, D. (1994). Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. *Developments in Agricultural Engineering*, 11, 113-139. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88286-8.50014-3>

Cárdenas, A., & Medina, J. (2017). Proyecto de desazolve de canal izquierdo de la isla santay en el río guayas:soluciones. (*Tesis de Pregrado*). Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/127823/D-CD70253.pdf>

Carter, M., & Greogorich, E. (2008). *Soil Sampling and Methods os Analysis*. Boca Raton, USA: CRC Press. Obtenido de <https://n9.cl/wryji>

Casanova, E. (1991). *Introducción a la Ciencia del Suelo* (Primera ed.). Caracas, Venezuela: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico [CDCH] de la Universidad Central de Venezuela [UCV].

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]. (2013). Contenido de humedad del suelo: Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo. 12. México. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/4030/98829.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chaturvedia, R., & Raghubanshi, A. (2014). Species Composition, Distribution, and Diversity of Woody Species in a Tropical Dry Forest of India. *Journal*

of Sustainable Forestry, 33, 729-756. doi:doi:
10.1080/10549811.2014.925402

Chavarría, F. (2011). *Edafología 1* (Primera ed.). Caldas, Colombia: Universidad en el campo [UNICAM]. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

Clark, D. (2002). Los factores edáficos y la distribución de las plantas. En M. Guariguata, & G. Kattan, *Ecología y conservación de bosques* (Primera ed., págs. 193-221). Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional [LUR].

Clayden , B., & Hewitt, A. (2015). *Horizon notation for New Zealand soils*. Lincoln, New Zealand: Manaaki Whenua Press. doi:<https://doi.org/10.7931/DL1001>

Cock, J., Álvarez, D., & Estrada, M. (2010). Guía Práctica para la Caracterización del suelo y del terreno. 62. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura tropical [CIAT]; Corporación BIOTEC. Obtenido de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69682/RASTA_2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Comisión de Estudios para el desarrollo de la Cuenca del Río Guayas [CEDEGÉ]. (1982). *Plan regional de desarrollo de la cuenca del río: Guayas y de la península de Santa Elena*. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1515/S30924E16PL_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Corrales, C., Vargas, I., Vallejo, S., & Martínez, M. (2014). Deficiencia de azufre en suelos cultivables y su efecto en la productividad. *Biotecnia*, *XVII*(1), 38-44.
- Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., María, Z., Sofía, C., & Quiñones, L. (2007). La conservación de los suelos: asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*(83), 5-71.
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguna, C. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque*, *40*(3), 365-378. doi:<https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>
- Da Silva, M., & Pellegrini, A. (2013). *Taxonomía de suelos*. Recuperado el 28 de 02 de 2021, de https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/39495/mod_resource/content/2/TEMA%2011-%20TAXONOM%C3%8DA.pdf
- Daily, G., Matson, P., & Vitousek, P. (1997). Ecosystem services supplied by soil. En Daily, Gretchen, & N. Services: (Ed.), *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems* (págs. 113-132). Washington: Island Press.
- Davila, J. (2013). Influencia de la topografía, textura y pH, del suelo en la distribución espacial de especies del bosque de colina baja fuertemente disectada, en el área de influencia de la carretera iquitos-nauta iquitos-perú. (*Tesis de pregrado*). Escuela de formación profesional de Ingeniería en Ecología de bosques tropicales, Iquitos, Perú.
- Dent, D., & Raiswell, R. (1982). Quantitative models to predict the rate and severity of acid sulphate development: a case study in the Gambia. En H.

- Dost, & V. Breemen, *Proceedings of the Bangkok Symposium on Acid Sulphate Soils* (págs. 73-95). Bangkok, Tailandia: Second International Symposium on Acid Sulphate Soils. Obtenido de <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/60259#page=79>
- Domínguez, Y. (2018). Características edáficas que favorecen a la Synusia de plantas trepadoras del humedal Ramsar Isla Santay. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DOMINGUEZ%20HERMENEJILDO%20YULY%20ANGELICA.pdf>
- Fraser, S., Singleton, P., & Clarkson, B. (2018). Hydric soils – field identification guide. 83. Tasman, New Zealand : Manaaki Whenua - Landcare Research. Obtenido de <https://www.envirolink.govt.nz/assets/R13-5-Hydric-soils-field-identification-guide.pdf>
- Galantini, J., Suñer, L., & Iglesias, J. (2007). Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: efectos de largo plazo sobre las formas de fósforo en el suelo. *RIA*, 36(1), 63-81.
- García, L. (2014). Estudio de los residuos sólidos no peligrosos y su impacto socio-ambiental en habitantes de la Isla Santay, Cantón Durán, período 2013. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí [ULEAM], Manta, Ecuador.
- García, L., & Schlatter, J. (2012). Caracterización de suelos a lo largo de un gradiente altitudinal en Ecuador. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(03), 456-464.

- González, A., Acosta, J., & Andrade, S. (2008). Evaluación de las inundaciones de la Cuenca baja del Guayas, datos y manejo. *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*, (pág. 14). Quito.
- Groening, J. (2015). Objeto del aprendizaje para la enseñanza de suelos utilizando inteligencia artificial. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Hansel, F., Amado, T., Ruiz, D., Rosso, L., Nicoloso, F., & Schorr, M. (2017). Phosphorus fertilizer placement and tillage affect soybean root growth and drought tolerance. *Agronomy Journal*, 109(6), 2936-2944.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (SEXTA ed.). (R. Hernández, C. Fernández, & P. Baptista , Trads.) México: MCGRAW-HILL. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Ibáñez, S., & Moreno, R. (2002). *Procesos formadores de suelos: Gleyficación*. Recuperado el 02 de 02 de 2022, de <https://n9.cl/ubj24>
- Imbellone, P. (2018). Guía de descripción e interpretación de suelos hidromórfos. En A. Quiroga, F. Romina, & Á. Cristian, *Análisis y Evaluación de Propiedades Físico Hídrica de los suelos* (Primera ed., págs. 9-20). La Pampa, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA].
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2010). *Poblacion total por sexos y grupos de edad de la Isla Santay*. Recuperado el 27 de 02 de 2021, de

<http://redatam.inec.gob.ec/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>

IUSS Working Group [WRB]. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3794es/l3794es.pdf>

Jackson, R., Thompson, J., & Kolka, R. (2014). *Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology*. California, USA: University of California Press. Obtenido de <https://n9.cl/gq2k8>

Jaramillo, A., Navarrete, R., Carcelen, F., Massay, J., & Mora, S. (2008). Ficha informativa del Sitio Ramsar 1041 Isla Santay. 12. Guayaquil, Ecuador: Ecofondo.

Jaramillo, A., Porozo, A., Molina, R., Narnajo, J., & Pacalla, A. (2002). *Plan de Manejo del Humedal Isla Santay*. Guayaquil, Ecuador: Comité Ecológico del Litoral con la colaboración del Ministerio del Ambiente/DED Servicio Técnico de cooperación Alemana. Obtenido de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/646/documents/EC1041mgt.pdf>

Jordán, A. (2005). Manual de edafología. 143. Sevilla, España: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.

Kass, D. (1996). *Fertilidad de Suelos*. San José, Costa Rica: EUNED.

Keller, T., Arvidsson, J., & Dexter, A. (2007). Soil structures produced by tillage as affected by soil water content and the physical quality of soil. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 45-52. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2006.01.001>

- Labrador, J. (2008). Manejo del suelo en los sistemas agrícolas de producción ecológica. 47. Sociedad Española de Agricultura Ecológica [SEAE]. Obtenido de <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MENEJO-DEL-SUELO-AGROECOLOGICA.pdf>
- Lanfranco, J., Pellegrini, A., & Cattani, V. (2014). *Contenidos de Edafología Génesis, evolución y propiedades físico químicas del suelo* (primera ed.). La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Lang, A., Torres, M., & Bruno, C. (2017). Description of the soil and root biomass of two subtropical mangroves in Antonina and Guaratuba Bay, Paraná State, Brazil. *Hoehnea*, 44(3), 328-335. doi:<https://doi.org/10.1590/2236-8906-99/2016>
- Lindbo, D. (1997). Entisols-Fluvents and Fluvaquents: Problems Recognizing Aquic and Hydric Conditions in Young, Flood Plain Soils. En M. Vepraskas, & S. Sprecher, *Aquic Conditions and Hydric Soils: The Problem Soils* (Vol. 50, págs. 133-151). Madison, USA: SSSA Special Publications. doi:<https://doi.org/10.2136/sssaspecpub50.c8>
- Liu, S., Hou, X., Yang, M., Cheng, F., Coxixo, A., Wu, X., & Zhang, Y. (14 de Diciembre de 2018). Factors driving the relationships between vegetation and soil properties in the Yellow River Delta, China. *CATENA*, 165, 279-285. doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.02.004>
- Llambi, L., Soto, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología hidrología y suelos de páramos* (Primera ed.). Ecuador: Proyecto Páramo Andino. Obtenido de <https://n9.cl/8o42o>
- López, J., Vásquez, V., Gómez, L., & Priego, Á. (2010). Humedales. En E. Florescano, & J. Escamilla, *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural*

- de Veracruz* (Primera ed., págs. 227 - 248). Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Obtenido de <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/9655>
- Luna, E. (2017). Suelos de un humedal salino y fluctuante: La Laguna de Gallocanta. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Zaragoza, España. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/61577/files/TESIS-2017-049.pdf>
- Lurzio, W., Vera, W., Benavides, C., & Casanova, M. (2001). Propiedades que caracterizan a los suelos formados en condiciones de exceso de agua. En C. N. Riego, C. N. Ambiente, U. A. Chile, & S. C. Suelos, *Realidad y perspectivas de la habilitación de suelos mal drenados en el sur de Chile regiones IX y X* (págs. 57-65). Valdivia, Chile: Estudios CNR. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/9711>
- Mansyur, Hanudin, E., Purwanto, B., & Utami, S. (2019). Morphological characteristics and classification of soils formed from acidic sedimentary rocks in North Kalimantan. *Environmental Science*, 393(1), 1-9.
- Marañón, T., & Engracia, M. (2017). Funciones del suelo y servicios ecosistémicos: importancia de la materia orgánica. En R. E. [REC] (Ed.), *V Jornadas de la Red Española de Compostaje*, (págs. 13-16).
- Marzukhi, F., Elahami, A., & Bohari, S. (2016). Detecting nutrients deficiencies of oil palm trees using remotely sensed data. *Environmental Science*, 37(1), 1-11. doi:10.1088/1755-1315/37/1/012040
- McKean, S. (Agosto de 1993). Manual de análisis de suelos y tejido vegetal. 97. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. Obtenido de <https://n9.cl/ixenag>

- Medina, L., García-Calderón, N., & García-Oliva, F. (2014). Suelos de humedal del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 111-124.
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. San José, Costa Rica: Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilizaci%C3%B3n%20Foliar.pdf>
- Melo, J., Horák, I., Moreira, R., Da Silva, F., Prazeres, K., Troula, C., . . . Vidal, P. (Julio de 2017). Genesis and properties of wetland soils by VIS-NIR-SWIR as a technique for environmental monitoring. *Journal of Environmental Management*, 197, 50–62.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (2016). Política para la gestión sostenible de suelo. 94. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. Obtenido de http://www.andi.com.co/Uploads/8.%20Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2011). *Plan de Manejo del Área Nacional de Recreación Isla Santay e Isla Gallo*. Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. Obtenido de <http://190.152.46.74/documents/10179/242256/19+PLAN+DE+MANEJO+ISLA+SANTAY+ANR+Isla+Santay.pdf/a13669f7-b6e6-4592-93c6-c339f48b00ea>
- Ministerio del ambiente del Ecuador [MAE]. (2012). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito. Obtenido de

https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/Documento_Metodolog+%C2%A1a_28_05_2012_v2_1.pdf

Montaño, M., & Sanfeliu, T. (2008). Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y sostenibilidad. *Revista Tecnológica ESPOL*, 21(1), 1-6.

Obtenido de <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/131>

Montaño, N., Navarro, M., Itzel, P., De la Cruz, J., & Chimal, E. (2018). El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo? *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 25(3), 1-10.

doi:<https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a9>

Monteverde, C. (2014). Contribución al conocimiento de los regímenes de humedad de los suelos de la isla de Tenerife. (*Tesis Doctoral*).

Universidad de la Laguna, San Cristóbal, España.

Montoya, F., Moraes, M., Fuentes, A., Cayola, L., Antezana, A., Miranda, T., . . . Tello, S. (2021). Relative effects of edaphic conditions and climate on palm communities in the Central Andes. *Biorvix*, 1-39.

doi:<https://doi.org/10.1101/2021.03.08.434423>

Mora, S. (2018). Caracterización de un humedal en la octava región. (*Tesis de pregrado*). Universidad técnica federico santa maría, Concepción, Chile.

Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/41103/3560901544435UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Morán, M. (2021). Estructura y diversidad del bosque seco y herbazal de isla santay. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORAN%20PILAY%20GILBY%20MILENA_compressed.pdf
- Moreno, E., Guerrero, A., Gutiérrez, C., Ortiz, C., & Palma, D. (2002). Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques*, 8(1), 115-128.
- Neri, A., Schaefer, C., Silva, F., Souza, A., Ferreira, W., & Meira, A. (2012). The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of brazilian cerrado vegetation. *EDINBURGH JOURNAL OF BOTANY*, 69(1), 1-27. doi:10.1017/S0960428611000382
- Ngetich, F., Wandahwa, P., & Wakindiki, I. (09 de 2008). Long-term effects of tillage, sub-soiling, and profile strata on properties of a Vitric Andosol in the Kenyan highlands. *Journal of Tropical Agriculture*, 46((1 - 2)), 13-20.
- Odum, W., & Heald, E. (1972). Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bulletin of Marine Science*, 22(3), 671-738.
- Oliveira, F., & Marquis, R. (2002). Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. En P. Oliveira, & R. Marquis, *The Cerrados of Brazil* (págs. 91–120). New York: Columbia University Press.
- Oliveira, L., Fontes, M., Ribeiro, M., & João, K. (2009). Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. *Bras. Ciênc. Solo*, 33(05), 1333-1345. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500026>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (Cuarta ed.). Roma: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura[FAO]. (2021). *Propiedades Químicas*. Recuperado el 06 de 05 de 2021, de Portal de Suelos de la FAO: <https://n9.cl/mkw5d>
- Oroa, E. (2019). comportamiento morfológico, de algunos indicadores de fertilidad y la disponibilidad de macronutrientes en diferentes usos y profundidades de suelo ultisol. (*Tesis de Posgrado*). Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Obtenido de https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Tesis-Elmira_Oroa.pdf
- Pellegrini, A. (2019). *Textura y color del suelo*. Recuperado el 22 de 08 de 2021, de <https://n9.cl/4tn80>
- Peña, C., & Cardona, G. (2010). *Dinámica de suelos amazónicos: Procesos de degradación y alternativas para su recuperación*. Bogotá, Colombia: Instituto Sinchi.
- Pinto, F., Naranjo, G., & Hernández, J. (1995). Influencia del habitat en la morfometría y morfología del "mangle salado" *Avicennia germinans* (L.)L. en el litoral del Caribe Colombiano. *Academia Colombiana*, 19(74), 481-498.
- Plaza, J. (2018). Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el parque Nacional el Cajas, provincia del Azuay. (*Tesis de pregrado*). Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30305/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf>

- Porta, J., López, M., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (Tercera ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Putra, S., Prabowo, A., & Rayes, M. (2014). Studi tingkat perkembangan tanah pada Toposequen Gunung Anjasmoro Malang, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 39-50.
- Ramírez, R. (1997). *Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo* (Primera ed.). Santa Fé de Bogotá, DC, Colombia: Produmedios.
- Rawls, W., & Brakensiek, D. (Junio de 1982). Estimating soil water retention from soil properties. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 108(2). doi:<https://doi.org/10.1061/JRCEA4.0001383>
- Reddy, R., & DeLaune, Ronald. (2008). *Biogeochemistry of Wetlands* (Primera ed.). Boca Raton, USA: CRC PRESS. doi:<https://doi.org/10.1201/9780203491454>
- Rivas, S. (2009). *Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial*. Recuperado el 26 de 01 de 2022, de <https://webs.ucm.es/info/cif/form/indices.htm>
- Sabrina, D., Hanafi, M., Nor Azwady, A., & Mahmud, T. (2009). Earthworm populations and cast properties in the soils of oil palm plantations. *Malaysian Journal of Soil Science*, 13, 29-42.
- Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M. d., Flores, H., & Neaman, A. (2006). *Métodos de análisis recomendados para suelos de Chile*. Santiago de Chile, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]. Obtenido de <http://www.schcs.cl/doc/libros/An%C3%A1lisis%20de%20suelos.pdf>

- Santander, R. (2020). Evaluación de las características de la vegetación en humedales de santay bajo dos niveles de perturbación. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTANDER%20MOREIRA%20ROGERS%20XAVIER_compressed.pdf
- Sarmadian, F., Keshavarzi, A., & Malekian, A. (2010). Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid. *Australian Journal of Crop Science*, 4(8), 603-608.
- Schaetzl, R., & Anderson, S. (2005). *Basic concepts: Soil mineralogy. In Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511815560.005>
- Schoonover, J. (2015). An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 154(01), 21-47. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2015.03186.x>
- Schweizer, S. (2011). Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. 19. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA]. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P33-9965.pdf>
- Secretaría de la Convención Ramsar. (2006). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los humdales (Ramsar, Irán,1971)* (Cuarta ed.). Gland, Suiza: Secretaría de la Convención Ramsar.
- Secretaría de la Convención Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán,1971)*

(Sexta ed.). Gland, Suiza: Secretaría de la Convención Ramsar. Obtenido de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-sp.pdf>

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. (31 de Diciembre de 2002).

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2017). *Plan*

Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Quito, Ecuador:

Consejo Nacional de Planificación y Desarrollo [CNP]. Obtenido de

<https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018->

[10/Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20Toda%20Una%20Vida%](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20Toda%20Una%20Vida%202017%20-%202021.pdf)

[202017%20-%202021.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%20Toda%20Una%20Vida%202017%20-%202021.pdf)

Serrato, P. (2018). *Introducción a la edafología*. Recuperado el 09 de mayo de 2021, de

https://www.researchgate.net/publication/329196864_INTRODUCCION_A_LA_EDAFOLOGIA

Servicio de Información sobre Sitios Ramsar. (2021). Recuperado el 25 de 02 de

2021, de [https://rsis.ramsar.org/es/ris-](https://rsis.ramsar.org/es/ris-search/?language=es&f%5b0%5d=regionCountry_es_ss%3AEcuador)

[search/?language=es&f%5b0%5d=regionCountry_es_ss%3AEcuador](https://rsis.ramsar.org/es/ris-search/?language=es&f%5b0%5d=regionCountry_es_ss%3AEcuador)

Silva, P., Goncalves, C., Oliveira, J., Gomes, W., Dos Santos, R., & Viana, A.

(2018). The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in

different tropical savannic and forest habitats. *Journal of Plant Ecology*,

11(02), 226–236. doi:<https://doi.org/10.1093/jpe/rtw135>

- Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Universidad de Medellín*, 12(23), 13-34.
- Sivila, R., & Hervé, D. (2006). Efecto de leguminosas nativas en terrenos en descanso sobre la microbiota del suelo durante un cultivo de papa (Altiplano central boliviano). *Ecología en Bolivia*, 41(3), 154-166.
- Soil Survey Staff. (1999). *A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys* (Segunda ed.). Washington, USA: United States Department of Agriculture [USDA], Natural Resources Conservation Service. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf
- Soil Survey Staff. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos* (Décima segunda Edición ed.). Washington: USDA-Natural Resources Conservation Service. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Sollins, P. (1998). Factors influencing species composition in tropical lowland forest does soil matter? *The Ecological Society of America*, 19, 23-30.
- Sreelekshmi, S., Joseph, P., Varghese, R., Preethy, C., & Bijoy, S. (Junio de 2020). Structural variability and its relation to edaphic attributes of mangroves in the south-west coast of India. *Lakes Reservoirs*, 25(2), 143-156. doi:<https://doi.org/10.1111/lre.12314>
- Taheri, G. (2020). Study of soil-vegetation interrelationships in galbanum (*Ferula gummosa*) habitats (Case study: Rangeland of Ataeye and Shoarrud-

- Khorasan-e-Razavi Province). *Plant Ecosystem Conservation*, 7(15), 23-39.
- Tapia, J. (2012). Modelización hidrológica de un área experimental en la cuenca del río guayas en la producción de caudales y sedimentos. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de la Plata, La Plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23364>
- The Ramsar Conservation on Wetlands. (2021). *La Convención Ramsar*. Recuperado el 08 de 02 de 2021, de <https://www.ramsar.org/>
- Thomas, P., & Varley, J. (1982). Soil survey of tidal sulphidic soils in the tropics: a case study. En H. Dost, & V. Breemen, *Proceeding of the Bangkok Symposium on Acid Sulphate Soils* (págs. 52-53). Bangkok, Tailandia: ISSC. Obtenido de <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/60259#page=58>
- Thompson, L., & Frederick, T. (1980). *Los suelos y su fertilidad* (Primera ed.). Barcelona, España: Reverté.
- Thornthwaite, C. (01 de Julio de 1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geog*, 66(1), 55-94. doi:10.1097/00010694-194807000-00007
- Tiecher, T., Santos, D., Rasche, J., & Brunetto, G. (2012). Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. *Bragantia*, 71, 518-527.
- Torán, R. (2020). Estructura y composición florística en relación con los parámetros físico y bióticos del bosque de manglar del refugio de vida silvestre manglares estuario río muisne (rvsmerm). (*Tesis de pregrado*).

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador.
Obtenido de
[https://181.39.85.171/bitstream/123456789/2040/1/TOR%
c3%81N%20FIGUEROA%20ROCIO%20GUADALUPE%20.pdf](https://181.39.85.171/bitstream/123456789/2040/1/TOR%c3%81N%20FIGUEROA%20ROCIO%20GUADALUPE%20.pdf)

Torres, J., Infante, D., Sánchez, A., Espinoza, A., & Barba, E. (2018).
Degradación de hojarasca y aporte de nutrientes del manglar en la Laguna
Mecoacán, Golfo de México. *66*(2).
doi:<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33421>

Tukey, J. (1949). Comparing Individual Means Analysis of Variance. *Biometrics*,
5(2), 99-114. doi:[doi:10.2307/3001913](https://doi.org/10.2307/3001913)

United States Department of Agriculture [USDA]. (2017). *Soil Survey Manual*
(Cuarta ed., Vol. 18). (C. Ditzler, K. Scheffe, & C. Monger, Edits.)
Washington, D.C, USA: Department of Agriculture. Obtenido de
<https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre50.pdf>

United States Department of Agriculture [USDA]. (2018). *Using Soil Textural
Triangle*. Recuperado el 02 de Marzo de 2021, de
<https://wellfare.blog/2018/03/22/know-your-soil-get-a-feel-for-soil-texture/>

United States Department of Agriculture [USDA], Natural Resources
Conservation Service [NRCS]. (2003). *Field Indicators of Hydric Soils in
the United States*. (P. W. G.W. Hurt, Ed.) Washington, DC, USA: USDA,
NRCS, in cooperation with the National Technical Committee for Hydric
Soils. Obtenido de
[http://fwf.ag.utk.edu/mgray/wfs340/PDF/NRCSHydricSoils_
FieldIndicators.pdf](http://fwf.ag.utk.edu/mgray/wfs340/PDF/NRCSHydricSoils_FieldIndicators.pdf)

- United States Department of Agriculture [USDA], Natural Resources Conservation Service [NRCS] . (2018). *Field Indicators of Hydric Soils in the United States*. Washington, DC, USA: USDA, NRCS, in cooperation with the National Technical Committee for Hydric Soils. Obtenido de https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053171.pdf
- Valiela, I., Collins, G., Kremer, J., Lajtha, K., Geist, M., Seely, B., & Sham, C. (1997). Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: new method and application. *Ecological Applications*, 7(2), 358-380. doi: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007\[0358:NLFCWT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007[0358:NLFCWT]2.0.CO;2)
- Van Diepen, C. (1985). Wetland soils of the world, their characterization and distribution in the FAO/Unesco approach. En T. I. [IRRI], *Wetland soils: characterization, classification, and utilization* (págs. 361-374). Los Baños, Philippines: IRRI Workshop.
- Vanek, S., Fonte, S., Magonziwa, B., Paredes, R., & Alavi, G. (Noviembre de 2018). Cómo Evaluar la Salud del Suelo: Manual de Protocolos. 78. (Z. Portillo, Ed.) Obtenido de <https://n9.cl/ae257>
- Villasanti, C., Pilas, R., & Pantoja, A. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*. Paraguay: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura [FAO] . Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (Noviembre de 2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28 - 34.

- Villaseñor, D., Luna, E., & Jaramillo, E. (Diciembre de 2017). Caracterización de las propiedades morfológicas,y químicas de los suelos del humedal “La Tembladera”,provincia de El Oro, Ecuador. *Protección del Ambiente*(17), 84-95.
- Wanbeke, V. (1982). *Calculated soil moisture and temperature regimes of Africa*. New York, USA: Cornell University. Obtenido de https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ982.pdf
- Williams, W. (2002). Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland salins ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 29(2), 154-167.
- Zepner, L., Karrash, P., Wiemann, F., & Bernard, L. (22 de Septiembre de 2020). ClimateCharts.net: una plataforma web interactiva de análisis climático. *Revista Internacional de Tierra Digital*, 14(3), 338-356. doi:<https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>
- Zhang, Y., Zhang, H., Zhang, J., Zhang, J., & Guo, H. (2019). Naturally occurring core protein mutations compensate for the reduced replication fitness of a lamivudine-resistant HBV isolate. *Antiviral Research*, 165, 47-54. doi:<https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2019.03.006>
- Zouidi, M., Borsali, A., Allam, A., & Gros, R. (2019). Quality Estimation of the Western Algeria Forest Soils. *Malaysian Journal of Soil Science*, 23, 87-98.

9. Anexos

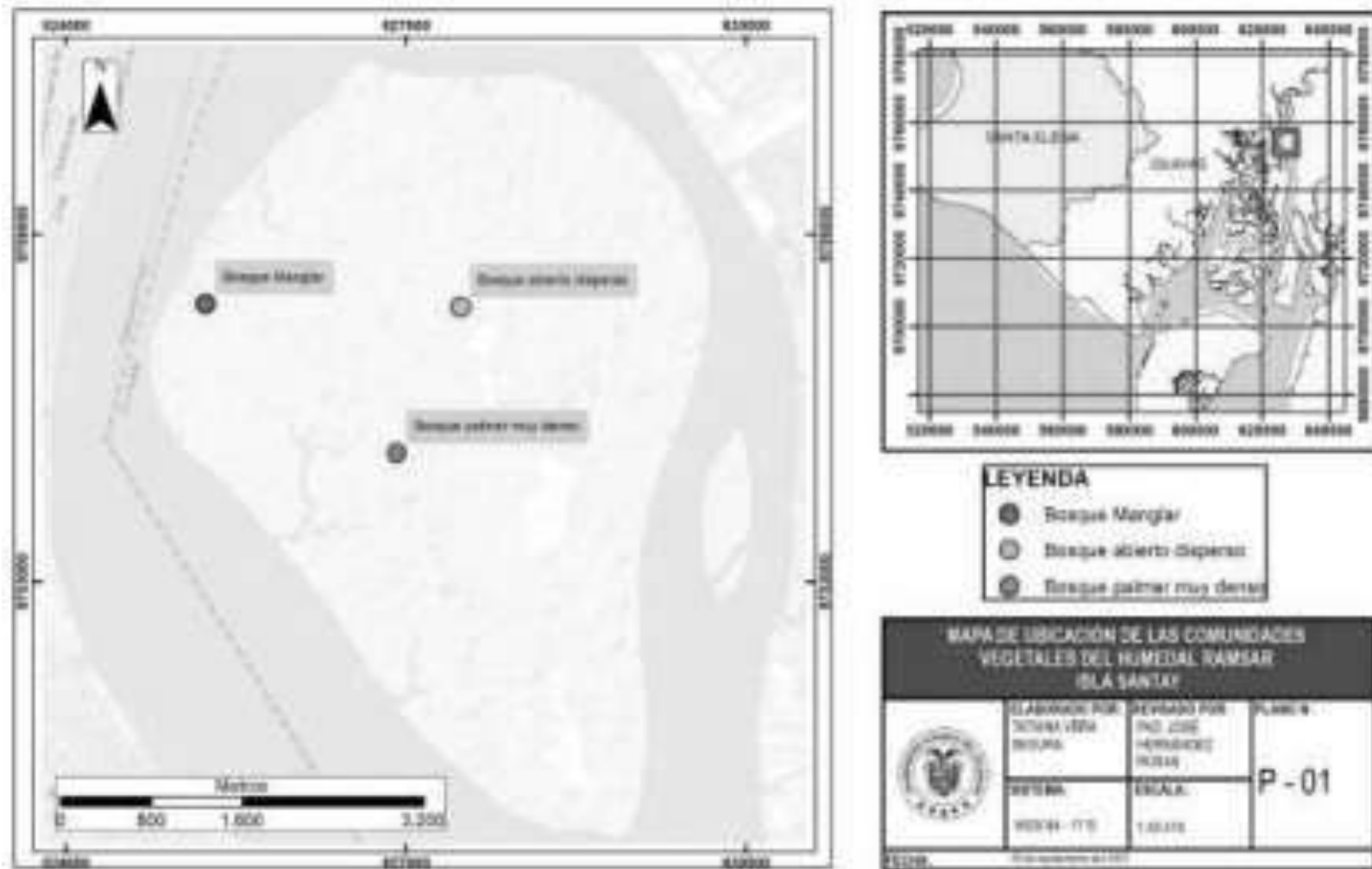


Figura 33. Ubicación espacial de las comunidades vegetales del humedal Ramsar Isla Santay Vera, 2022

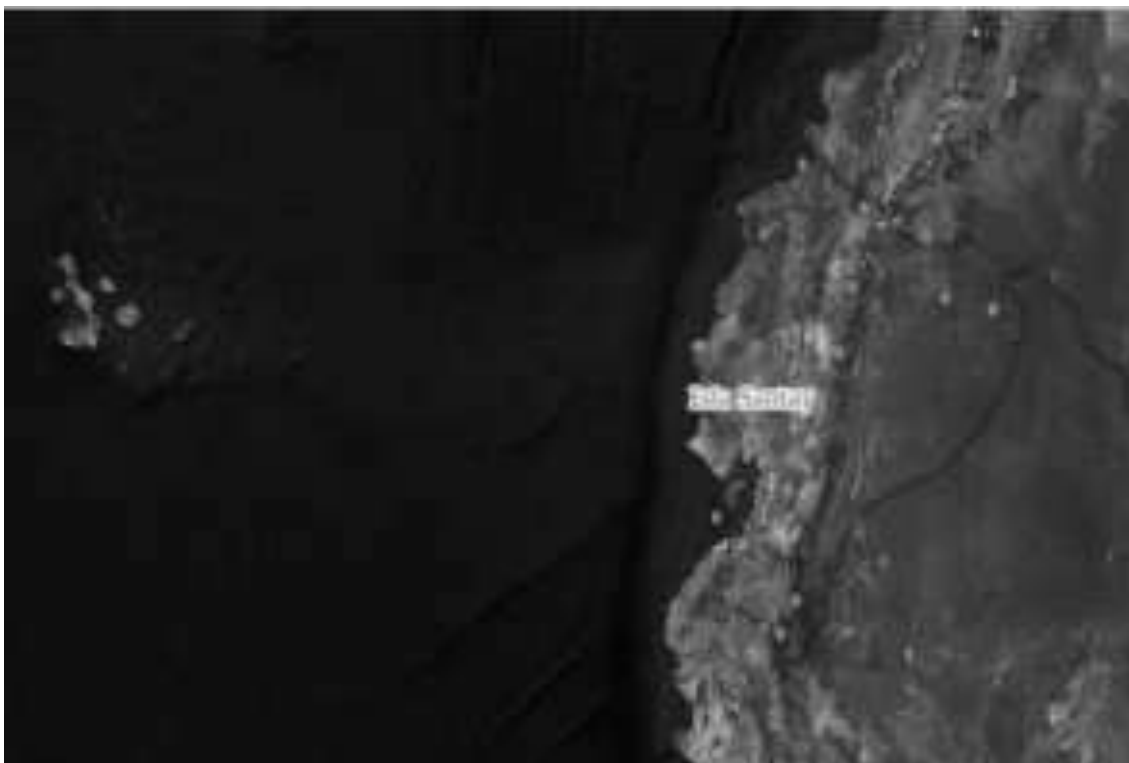


Figura 34. Ubicación de los 19 Sitios Ramsar a Nivel Nacional
Servicio de Información sobre Sitios Ramsar, 2021



Figura 35. Diseño de muestreo aleatorio completamente al azar
Vera, 2022

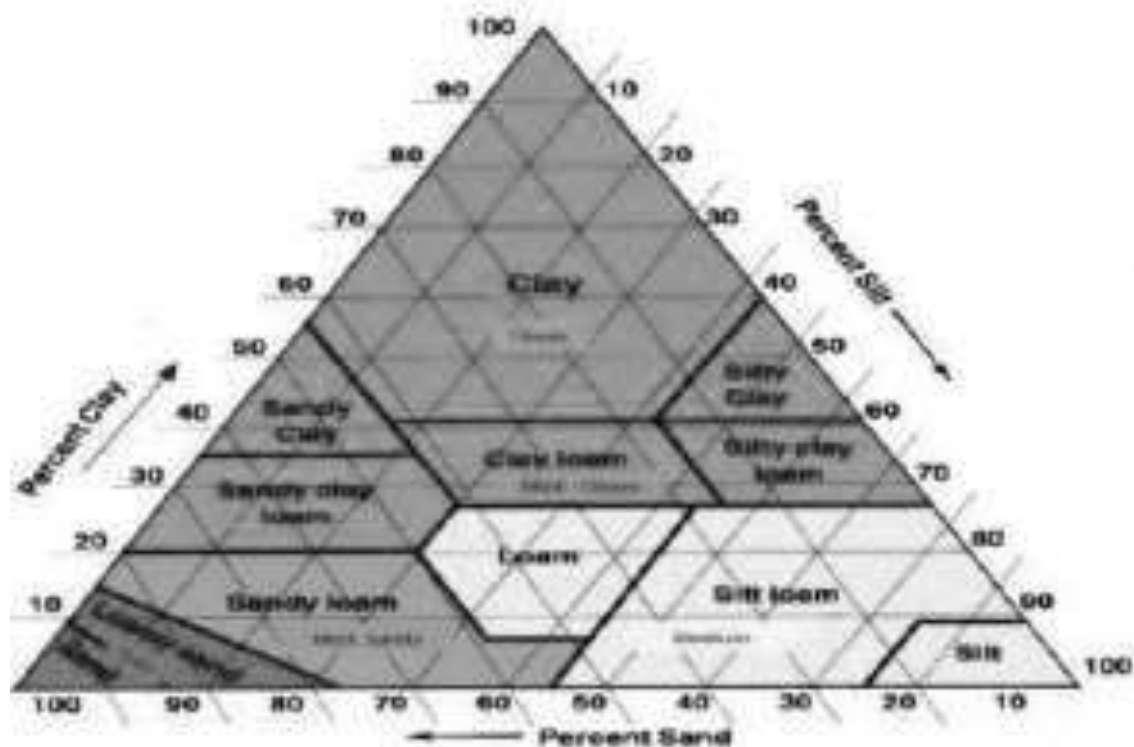


Figura 36. Triángulo para la determinación de las clases texturales USDA, 2018

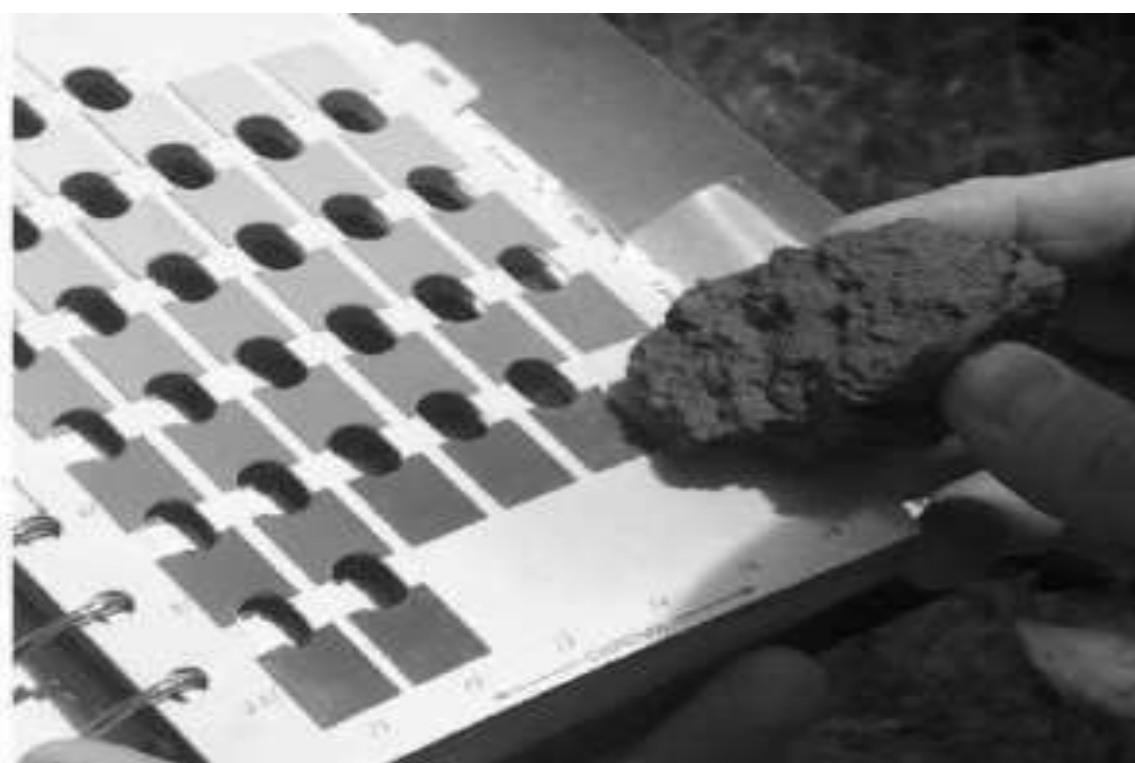


Figura 37. Libro Munsell para la identificación de los colores del suelo Bellingham, 2019

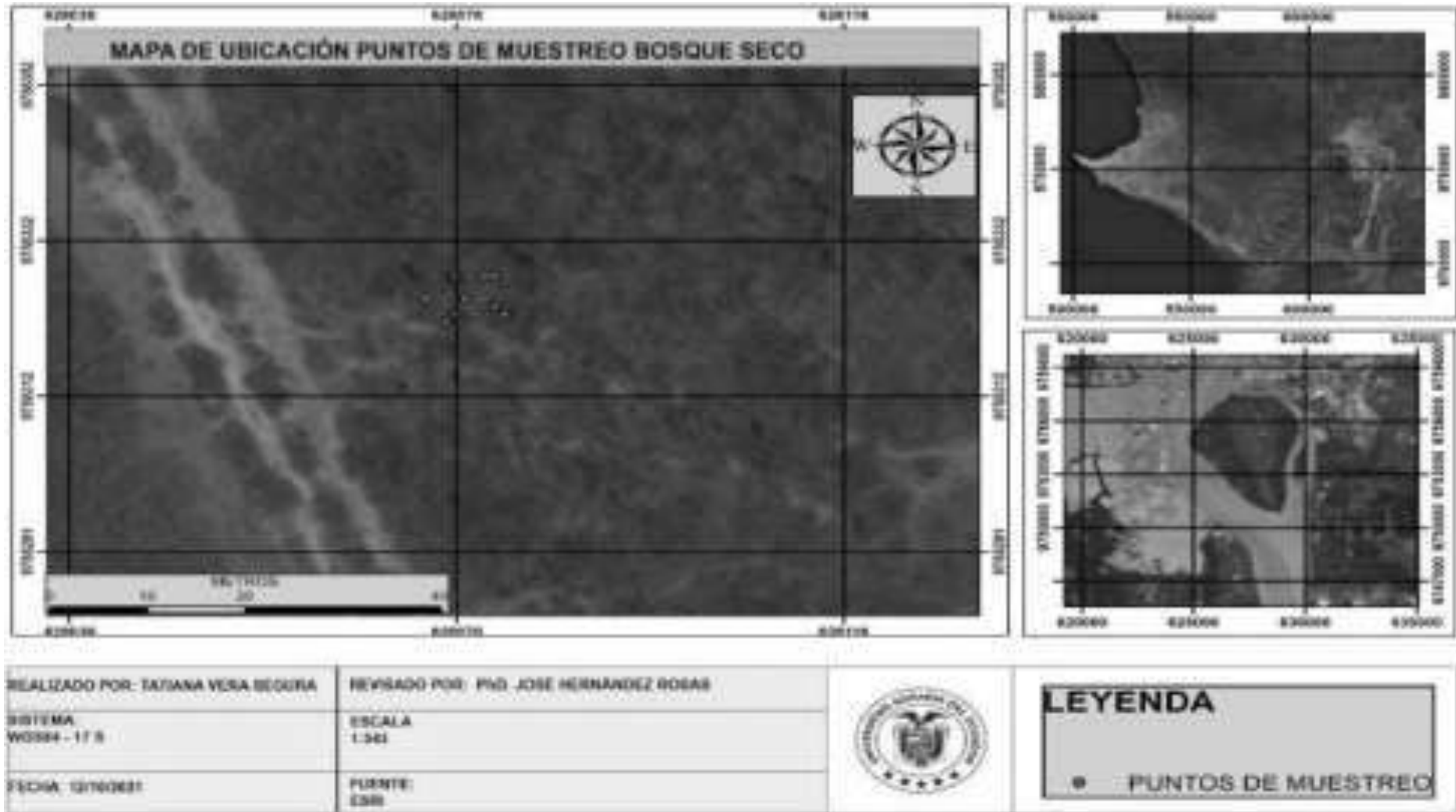


Figura 38. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque abierto disperso (Bosque Seco) Vera, 2022



Figura 39. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque palmar muy denso Vera, 2022

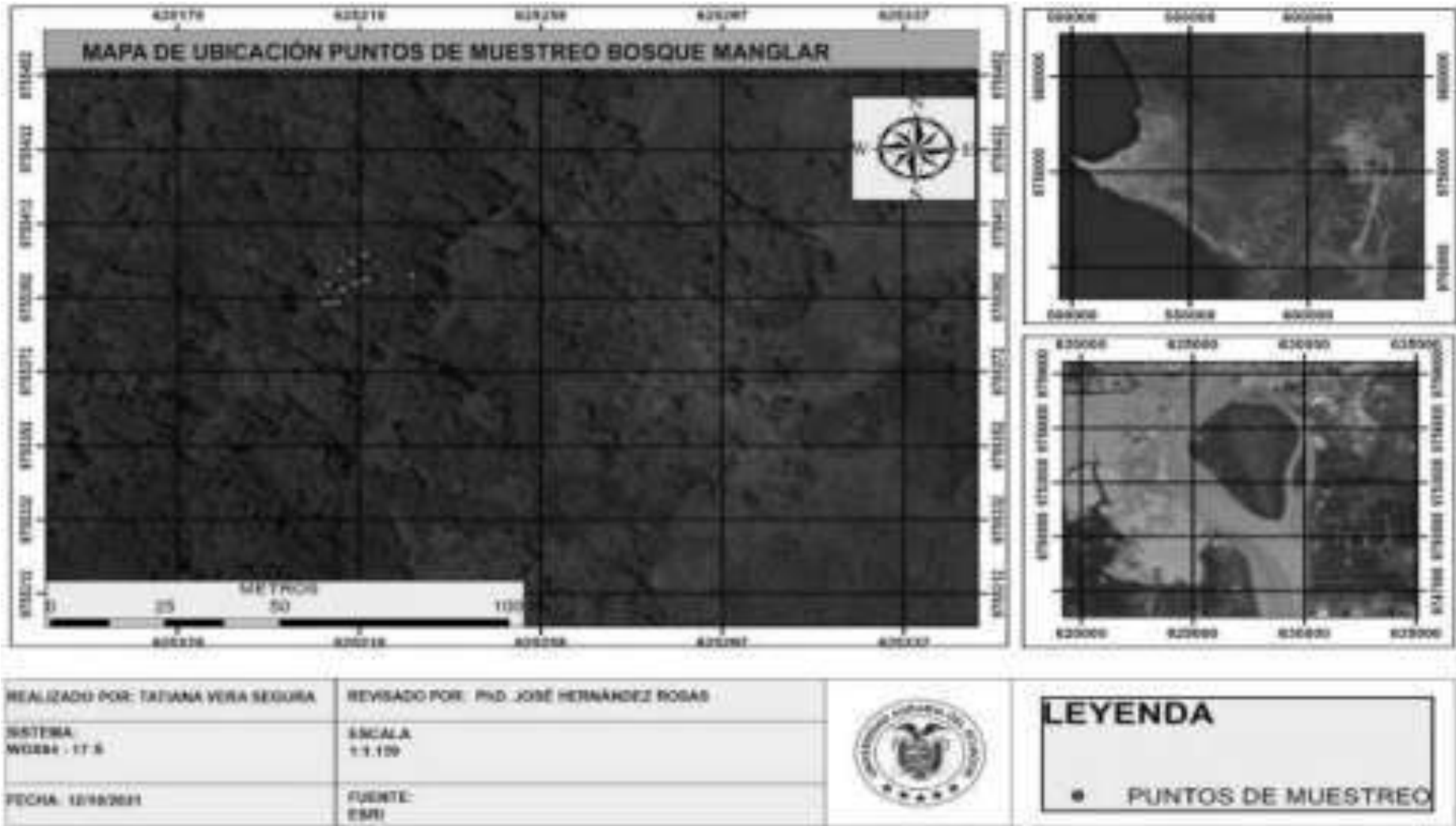


Figura 40. Ubicación espacial de los puntos de muestreo para el Bosque Manglar Vera, 2022

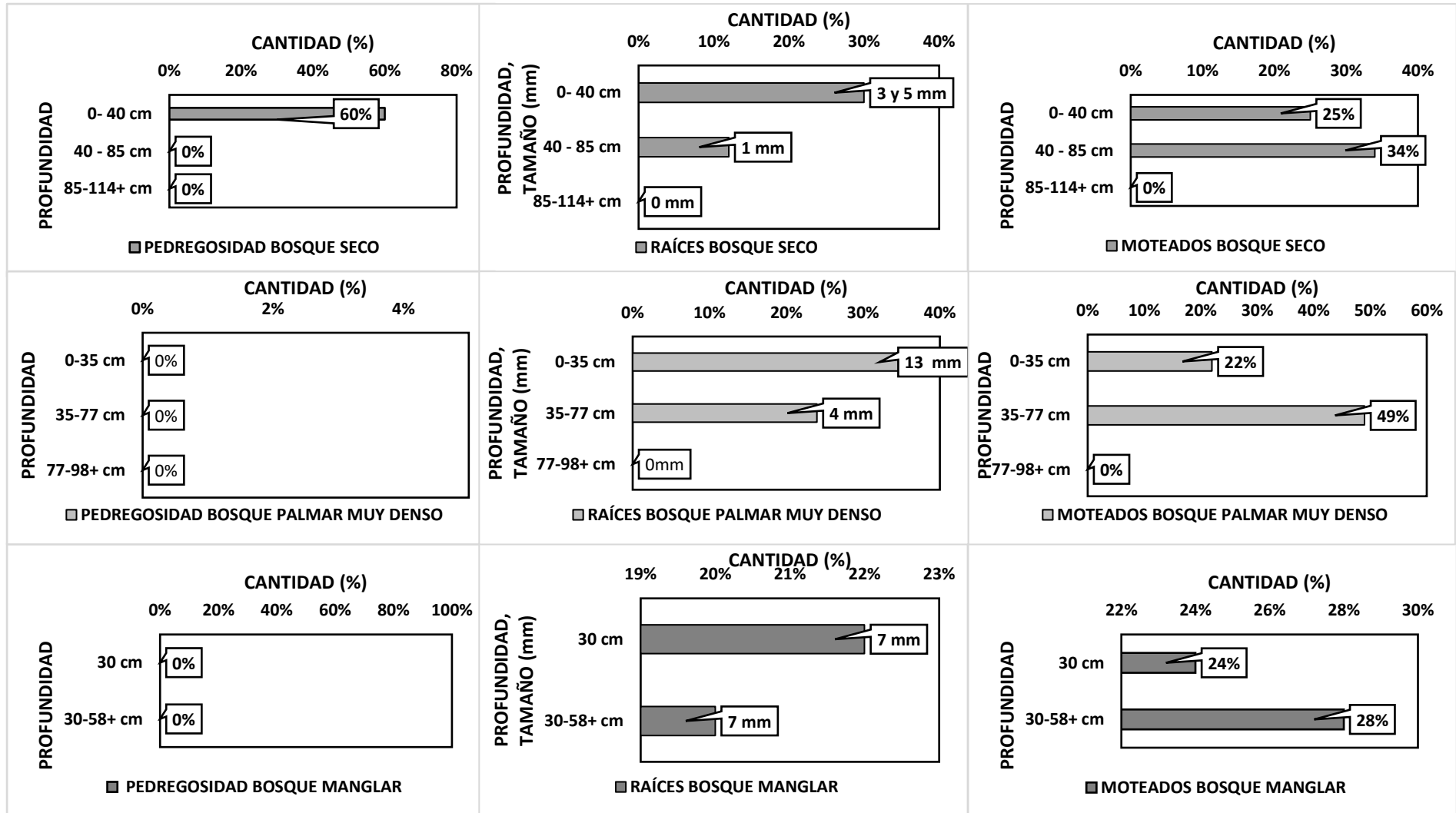


Figura 41 Características morfológicas de las tres parcelas Vera,2022

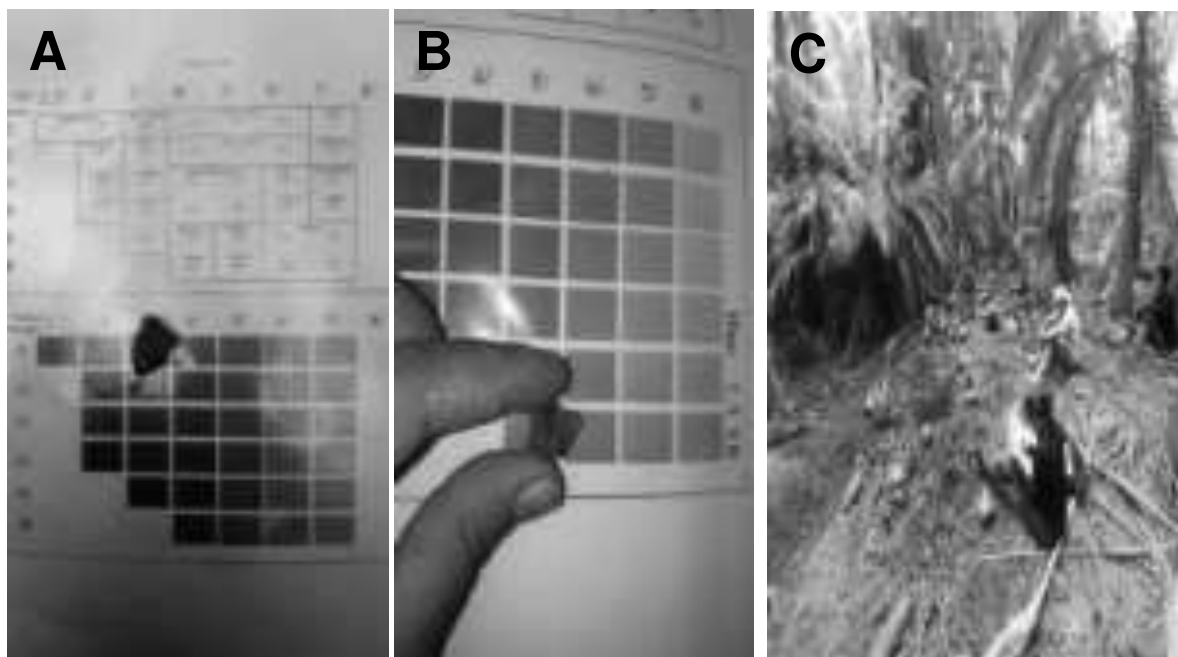


Figura 42. (A) Identificación de colores (Tabla de colores Munsell) (B) Identificación de moteados (Tabla de colores Munsell) (C) Determinación de la textura organoléptica
Vera, 2022



Figura 43. Etiquetado y recolección de muestras
Vera, 2022



Figura 44. Recolección de muestras a dos niveles de profundidad (0-20; 20-40 cm)
Vera, 2022

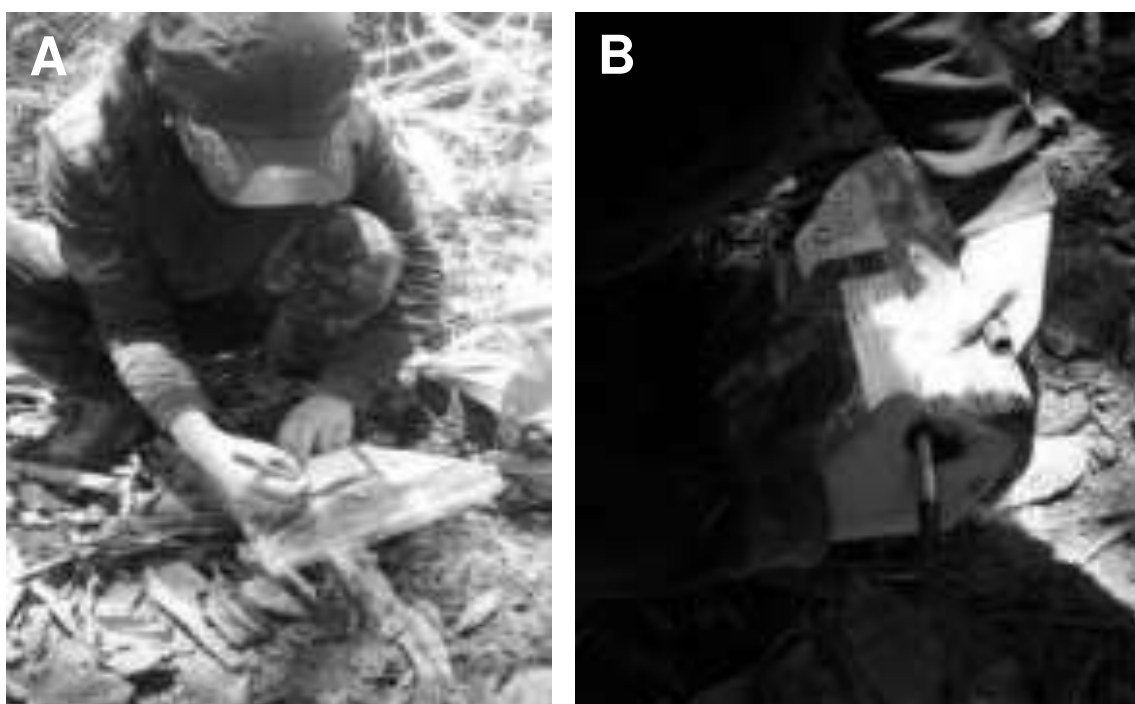


Figura 45. Etiquetado de muestras
Vera, 2022



Figura 46. Toma de coordenadas
Vera, 2022

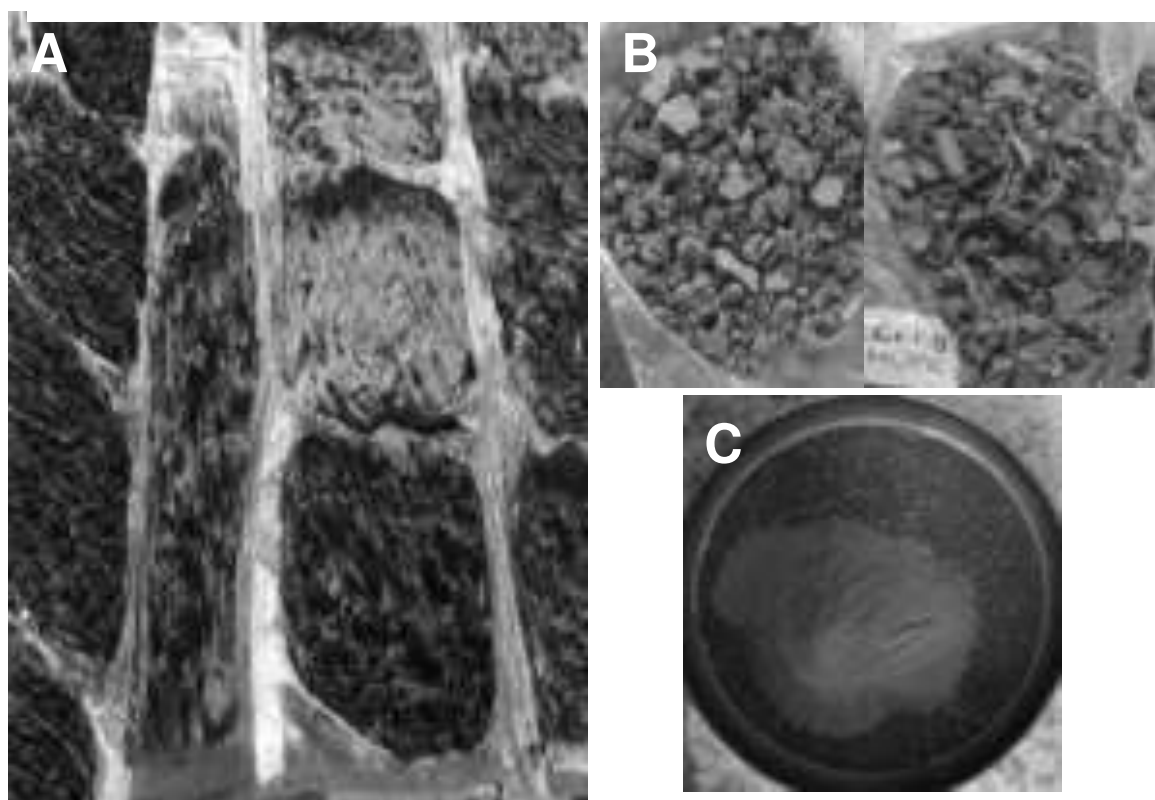


Figura 47. (A) Secado de muestras (B) Consistencia de las muestras de suelo (Bosque Manglar y palmar muy denso) – Tres días (C) Tamizado
Vera, 2022

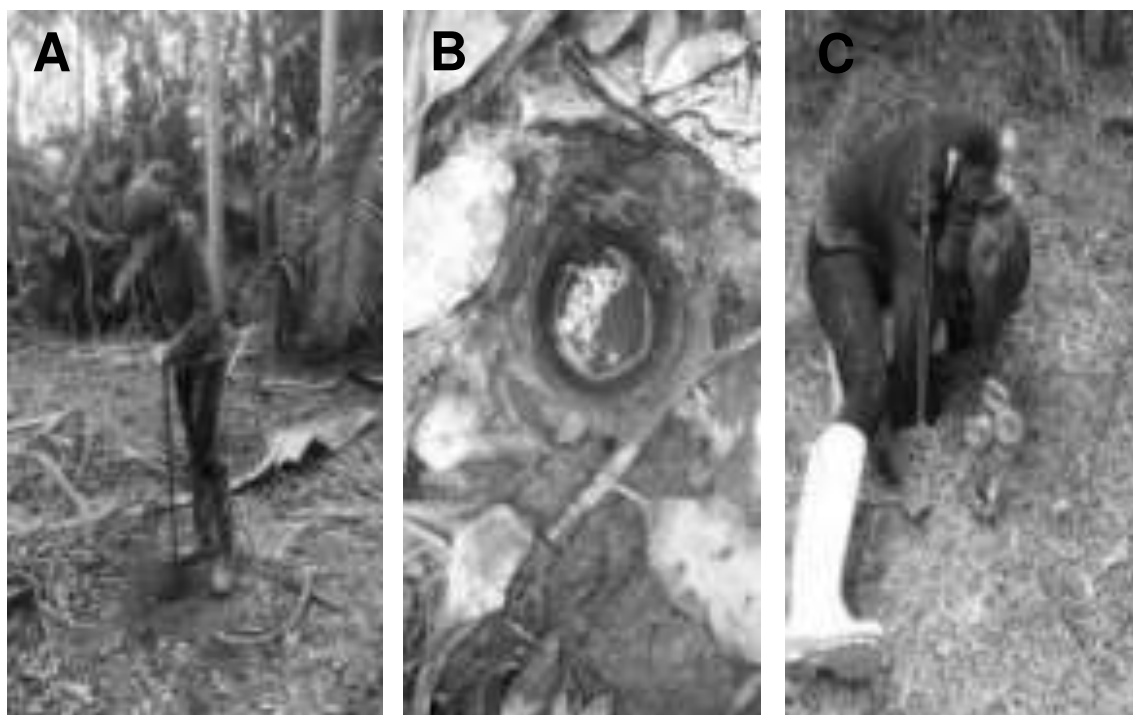


Figura 48. Recolección de muestras a dos niveles de profundidad para la determinación de la humedad en campo Vera, 2022

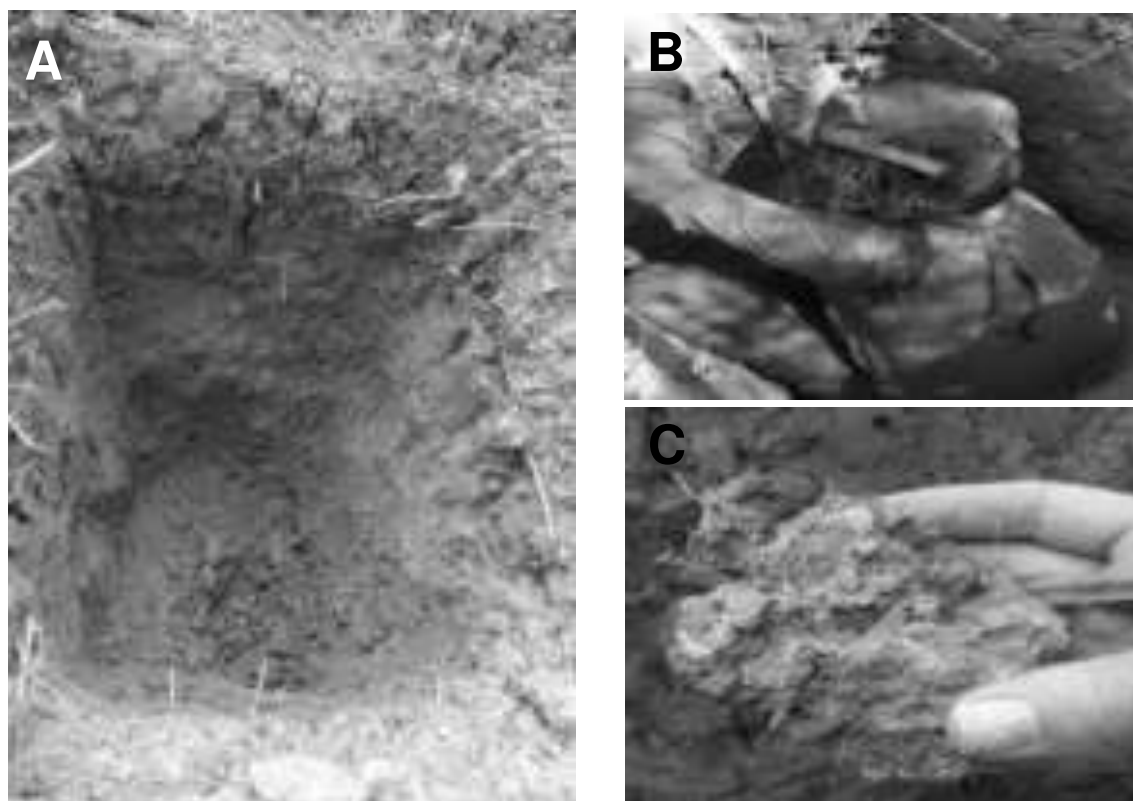


Figura 49. (A) Calicata (Bosque Seco) (B) Delimitación de horizontes (C) Pedregosidad asociada al Bosque Seco (Primer horizonte) Vera, 2022

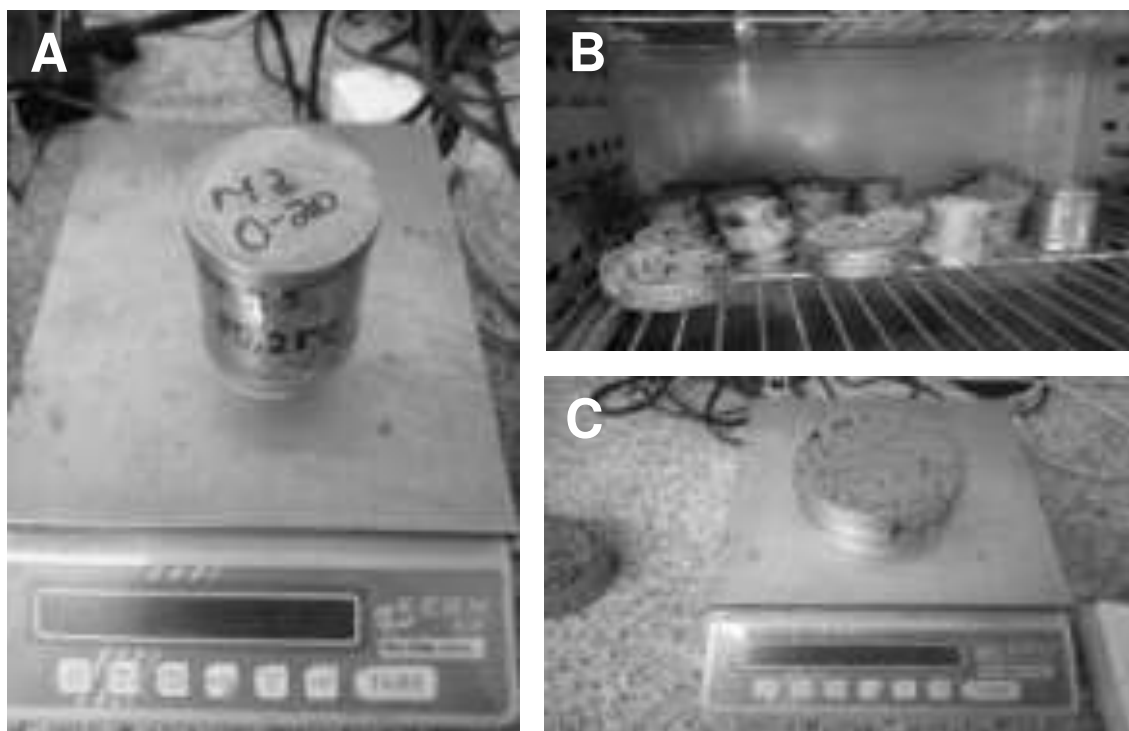


Figura 50. (A) Pesado de muestras en estado húmedo (B) Secado de muestras (105°C) (C) Pesado de muestras en estado seco
Vera, 2022

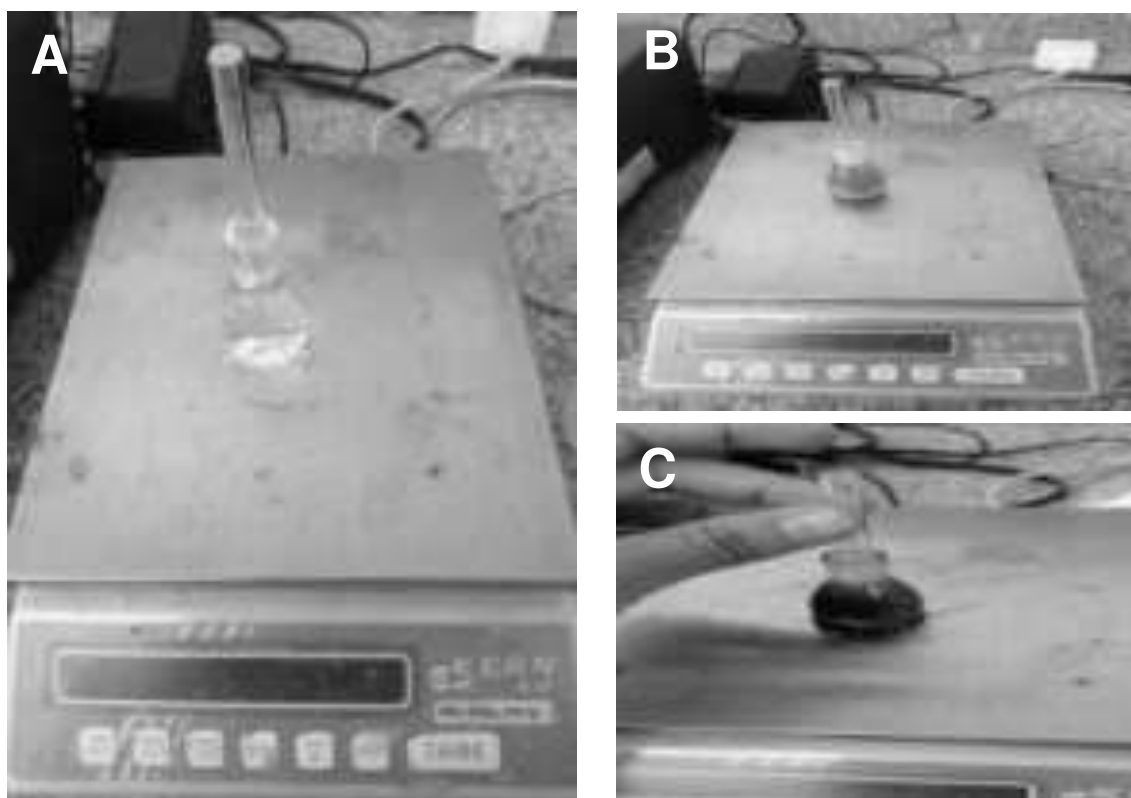


Figura 51. (A) Peso del picnómetro más agua (B) Peso del picnómetro más suelo (C) Peso del picnómetro más suelo más agua
Vera, 2022

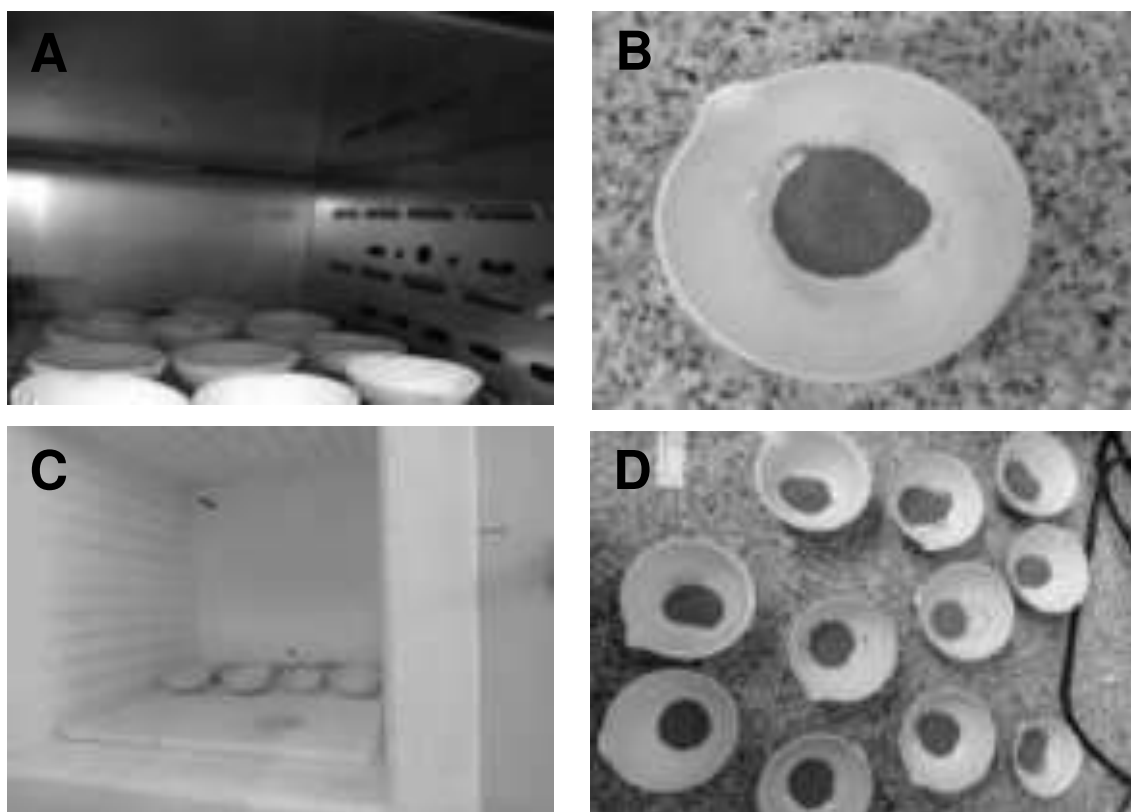


Figura 52. (A) Secado de muestras en la estufa para la determinación de Materia orgánica (MO) a $105^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ (B) Muestra inicial (C) Incineración de las muestras en la mufla a $750^{\circ}\text{C}/3\text{h}$ (D) Muestra final Vera, 2022



Figura 53. (A) Maceración de las muestras de suelo (B) Pesado de muestras de suelo (C) Determinación de la capacidad de almacenamiento de agua Vera, 2022



Figura 54. Determinación de la clase textural mediante el densímetro Bouyoucos Vera, 2022



Figura 55. Determinación de pH por el método potenciométrico Vera, 2022

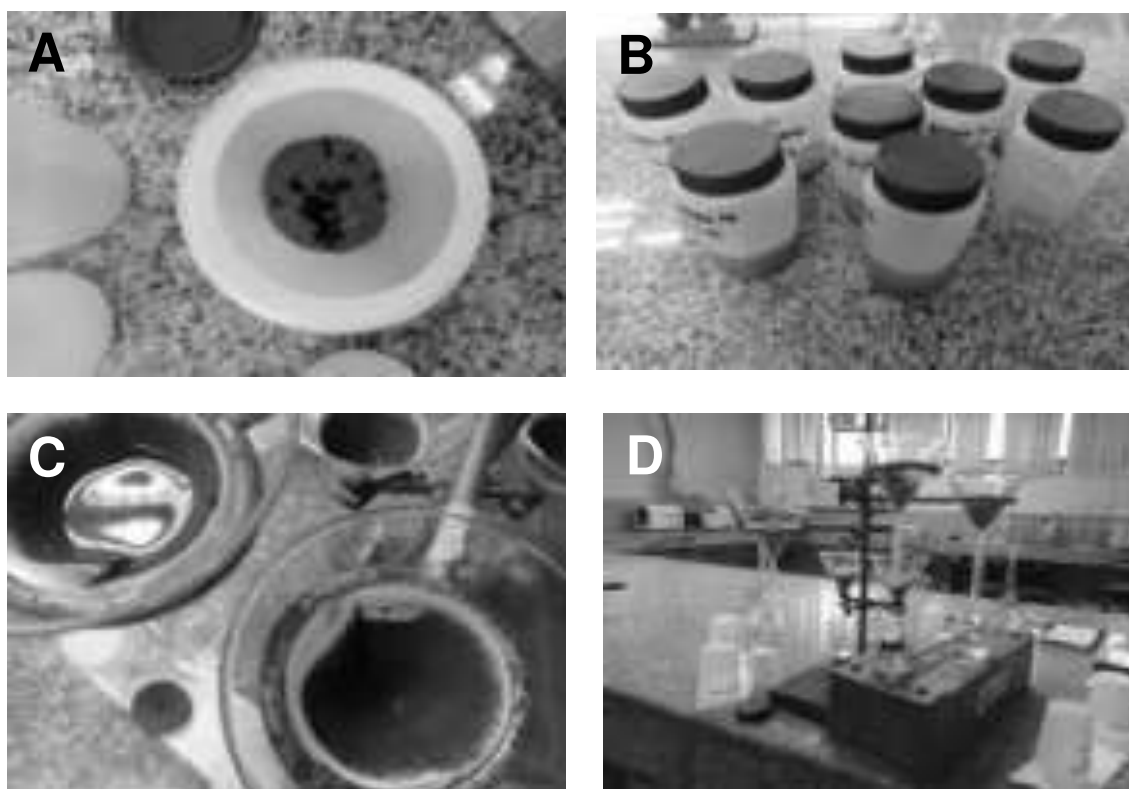


Figura 56. (A) Adición de Carbón activado (0,3 gr) (B) Muestras sometidas a agitación recíproca (Suelo, NaOH_3 , Carbón activado) (C) Decantación del fósforo mediante el agente extractante NaOH_3 (D) Extracción de fósforo con NaOH_3 0,5 mol/L
Vera,2022

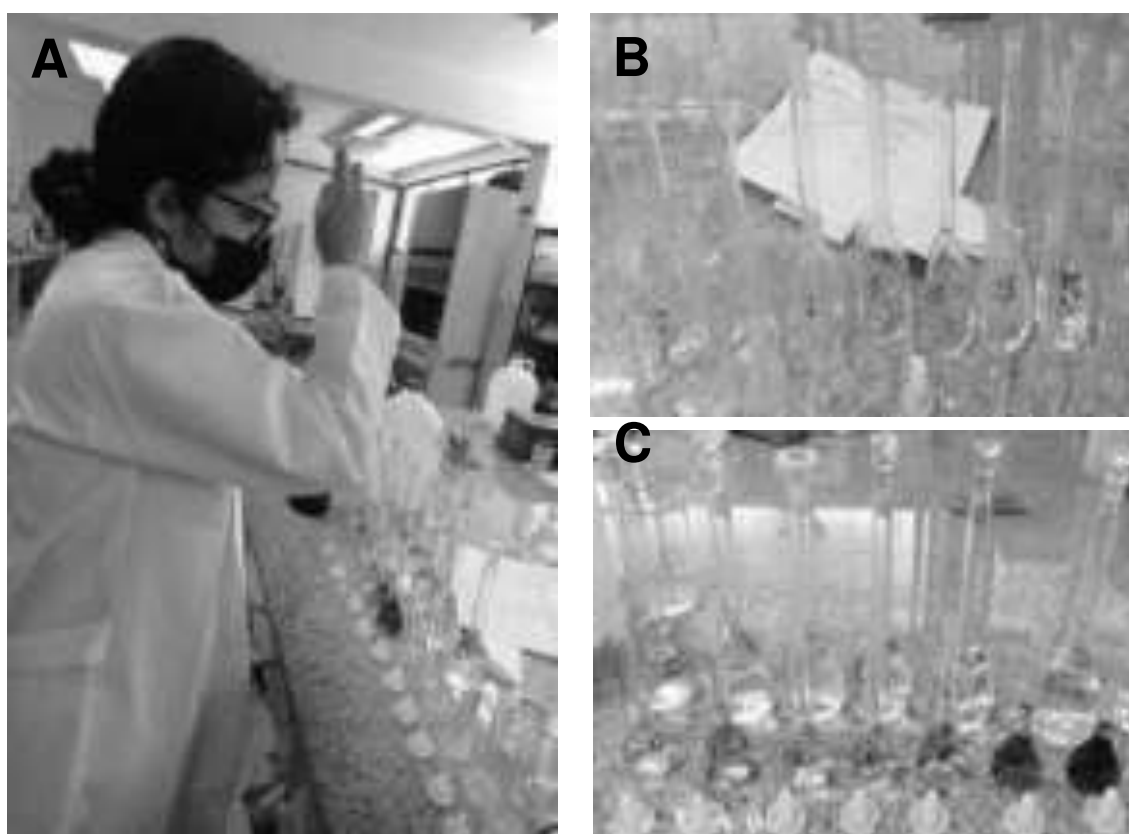


Figura 57. Preparación de la serie estándares (0,0-0,1-0,2-0,5-1,0-2,5 y 5.0 mg/L) de P
Vera, 2022

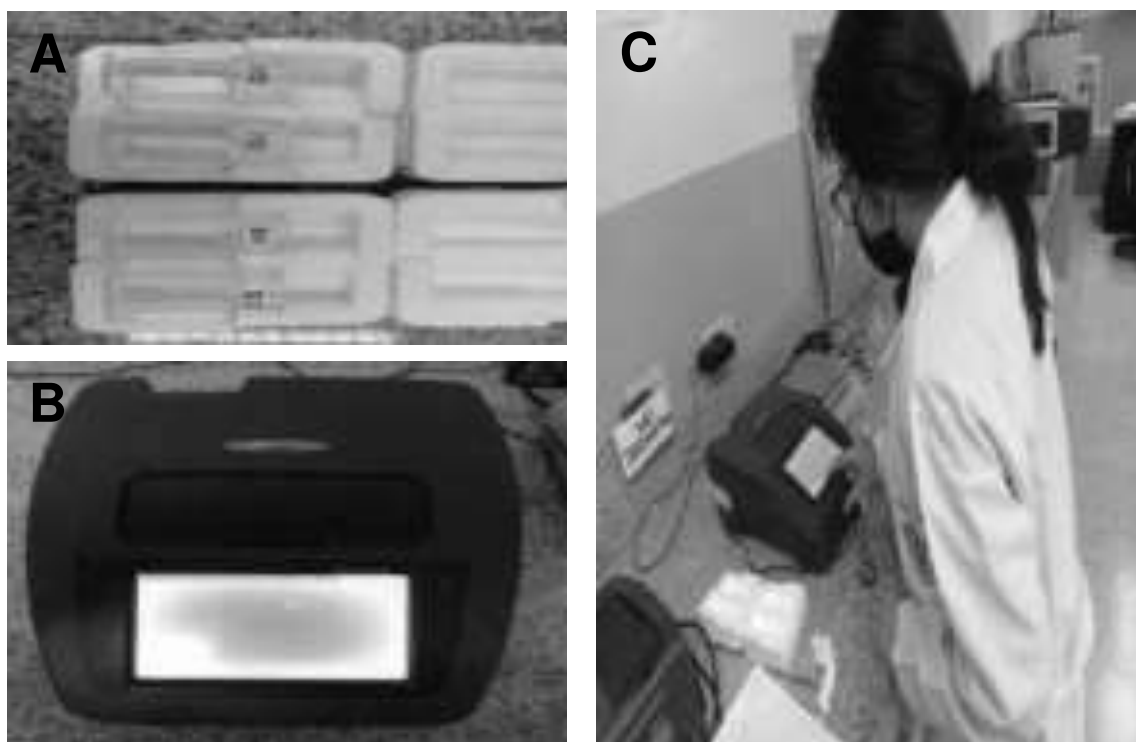


Figura 58. Lectura de la absorbancia para la determinación de fósforo (880 nm) Vera, 2022

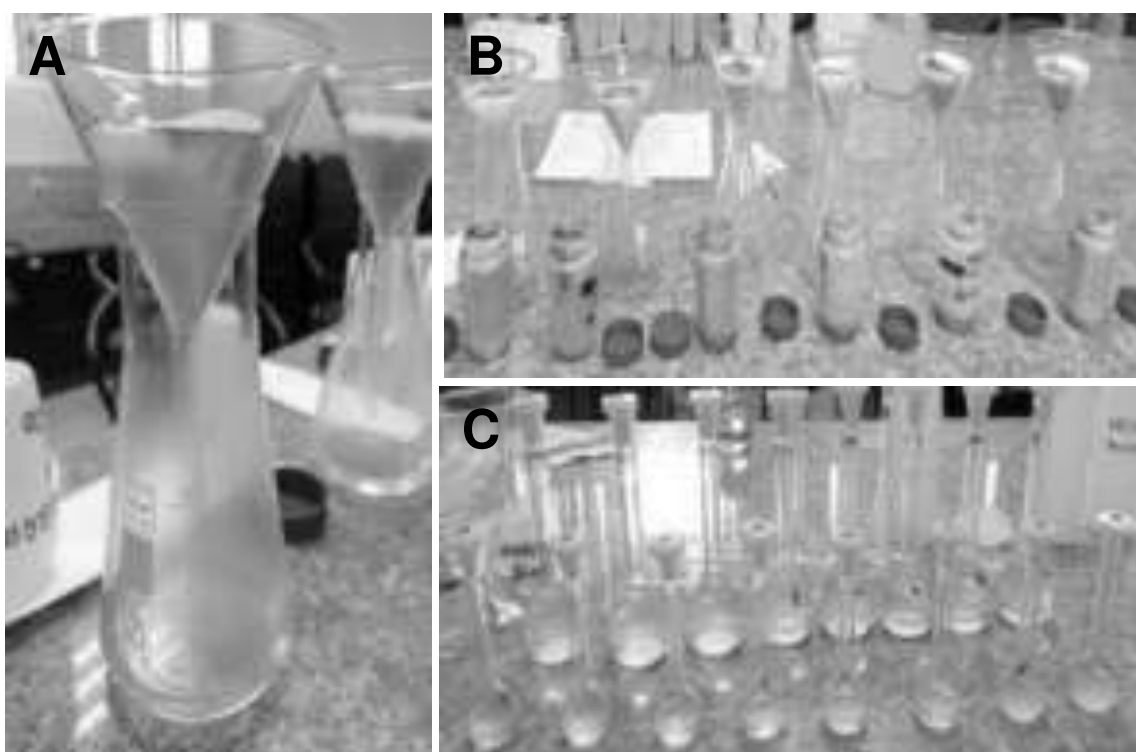


Figura 59. (A) Decantación del azufre mediante el agente extractante fosfato de calcio (0,008 M) (B) Extracción de azufre con fosfato de calcio (0,008 M) (C) Preparación de la serie estándares (0 -1,6 - 3,2 - 6,4 - 9,6 -12,8 - 22,4 - 25,6 $\mu\text{g S ml}$) de S Vera, 2022

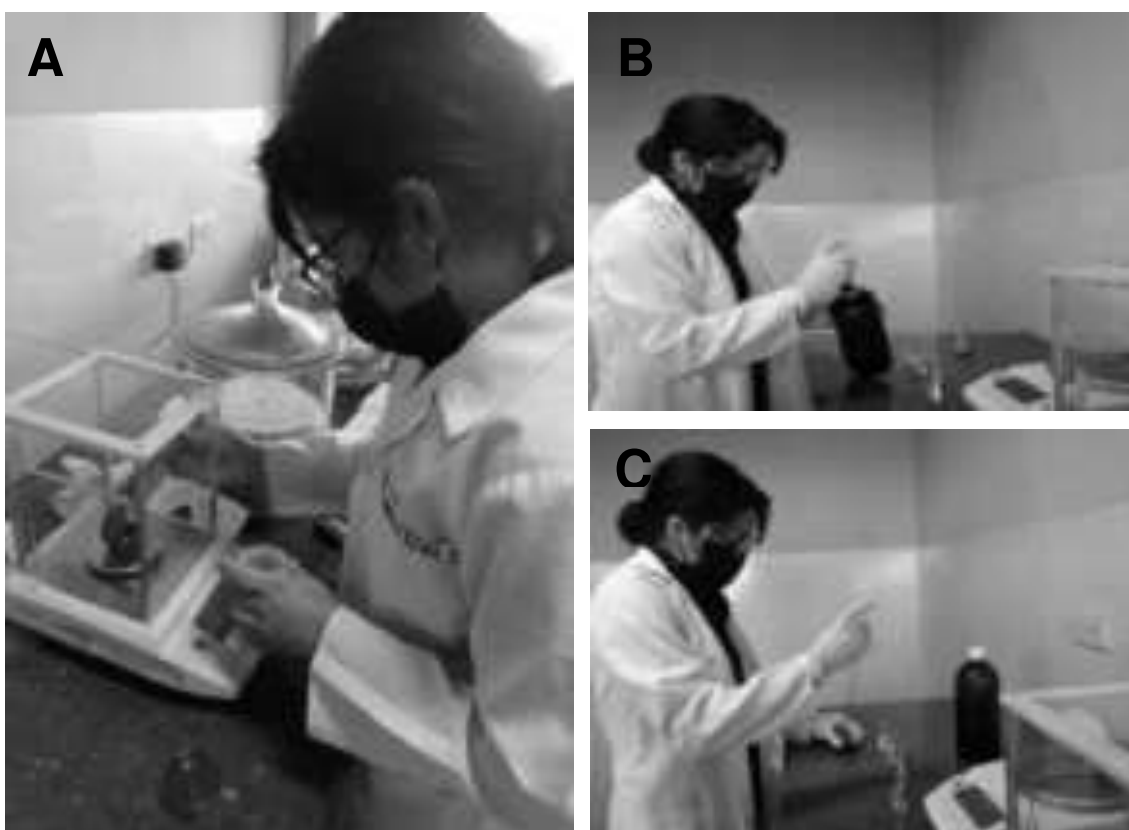


Figura 60. Pesado de muestras y preparación de soluciones
Vera, 2022

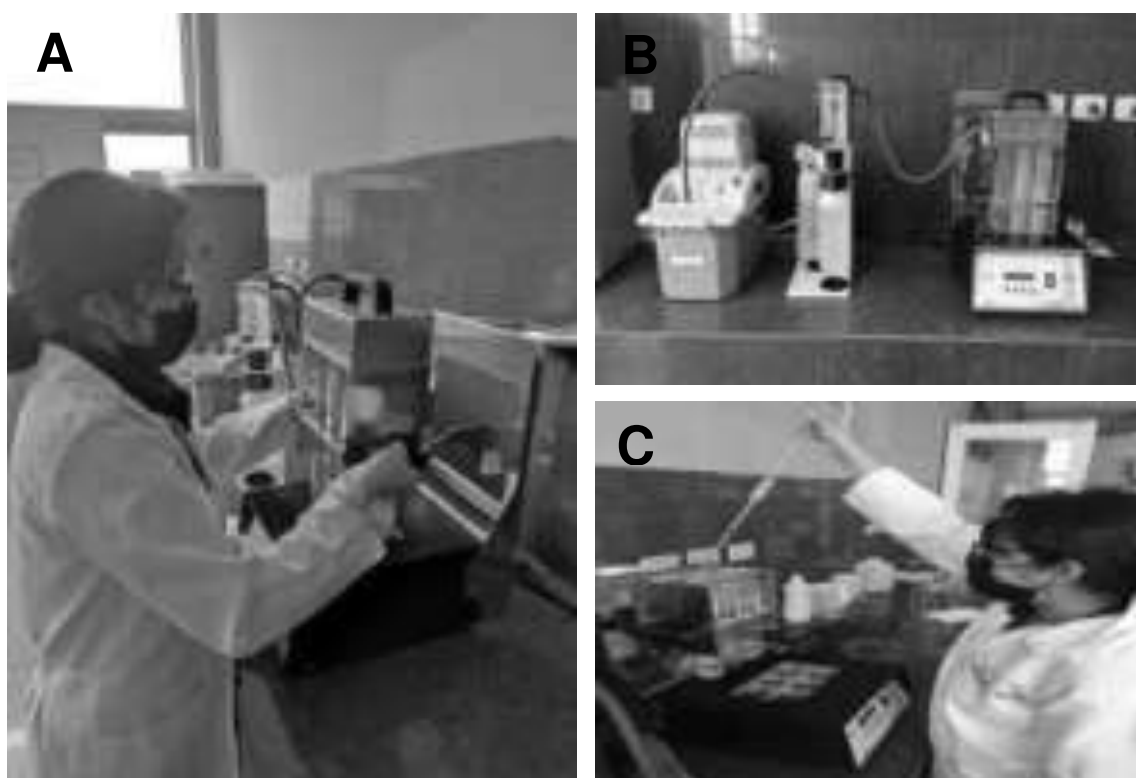


Figura 61. Digestión para la determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl
Vera, 2022

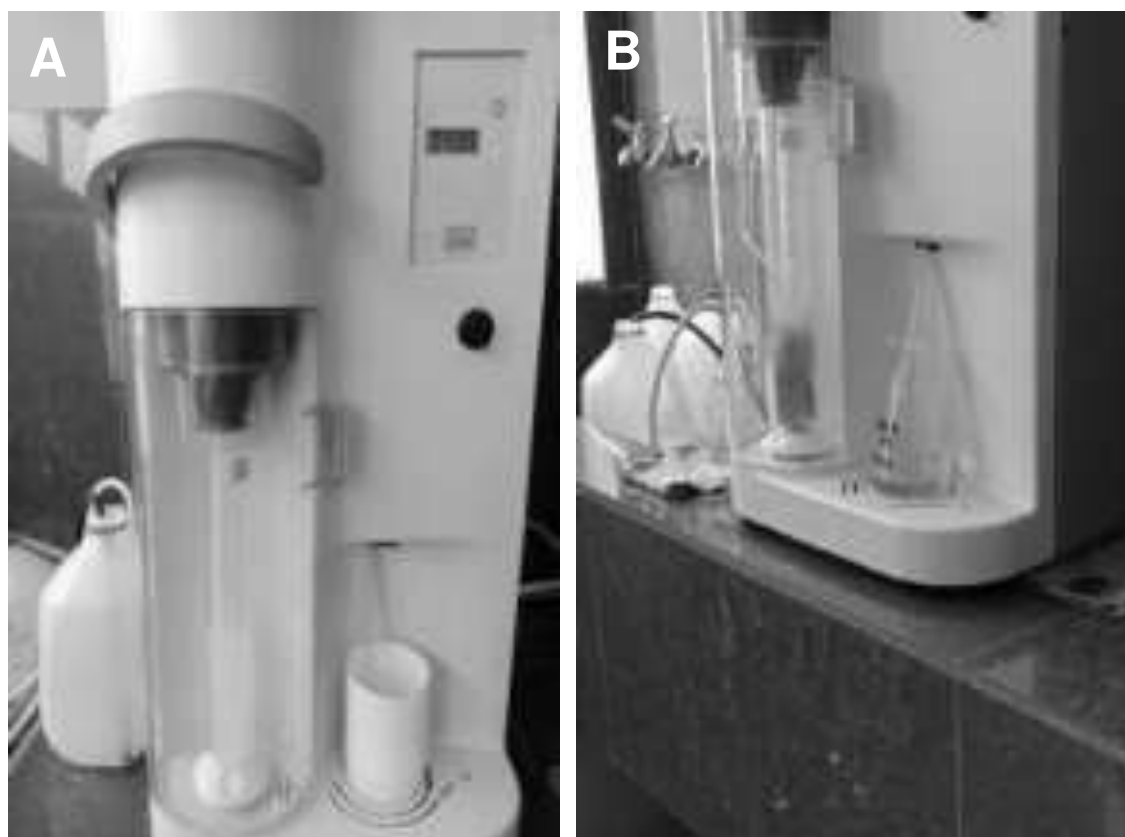


Figura 62. Limpieza y destilación por arrastre de vapor (5 min)
Vera, 2022

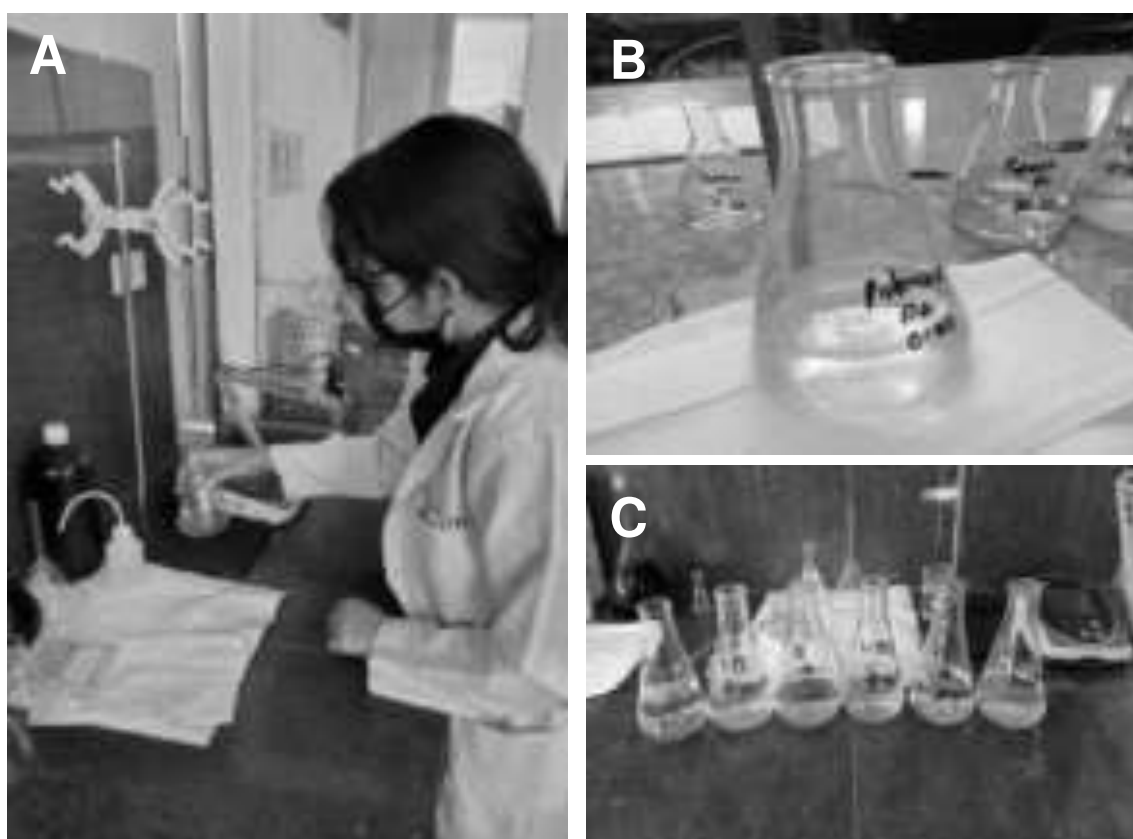


Figura 63. Titulación con H_2SO_4 0,005 mol/L
Vera, 2022

Tabla 10. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

| N° | Latitud (S) | Longitud (W) | Descripción |
|----|--------------|---------------|-------------------------|
| 1 | 02°12'54.76" | 079°52'34.77" | Bosque manglar denso |
| 2 | 02°12'41.3" | 079°50'56.5" | Bosque abierto disperso |
| 3 | 02°13'31.36" | 079°52'02.24" | Bosque Palmar muy denso |

Morán, 2021; Santander, 2021

Tabla 11. Clases de Drenaje

| Tipos | Descripción |
|-----------------------------------|---|
| Excesivamente drenado | El agua se elimina muy rápidamente. La ocurrencia de agua libre comúnmente es muy rara o muy profunda. |
| Algo excesivamente drenado | Se elimina el agua del suelo rápidamente. La ocurrencia de agua libre interna comúnmente es muy rara o muy profunda. |
| Bien drenado | El agua se elimina del suelo fácilmente, pero no rápidamente. La ocurrencia de agua libre interna comúnmente es profunda o muy profunda. |
| Moderadamente bien drenado | Los suelos están húmedos por poco tiempo dentro de la profundidad de enraizamiento durante el temporada de crecimiento. |
| Algo mal drenado | La ocurrencia de agua libre interna es comúnmente de poca profundidad a moderadamente profunda y transitorio a permanente. |
| Mal drenado | El agua se elimina tan lentamente que el suelo se moja a poca profundidad periódicamente durante la temporada de crecimiento o permanece mojado durante largos periodos |
| Muy mal drenado | El agua se elimina del suelo tan lentamente que el agua libre permanece en la superficie o muy cerca de ella durante gran parte de la temporada de crecimiento. |
| Subacuosa | El agua libre está por encima de la superficie del suelo. Interna libre la presencia de agua es permanente y existe un potencial hídrico positivo en la superficie del suelo durante más de 21 horas al día |

USDA, 2017

Tabla 12. Regímenes de temperatura

| Régimen de temperatura | Descripción |
|-------------------------------|---|
| R. Pergélico | Los suelos con este régimen tienen una temperatura media anual de menos de 0° C. Estos son suelos que tiene permafrost si son húmedos o tienen un congelamiento seco si no hay exceso de agua. |
| R. Crítico | En este régimen la temperatura media anual de los suelos es mayor a 0° C, pero menor a 8° C. |
| R. Frígido | En este régimen el suelo es más cálido en verano que en un régimen crítico, pero su temperatura media anual es menor a 8° C, siendo la diferencia entre la temperatura media anual del suelo del verano y del invierno mayor a 5° C. |
| R. Mésico | La temperatura anual del suelo es mayor a 8° C, pero menor a 15° C, y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5° C, a 50 cm de profundidad o a un contacto lítico o paralítico, lo que sea más superficial. |
| R. Térmico | La temperatura media anual del suelo es mayor a 15° C, pero menor a 22° C y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5° C, a 50 cm de profundidad o a un contacto lítico o paralítico, lo que sea más superficial. |
| R. Hipertérmico | La temperatura media anual del suelo es mayor a 22° C y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5° C, a 50 cm de profundidad. |
| R. Isomésico | La temperatura media anual del suelo es menor a 8° C. |
| R. Isotérmico | La temperatura media anual del suelo es mayor a 8° C, pero menor a 15° C. |
| R. Isohipertérmico | La temperatura media anual del suelo es mayor a 15° C, pero menor a 22° C. |

Tabla 13. Condiciones para determinar el régimen de temperatura

| PERGÍLICO | | $T_{med} < 0^{\circ}C$ | |
|--|---|---|--|
| CRYICO | | $0^{\circ}C < T_{med} < 8^{\circ}C$ | |
| Suelos Minerales | No saturados con agua durante algún periodo de verano | Sin horizonte O | $T_{med} \text{ verano} < 15^{\circ}C$ |
| | | Con horizonte O | $T_{med} \text{ verano} < 8^{\circ}C$ |
| | Saturados con agua durante algún periodo de verano | Sin horizonte O | $T_{med} \text{ verano} < 13^{\circ}C$ |
| | | Con horizonte O | $T_{med} \text{ verano} < 6^{\circ}C$ |
| Suelos Orgánicos | | $T_{med} < 6^{\circ}C$ | |
| Temperatura media anual del suelo | | Diferencia de temperatura | |
| | | $T_{med \text{ ver}} - T_{med \text{ inv}} \geq 6^{\circ}C$ | $T_{med \text{ ver}} - T_{med \text{ inv}} < 6^{\circ}C$ |
| $T_{med} < 8^{\circ}C$ | | FRÍGIDO | ISOFRÍGIDO |
| $8^{\circ}C < T_{med} < 15^{\circ}C$ | | MÉSICO | ISOMÉSICO |
| $15^{\circ}C < T_{med} < 22^{\circ}C$ | | TÉRMICO | ISOTÉRMICO |
| $T_{med} > 22^{\circ}C$ | | HIPERTÉRMICO | ISOHIPERTÉRMICO |

Tabla 14. Regímenes de humedad

| Régimen de humedad | Descripción |
|---------------------------|--|
| R. Acuico | Este régimen implica un régimen de reducción, virtualmente sin oxígeno disuelto, debido a que el suelo está saturado por un nivel freático o por agua de ascenso capilar. |
| R. Árido y Tórrico | Se usan estos términos para el mismo régimen de humedad, pero en diferentes categorías de la Taxonomía. En el régimen de humedad árido (tórrico), la sección de control de humedad en la mayoría de los años, esta: Seca por más de la mitad del tiempo (acumulativo) ($T =$ a una profundidad de 50 cm es superior a 5° C), y nunca esta húmeda total o parcialmente por un periodo de 90 días consecutivos ($T =$ una profundidad de 50 cm está sobre 8° C). |
| R. Údico | El régimen de humedad údico implica que la sección de control de humedad, en la mayoría de los años, no está seca en alguna parte por un periodo tan largo como 90 días acumulativos. |
| R. Ústico | El régimen de humedad ústico no es aplicable a suelos que tiene regímenes de temperatura crítico o Pergélico. |
| R. Xérico | Este régimen es que tipifica a los climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y fríos y los veranos cálidos y secos. |

Da Silva y Pellegrini, 2013

Tabla 15. Consistencia del suelo en función del grado de plasticidad


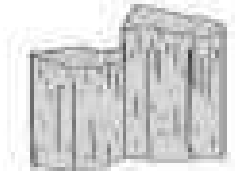

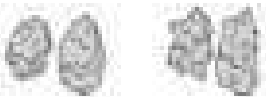


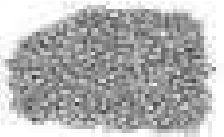
| Clases | Criterios |
|-------------------------------|--|
| No plástico | No se puede formar un rollo de 4 cm de largo y 6 mm de grosor que pueda soportar su propio peso si se sujeta por los extremos. |
| Ligeramente plástico | Se puede formar un rollo de 4 cm de largo y 6 mm de grosor y puede soportar su propio peso si se sujeta por los extremos. |
| Moderadamente plástico | Se puede formar un rollo de 4 cm de largo y 4 mm de grosor y puede soportar su propio peso. |
| Muy plástico | Se forma un rollo de 4 cm de largo y 2 mm de grosor que puede soportar su propio peso. |

USDA, 2017

Tabla 16. Determinación de la textura organoléptica

| Aspereza | Adhesividad y plasticidad | Formación de esfera y cordón | Textura |
|------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------|
| No áspera o ligeramente áspera | Adhesivo y plástica en extremo | Esferas en extremo coherentes. Cordones largos que se doblan con facilidad en anillos. | ARCILLOSO |
| No áspera | Muy ligeramente adhesivo y plástico. | Esferas moderadamente coherentes. Forma con dificultad cordones que tienen aspecto quebradizo. | LIMOSO |
| Ligeramente áspera | Ligeramente adhesivo. | Esferas moderadamente coherentes. Forma con gran dificultad cordones. | FRANCO LIMOSO |
| Ligeramente o moderadamente áspera | Moderadamente adhesivo o plástico. | Esferas moderadamente coherentes. Forma cordones con gran dificultad. | FRANCO ARCILLOSO |
| Ligeramente áspera | Ligeramente adhesivo o plástico. | Esferas moderadamente coherentes | FRANCO |
| Áspera | No adhesivo ni plástico | Esferas ligeramente coherentes. No forma cordones. | FRANCO ARENOSO |
| Muy áspera | No adhesivo o plástico | Forma esferas no coherentes que se deshacen con facilidad | ARENOSO |

Tabla 17. Tipos de estructura del suelo de acuerdo a su forma

| Tipo | Descripción | Imagen |
|-----------------------|---|---|
| Plana | Las unidades son planas y en forma de placa. Están generalmente orientados horizontalmente. |  |
| Prismática | Las unidades individuales están delimitadas por caras verticales planas o redondeadas. Las unidades son claramente más largas verticalmente. |  |
| Columnar | Las unidades son similares a los prismas y están delimitadas por planos o caras verticales ligeramente redondeadas. Se observan cuando en el suelo se forma una masa compacta o dura que se quiebra en varias columnas de bordes redondeados y que el agua no puede penetrar. |  |
| Bloque | Las unidades son en forma de bloque o poliédricas. Están acotados por superficies planas o ligeramente redondeadas |  |
| Cuña | Las unidades son aproximadamente elípticas con lentes entrelazadas que terminan en ángulos agudos. |  |
| Lenticular | Las unidades son lentes paralelas superpuestas a la superficie del suelo. Son más gruesos en el medio y delgados hacia los bordes. |  |
| Granular | Las unidades son aproximadamente esféricas o poliédricas. Tiene forma de pequeños granos redondeados y cuando se manipulo presentan una estructura suelta. |  |
| Sin estructura | | |
| Suelta Polvosa | El suelo no forma terrones, se siente suelto y polvoso, como la arena | |
| Masiva | El suelo no tiene una estructura visible, no se ven grietas, es una masa sólida sin forma y muy dura de romper | |

Cock, Álvarez, y Estrada, 2010; USDA, 2017

Tabla 18. Clasificación de la abundancia de los moteados

| | | | % |
|---|------------|--|-------|
| N | Ninguno | | 0 |
| V | Muy pocos | | 0-2 |
| F | Pocos | | 2-5 |
| C | Común | | 5-15 |
| M | Muchos | | 15-40 |
| A | Abundantes | | >40 |

FAO, 2009

Tabla 19. Clases de tamaños de los poros

| | Nivel | um |
|---|------------|--------------|
| 1 | Muy fina | <1000 |
| 2 | Fina | 1000 - 2000 |
| 3 | Media | 2000 – 5000 |
| 4 | Gruesa | 5000 – 10000 |
| 5 | Muy Gruesa | <10000 |

USDA, 2017

Tabla 20. Descripción de las capas y los horizontes principales

| Horizontes | Descripción corta |
|------------|--|
| A | Se forma en la superficie, presenta mayor porcentaje de materia orgánica (transformada) que los horizontes que se sitúan en la parte inferior. Su color típico es gris oscuro, cercano al negro, pero cuando posee bajas proporciones de materia orgánica puede ser claro. |
| B | Horizonte enriquecido en arcilla, óxidos de Fe y Al, o materia orgánica (solo si es de origen aluvial, no in situ), o también por enriquecimiento residual por lavado de los carbonatos. |
| C | No presentan desarrollo de la estructura edáfica, ni rasgos edáficos. Blando, suelto. Puede estar meteorizado, pero nunca edafizado. |
| R | Material original. Roca dura. No se puede cavar. |

USDA, 2017

Tabla 21. Clasificación del tamaño de las raíces

| | Nivel | mm |
|---|--------------|-----------|
| 1 | Muy fina | <1,0 |
| 2 | Fina | 1 – 2 |
| 3 | Media | 2 – 5 |
| 4 | Gruesa | 5 – 10 |
| 5 | Muy Gruesa | >10 |

USDA, 2017

Tabla 22. Clasificación de la cantidad de raíces

| | Nivel | Cantidad |
|---|---------------------|----------------------------------|
| 1 | Muy pocos | Menos de 0,2 por unidad de área |
| 2 | Moderadamente pocos | Entre 0.2 y 1 por unidad de área |
| 3 | Pocos | Menos de 1 por unidad de área |
| 4 | Común | Entre 1 y 5 por unidad de área |
| 5 | Muchos | 5 o más por unidad de área |

USDA, 2017

Tabla 23. Elementos de los nutrientes esenciales y sus fuentes

| | Usado en cantidades relativamente grandes | Usado en cantidades relativamente pequeñas |
|--------------------------------------|--|---|
| Principalmente de aire y agua | Suelos | Suelos |
| Carbono (C) | Nitrógeno (N) | Hierro (Fe) |
| Hidrogeno (H) | Fósforo (P) | Manganeso (Mn) |
| Oxigeno (O) | Potasio (K) | Boro (B) |
| | Calcio (Ca) | Molibdeno (Mo) |
| | Magnesio (Mg) | Cobre (Cu) |
| | Azufre (S) | Zinc (Zn) |
| | | Cloro (Cl) |
| | | Cobalto (Co) |

Brady, 1984

Tabla 24. Clasificación textural

| Clase textural | mm |
|-----------------------|----------------|
| Arena muy gruesa | 2 - 1,0 |
| Arena gruesa | 1 - 0,5 |
| Arena media | 0,5 - 0,25 |
| Arena fina | 0,25 - 0,10 |
| Arena muy fina | 0,10 - 0,05 |
| Limo grueso | 0,05 - 0,02 |
| Limo fino | 0,02 - 0,002 |
| Arcilla gruesa | 0,002 - 0,0002 |
| Arcilla fina | < 0,0002 |

USDA, 2017

Tabla 25. Presupuesto

| Materiales/reactivos | Cantidad | c/u (USD) | Total (USD) |
|---|--------------|-----------------|-----------------|
| Ácido Ascórbico | 500 gr | \$ 120 | \$ 120 |
| Ácido Bórico | 500 gr | \$ 40 | \$ 40 |
| Ácido salicílico | 500 gr | \$ 44.80 | \$ 44.80 |
| Ácido Sulfúrico (20%) | 250 ml | \$ 30 | \$ 30 |
| Agua destilada | 6 galones | \$ 2.50 | \$ 15.00 |
| Barreno | 1 | \$ 190 | \$ 190 |
| Barreta | 1 | \$ 25 | \$ 25 |
| Bicarbonato de Sodio (NaOH ₃) | 7 onzas | \$ 1 | \$ 7 |
| Botas de caucho | 1 | \$ 7 | \$ 7 |
| Botella de Polipropileno | 1 | \$ 7.50 | \$ 7.50 |
| Botellas Ámbar (1 lt) | 10 | \$ 2 | \$ 20 |
| Botellas de polietileno (1/2) lt | 8 | \$ 0.45 | \$ 3.60 |
| Cajas metálicas | 10 | \$ 10 | \$ 10 |
| Cinta métrica | 1 | \$ 3 | \$ 3 |
| Carbón activado | 1 | \$ 8 | \$ 8 |
| Cloruro de Bario | 500 gr | \$ 39.20 | \$ 39.20 |
| Dióxido de Titanio | 500 gr | \$ 29 | \$ 29 |
| Espátula | 1 | \$ 2.50 | \$ 2.50 |
| Etanol | 250 ml | \$ 10 | \$ 10 |
| Fosfato Dihidrógeno de Potasio | 500 gr | \$ 40 | \$ 40 |
| Fosfato monobásico de calcio | 500 gr | \$ 39.20 | \$ 39.20 |
| Frascos para muestras | 33 | \$ 0.25 | \$ 8.25 |
| Fundas herméticas 10X8 cm | 3 pq (20 Ud) | \$ 1.45 | \$ 4.35 |
| Fundas herméticas 26.8cmX27.3 cm | 6 pq (20 Ud) | \$ 2.85 | \$ 17.10 |
| Gelatina | 500 gr | \$ 85 | \$ 85 |
| Gotero Ámbar | 1 | \$ 2.02 | \$ 2.02 |
| GPS | 1 | \$ 160 | \$ 160 |
| Guantes | 1 | \$ 6 | \$ 6 |
| HCL (20%) | 250 ml | \$ 30 | \$ 30 |
| Hexametafosfato de Sodio | 500 gr | \$ 50.00 | \$ 50.00 |
| Molibdato de Amonio | 500 gr | \$ 290 | \$ 290 |
| Pala | 1 | \$ 20 | \$ 20 |
| Papel filtro | 2 | \$ 21 | \$ 42 |
| Papel parafilm | 2 | \$ 3.45 | \$ 6.90 |
| Papel Secante | 3 | \$ 3.90 | \$ 11.70 |
| Pipeta de 10 ml | 2 | \$ 5.50 | \$ 11.00 |
| Pipeta de 5 ml | 1 | \$ 5 | \$ 5 |
| Rojo de metilo | 100 gr | \$ 70 | \$ 70 |
| Sulfato de cobre | 1 | \$ 54 | \$ 54 |
| Sulfato de Potasio | 500 gr | \$ 44.80 | \$ 44.80 |
| Tabla Munsell | 1 | \$ 149 | \$ 149 |
| Tartrato de Antimonio y Potasio | 500 gr | \$ 122.50 | \$ 122.50 |
| Termómetro | 2 | \$ 9.45 | \$ 18.90 |
| Vaso precipitado 100 ml | 1 | \$ 3 | \$ 3 |
| Verde de bromocresol | 25 gr | \$ 120 | \$ 120 |
| TOTAL | | \$ 1.711 | \$ 2.022 |

Tabla 26. Síntesis de las regiones bioclimáticas de Gausson y su relación con otras denominaciones

| Regiones bioclimáticas | Pi <= 2Ti | Otras denominaciones |
|---|---------------------|-----------------------------|
| Termoerémica | 12 | Desértica cálida |
| Termohemierémica | 9-11 | Subdesértica cálida |
| Termoxerotérica (sequía días largos) | 1-8 | Mediterránea cálida |
| Termoxerochimérica (sequía días cortos) | 1-8 | Tropical cálida |
| Bixérica (dos periodos de sequía anuales) | 1-11 | Bixérica |
| termoaxérica | 0 | Axérica cálida |
| Mesoaxérica | 0 | Axérica templada |
| Psicroerémica | 11-12 | Desértica fría |
| Psicrohemierémica | 9-10 | Subdesértica fría |
| Psicoxerotérica | 1-8 | Submediterránea |
| Psicroaxérica | 0 | Axérica fría |
| Criomérica | - | Glacial |

Rivas, 2009

Tabla 27. Temperatura mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1969-1994)

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1969 | 26,9 | 27,3 | 28 | 28,1 | 27,8 | 26,8 | 24,9 | 25 | 26 | 26,1 | 26,3 | 27 | 26,7 |
| 1970 | 27,2 | 27,1 | 27,4 | 27,4 | 26,1 | 25,3 | 24 | 24,5 | 25,2 | 25,8 | 25,6 | 26,4 | 26,0 |
| 1971 | 26,4 | 25,9 | 26,4 | 26,5 | 25,4 | 25,1 | 24,5 | 24,3 | 25,1 | 25,2 | 25,7 | 26,4 | 25,6 |
| 1972 | 26,7 | 27,1 | 27,2 | 27,5 | 27,3 | 26,9 | 26,5 | 26,7 | 26,4 | 26,9 | 26,9 | 28,2 | 27,0 |
| 1973 | 27,4 | 27,4 | 27,5 | 27,1 | 26,1 | 25,1 | 24 | 23,9 | 24,8 | 25 | 25,2 | 25,3 | 25,7 |
| 1974 | 26 | 25,9 | 26,4 | 26,6 | 26,2 | 25,1 | 23,8 | 24,1 | 24,2 | 24,9 | 25,7 | 25,9 | 25,4 |
| 1975 | 25,8 | 26,1 | 26,9 | 27,2 | 25,7 | 24,9 | 23,6 | 24,2 | 24,8 | 25 | 24,8 | 25,4 | 25,4 |
| 1976 | 25,9 | 26,3 | 26,8 | 26,7 | 26,4 | 25,8 | 25,4 | 25,5 | 24,5 | 25,7 | 26,2 | 26,9 | 26,0 |
| 1977 | 27,3 | 26,6 | 27,4 | 27,3 | 26,4 | 25,6 | 25 | 24,9 | 25,6 | 25,7 | 26 | 27,2 | 26,3 |
| 1978 | 27,1 | 27,5 | 27,1 | 27 | 26,5 | 25,5 | 24,8 | 24,6 | 25,5 | 25,8 | 26,7 | 27 | 26,3 |
| 1980 | 27,4 | 27,1 | 27,4 | 27,6 | 26,8 | 26 | 25,1 | 25,5 | 25,4 | 26,2 | 26 | 26,7 | 26,4 |
| 1981 | 27,5 | 26,9 | 27,5 | 28 | 26,9 | 26 | 25,3 | 24,7 | 26,1 | 25,7 | 25,9 | 26,6 | 26,4 |
| 1982 | 26,9 | 26,9 | 27,5 | 27,6 | 26,4 | 25,7 | 24,7 | 24,8 | 25,4 | 26,1 | 26,3 | 27 | 26,3 |
| 1983 | 27,3 | 27,6 | 27,9 | 27,6 | 26,9 | 26,4 | 25,7 | 25,8 | 25,9 | 27 | 27,6 | 28,2 | 27,0 |
| 1984 | 28,2 | 28,6 | 28,9 | 28,2 | 28 | 27,8 | 27,5 | 26,4 | 26,9 | 26,2 | 26,9 | 27,1 | 27,6 |
| 1985 | 26,9 | 26,8 | 27,4 | 27,2 | 26,4 | 25,8 | 24,8 | 25 | 26,6 | 25,7 | 26,2 | 27,1 | 26,3 |
| 1986 | 26,7 | 26,7 | 27,5 | 26,9 | 25,5 | 25,5 | 24 | 24,8 | 25,9 | 26,1 | 25,9 | 26,6 | 26,0 |
| 1987 | 27 | 27,9 | 26,9 | 27,5 | 26,4 | 25,1 | 24,6 | 25,8 | 26 | 27 | 26,6 | 27,3 | 26,5 |
| 1988 | 27,7 | 27,2 | 28,5 | 28,1 | 26,9 | 26,3 | 26 | 26,4 | 26,5 | 26,5 | 27 | 27,3 | 27,0 |
| 1989 | 27,2 | 26,2 | 27,2 | 27,4 | 26,7 | 25,3 | 24,2 | 25 | 25,2 | 26,3 | 26,2 | 26,4 | 26,1 |
| 1990 | 392,3 | 466,9 | 320,1 | 127,3 | 33 | 33,1 | 10,4 | 0,7 | 5,3 | 5,5 | 7,6 | 9,9 | 25,9 |
| 1991 | 27 | 27,4 | 28 | 27,7 | 27,4 | 26,5 | 25 | 24,8 | 25,6 | 25,9 | 26,4 | 27,3 | 26,6 |
| 1992 | 27,9 | 27,4 | 28,3 | 28,6 | 28,1 | 26,4 | 25 | 25 | 25,4 | 26 | 26,1 | 26,7 | 26,6 |
| 1993 | 27,1 | 26,9 | 27,3 | 27,7 | 27,4 | 26,6 | 26 | 25,7 | 26,2 | 26 | 25,9 | 26,9 | 26,7 |
| 1994 | 26,7 | 26,8 | 27 | 27,3 | 26,9 | 25,7 | 25 | 24,8 | 25,9 | 26,4 | 26,2 | 27,2 | 26,6 |

Zepner, et al., 2020

Tabla 28. Temperatura mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1995-2019)

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1995 | 27,7 | 27,2 | 27,5 | 27,5 | 26,8 | 26,6 | 26 | 25,5 | 26,4 | 26,3 | 26,2 | 26,5 | 26,6 |
| 1996 | 26,4 | 26,7 | 27,6 | 26,8 | 26,2 | 24,9 | 24 | 25 | 25,6 | 25,2 | 26,4 | 26,6 | 26,0 |
| 1997 | 26,9 | 26,8 | 27,6 | 28,3 | 28,4 | 27,8 | 26 | 26,3 | 27,1 | 27,2 | 27,4 | 28,2 | 27,4 |
| 1998 | 28,5 | 28,2 | 28,8 | 29,1 | 28,3 | 27,4 | 26 | 25,9 | 26,2 | 26,3 | 26,7 | 26,9 | 27,4 |
| 1999 | 27 | 26,9 | 27,7 | 27 | 26 | 25,3 | 24 | 24,9 | 25,8 | 25,5 | 25,8 | 26,3 | 26,0 |
| 2000 | 26,4 | 26,4 | 26,7 | 27 | 26 | 25,2 | 24 | 25,1 | 25,3 | 26,2 | 26,1 | 26,6 | 26,0 |
| 2001 | 27,4 | 27,5 | 27,2 | 27,3 | 25,7 | 24,5 | 25 | 24,9 | 25 | 25,6 | 26 | 26,6 | 26,0 |
| 2002 | 26,8 | 27,4 | 27,9 | 28 | 27,2 | 25,4 | 25 | 25,4 | 26,1 | 26,4 | 26,8 | 27,5 | 26,6 |
| 2003 | 27,8 | 27,5 | 27,3 | 27,2 | 26,3 | 25,6 | 25 | 24,8 | 25,5 | 26,4 | 26,5 | 27,1 | 26,4 |
| 2004 | 27,4 | 27,5 | 28,2 | 27,6 | 26,1 | 25,1 | 25 | 24,9 | 25,7 | 26,8 | 26,6 | 27,5 | 26,5 |
| 2005 | 27,6 | 27,2 | 27,4 | 27,7 | 26,7 | 25,7 | 25 | 25,4 | 25,6 | 25,5 | 25,3 | 26,7 | 26,3 |
| 2006 | 27,2 | 27,4 | 27,2 | 26,9 | 26,2 | 25,8 | 26 | 25,7 | 25,6 | 25,9 | 26,7 | 27,1 | 26,4 |
| 2007 | 28 | 26,9 | 27,6 | 27,1 | 25,7 | 24,6 | 24 | 24,3 | 25 | 25 | 25,5 | 26 | 25,8 |
| 2008 | 26,9 | 27 | 26,8 | 26,9 | 25,7 | 25,5 | 25 | 25,6 | 25,9 | 25,8 | 25,9 | 26,6 | 26,2 |
| 2009 | 26,8 | 26,9 | 28,1 | 28 | 26,9 | 26,2 | 26 | 26,1 | 26,3 | 26,3 | 26,8 | 27,6 | 26,8 |
| 2010 | 28 | 27,7 | 26,7 | 27,9 | 27 | 25,7 | 25 | 25 | 25,4 | 25,6 | 25,5 | 26 | 26,3 |
| 2011 | 26,6 | 26,6 | 27,2 | 27,3 | 26,9 | 26,5 | 25 | 25,4 | 25,6 | 25,2 | 26 | 26,6 | 26,2 |
| 2012 | 26,5 | 26 | 27 | 27,7 | 27,1 | 26,7 | 26 | 25,5 | 26,1 | 26 | 26,5 | 26,6 | 26,5 |
| 2013 | 27,1 | 26,9 | 27,2 | 26,5 | 26,1 | 25,2 | 24 | 24,8 | 25,8 | 25,7 | 26,2 | 27 | 26,1 |
| 2014 | 27,3 | 26,9 | 27,2 | 27,2 | 27,6 | 27 | 26 | 25,6 | 26,2 | 26,4 | 26,6 | 27,1 | 26,7 |
| 2015 | 27,2 | 27,3 | 27,4 | 27,6 | 27,9 | 27,3 | 26 | 26,2 | 27,5 | 27,4 | 27,6 | 28,1 | 27,3 |
| 2016 | 28,4 | 27,9 | 28,2 | 27,8 | 27,4 | 26,4 | 26 | 26,3 | 26,4 | 26,5 | 26,7 | 27,1 | 27,1 |
| 2017 | 27,8 | 27,8 | 28,5 | 28,2 | 27,4 | 26,3 | 25 | 25,4 | 25,8 | 26,9 | 26,5 | 26,5 | 26,9 |
| 2018 | 27 | 26,9 | 27,4 | 27,2 | 27,7 | 25,8 | 25 | 25,6 | 26,1 | 26,1 | 26,4 | 27,1 | 26,5 |
| 2019 | 27,7 | 27,7 | 27,7 | 27,9 | 27,5 | 26,2 | 27 | 26,1 | 26,3 | 26,3 | 27,2 | 27,8 | 27,1 |
| TOTAL | 27,1 | 27,1 | 27,5 | 27,5 | 26,7 | 25,9 | 25,1 | 25,3 | 25,8 | 26,0 | 26,3 | 26,9 | 26,4 |

Tabla 29. Precipitación mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1969-1994)

| ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1969 | 168,2 | 138,4 | 259,7 | 287,2 | 95,7 | 110,5 | 18,6 | 5,2 | 3 | 2,9 | 15,1 | 54,9 | 96,6 |
| 1970 | 241,8 | 244 | 152,7 | 202,5 | 150,9 | 31,1 | 6 | 1,4 | 3 | 4,2 | 13,7 | 25,8 | 89,8 |
| 1971 | 161,8 | 225,9 | 444,1 | 83,1 | 22,7 | 32 | 5,8 | 1,7 | 8 | 4,6 | 8,4 | 29,4 | 85,6 |
| 1972 | 231 | 295 | 441,7 | 214,1 | 61,2 | 157,5 | 29,6 | 10,7 | 7,4 | 4,2 | 18,2 | 74,9 | 128,8 |
| 1973 | 326,8 | 267,5 | 319,4 | 239,8 | 108,7 | 17,5 | 10,9 | 4,5 | 10 | 2 | 5,2 | 32,2 | 112,0 |
| 1974 | 118,9 | 201,9 | 175,3 | 131,9 | 50,3 | 15,2 | 12,4 | 1 | 17,4 | 7 | 21,2 | 49,3 | 66,8 |
| 1975 | 250 | 415,9 | 389,1 | 192,6 | 41,2 | 33,7 | 45,4 | 7,7 | 4,8 | 15,1 | 10,6 | 28,5 | 119,6 |
| 1976 | 328,7 | 331,2 | 362,9 | 229,1 | 125,3 | 26,8 | 26,9 | 3,4 | 3,4 | 2,4 | 10,5 | 51,3 | 125,2 |
| 1977 | 162,5 | 192,3 | 266,5 | 155,1 | 12,6 | 33,1 | 13,3 | 2,3 | 15,4 | 3,1 | 1,4 | 32,2 | 74,2 |
| 1978 | 117,1 | 197,8 | 211,7 | 129,6 | 59,1 | 10,6 | 9,8 | 1,1 | 4,7 | 0,9 | 3,6 | 37,1 | 65,3 |
| 1980 | 94,8 | 157,8 | 176,1 | 147 | 38,3 | 8,5 | 1,9 | 1,9 | 4,6 | 1,7 | 2,5 | 5,8 | 53,4 |
| 1981 | 180,5 | 205,7 | 201 | 272,4 | 59,3 | 9 | 2,8 | 0,9 | 1,5 | 4,6 | 11,3 | 21,1 | 80,8 |
| 1982 | 147,8 | 219 | 279,6 | 112,9 | 13,8 | 3,8 | 18,4 | 0,8 | 2,5 | 3,4 | 19,5 | 48,5 | 72,5 |
| 1983 | 455,8 | 309,7 | 521 | 305,1 | 200,7 | 79,7 | 5,2 | 17,8 | 3 | 8,8 | 18,8 | 83,4 | 61,9 |
| 1984 | 83,4 | 401,8 | 307,3 | 163,5 | 29,4 | 27,7 | 8,2 | 1,6 | 4,9 | 3,2 | 15,2 | 81,2 | 167,4 |
| 1985 | 115,5 | 86,4 | 161,1 | 52,4 | 68,4 | 5,8 | 4,7 | 2,4 | 6,8 | 2,4 | 6,3 | 56,7 | 94,0 |
| 1986 | 309,9 | 206,5 | 143,7 | 186 | 29 | 3 | 5,1 | 1,3 | 3,3 | 9,7 | 6,6 | 41,9 | 47,4 |
| 1987 | 245,3 | 332,2 | 356,3 | 266 | 89,6 | 4 | 9,9 | 14,8 | 3,8 | 3,8 | 9,6 | 26,6 | 78,8 |
| 1988 | 263,2 | 276 | 71,2 | 196,2 | 74,2 | 11,8 | 13,9 | 2,3 | 8,4 | 2,8 | 12,1 | 28,1 | 113,5 |
| 1989 | 392,3 | 466,9 | 320,1 | 127,3 | 33 | 33,1 | 10,4 | 0,7 | 5,3 | 5,5 | 7,6 | 9,9 | 80,0 |
| 1990 | 111,9 | 261,3 | 125,1 | 130 | 34,5 | 29,8 | 6,9 | 0,9 | 11 | 12 | 7 | 38 | 117,7 |
| 1991 | 127,9 | 268,5 | 218,2 | 73,4 | 67 | 13,4 | 7,9 | 1,6 | 2,4 | 1,9 | 15,1 | 41 | 64,1 |
| 1992 | 181 | 241,9 | 403,9 | 351 | 151,7 | 48,9 | 43 | 1 | 3,7 | 1,6 | 7,2 | 20 | 69,8 |
| 1993 | 171,9 | 378,2 | 402 | 267 | 67,1 | 14,6 | 5,9 | 1,1 | 3,1 | 3,9 | 6,1 | 65 | 121,2 |
| 1994 | 288,3 | 202,7 | 420,1 | 174 | 80,9 | 16 | 8 | 2,4 | 2 | 4,8 | 7,7 | 84 | 115,4 |

Zepner, et al., 2020

Tabla 30. Precipitación mensual promedio de la ciudad de Guayaquil (1995-2019)

| ANO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 1995 | 172,9 | 200,4 | 161,8 | 128 | 48,8 | 15,5 | 21 | 2,6 | 1,6 | 1,9 | 20,4 | 30 | 67,1 |
| 1996 | 168,4 | 267,4 | 282,8 | 140 | 19,4 | 12,3 | 13 | 1,4 | 3,7 | 4,1 | 6,6 | 20 | 78,3 |
| 1997 | 169,4 | 201 | 315,7 | 231 | 90,5 | 70,3 | 12 | 22,6 | 4,7 | 7,8 | 30,5 | 59 | 101,3 |
| 1998 | 131,3 | 527,4 | 440,4 | 205 | 222,1 | 117 | 53 | 2,1 | 2,1 | 3,6 | 26,1 | 9,4 | 145,0 |
| 1999 | 206,7 | 501,7 | 440,4 | 232 | 96,7 | 15,7 | 8,1 | 3,2 | 11 | 2,3 | 7,1 | 75 | 133,3 |
| 2000 | 216,8 | 241,9 | 276,8 | 321 | 167 | 26,8 | 2,7 | 1,9 | 5,6 | 1,1 | 23,3 | 31 | 109,7 |
| 2001 | 418 | 189,5 | 135,5 | 277 | 76,1 | 17,6 | 11 | 1,8 | 2,8 | 1,7 | 12,7 | 47 | 99,3 |
| 2002 | 137,6 | 250,9 | 366,5 | 265 | 71 | 12,6 | 10 | 0,4 | 1,7 | 4,9 | 30,6 | 47 | 99,9 |
| 2003 | 215 | 232,8 | 269,7 | 172 | 76,4 | 21,2 | 53 | 2 | 1,9 | 12 | 19,2 | 54 | 94,2 |
| 2004 | 129,7 | 156,6 | 258,4 | 218 | 79,7 | 20,9 | 12 | 0,9 | 6,6 | 6,4 | 10,2 | 28 | 77,3 |
| 2005 | 118,2 | 179,9 | 222,4 | 220 | 16,8 | 19 | 7,2 | 0,7 | 1,7 | 3,5 | 7 | 36 | 69,3 |
| 2006 | 201,4 | 299,8 | 313,8 | 94,5 | 22,9 | 24,5 | 12 | 2,1 | 4,5 | 2,2 | 16,1 | 26 | 85,0 |
| 2007 | 144,4 | 149,2 | 197,9 | 187 | 60 | 33 | 30 | 5 | 3,3 | 2,1 | 17,3 | 24 | 71,1 |
| 2008 | 215,8 | 465,6 | 433,6 | 269 | 63 | 13,4 | 28 | 14,5 | 4,4 | 6,2 | 10,5 | 30 | 129,5 |
| 2009 | 308 | 202,7 | 232,3 | 99,9 | 126,1 | 20,3 | 6,4 | 3,4 | 2,3 | 3,4 | 7,1 | 50 | 88,5 |
| 2010 | 178,5 | 352,9 | 260,1 | 319 | 129,3 | 27,4 | 38 | 1,9 | 4,8 | 2,9 | 11,1 | 64 | 115,8 |
| 2011 | 185,6 | 305,3 | 131,5 | 282 | 70,2 | 52,7 | 29 | 1,4 | 5,6 | 4,1 | 15,8 | 89 | 97,7 |
| 2012 | 451 | 449,2 | 364,8 | 205 | 99,3 | 26,4 | 3,5 | 1,4 | 1,9 | 4,6 | 17,7 | 39 | 138,6 |
| 2013 | 245,4 | 287 | 341,6 | 200 | 91,7 | 14,7 | 12 | 2,1 | 3,1 | 9,7 | 3,8 | 27 | 103,2 |
| 2014 | 170,8 | 250,4 | 230,7 | 121 | 108,4 | 33,9 | 13 | 4 | 13 | 8,6 | 4,4 | 38 | 83,1 |
| 2015 | 207 | 188,8 | 385,4 | 207 | 172,3 | 75,6 | 40 | 0,6 | 1,7 | 10 | 17,1 | 36 | 111,7 |
| 2016 | 202,9 | 243,3 | 369,2 | 237 | 40,3 | 34,2 | 6,6 | 1,2 | 11 | 1,7 | 7,3 | 48 | 100,2 |
| 2017 | 336,2 | 437,3 | 425,8 | 299 | 171,3 | 33,4 | 5,7 | 2,1 | 6 | 7,9 | 5,1 | 34 | 147,0 |
| 2018 | 157,9 | 257,2 | 151,7 | 114 | 58,6 | 29 | 14 | 2,3 | 1,7 | 6 | 11 | 40 | 70,3 |
| 2019 | 341,4 | 242,7 | 324,1 | 133 | 125,1 | 17 | 21 | 3,1 | 6,8 | 5,5 | 29,5 | 51 | 108,4 |
| TOTAL | 213,2 | 269,2 | 285,5 | 195,4 | 80,4 | 30,7 | 15,6 | 3,5 | 5,1 | 5,2 | 12,6 | 44,5 | 96,7 |

Zepner, et al., 2020

Tabla 31. Factor de corrección F por duración media de las horas del sol

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LAT NORTE | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 0,74 | 0,78 | 1,02 | 1,15 | 1,33 | 1,36 | 1,37 | 1,25 | 1,06 | 0,92 | 0,76 | 0,70 |
| 45 | 0,80 | | 1,02 | 1,13 | 1,28 | 1,29 | 1,31 | 1,21 | 1,04 | 0,94 | 0,79 | 0,75 |
| 40 | 0,84 | 0,83 | 1,03 | 1,11 | 1,24 | 1,25 | 1,27 | 1,18 | 1,04 | 0,96 | 0,83 | 0,81 |
| 35 | 0,87 | 0,85 | 1,03 | 1,09 | 1,21 | 1,21 | 1,23 | 1,16 | 1,03 | 0,97 | 0,86 | 0,85 |
| 30 | 0,90 | 0,87 | 1,03 | 1,08 | 1,18 | 1,17 | 1,20 | 1,14 | 1,03 | 0,98 | 0,89 | 0,88 |
| 25 | 0,93 | 0,89 | 1,03 | 1,06 | 1,15 | 1,14 | 1,71 | 1,12 | 1,02 | 0,99 | 0,91 | 0,91 |
| 20 | 0,95 | 0,90 | 1,03 | 1,05 | 1,13 | 1,11 | 1,14 | 1,11 | 1,02 | 1,00 | 0,93 | 0,94 |
| 15 | 0,97 | 0,91 | 1,03 | 1,04 | 1,11 | 1,08 | 1,12 | 1,08 | 1,02 | 1,01 | 0,95 | 0,97 |
| 10 | 0,98 | 0,91 | 1,03 | 1,03 | 1,08 | 1,06 | 1,08 | 1,07 | 1,02 | 1,02 | 0,98 | 0,99 |
| 5 | 1,00 | 0,93 | 1,03 | 1,02 | 1,06 | 1,03 | 1,06 | 1,05 | 1,01 | 1,03 | 0,99 | 1,02 |
| 0 | 1,02 | 0,94 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,04 | 1,01 | 1,04 | 1,01 | 1,04 |
| LAT SUR | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 1,04 | 0,95 | 1,04 | 1,00 | 1,02 | 0,99 | 1,02 | 1,03 | 1,00 | 1,05 | 1,03 | 1,06 |
| 10 | 1,08 | 0,97 | 1,05 | 0,99 | 1,01 | 0,96 | 1,00 | 1,01 | 1,00 | 1,06 | 1,05 | 1,10 |
| 15 | 1,12 | 0,98 | 1,05 | 0,98 | 0,98 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,00 | 1,07 | 1,07 | 1,12 |
| 20 | 1,14 | 1,00 | 1,05 | 0,97 | 0,96 | 0,91 | 0,95 | 0,99 | 1,00 | 1,08 | 1,09 | 1,15 |
| 25 | 1,17 | 1,01 | 1,05 | 0,96 | 0,94 | 0,88 | 0,93 | 0,98 | 1,00 | 1,10 | 1,11 | 1,18 |
| 40 | 1,20 | 1,03 | 1,06 | 0,95 | 0,92 | 0,85 | 0,90 | 0,96 | 1,00 | 1,12 | 1,14 | 1,21 |
| 35 | 1,23 | 1,04 | 1,06 | 0,94 | 0,89 | 0,82 | 0,87 | 0,94 | 1,00 | 1,13 | 1,17 | 1,25 |
| 40 | 1,27 | 1,06 | 1,07 | 0,93 | 0,86 | 0,78 | 0,84 | 0,92 | 1,00 | 1,15 | 1,20 | 1,29 |
| 45 | 1,31 | 1,10 | 1,07 | 0,91 | 0,81 | 0,71 | 0,78 | 0,90 | 0,99 | 1,17 | 1,26 | 1,36 |
| 50 | 1,37 | 1,12 | 1,08 | 0,89 | 0,77 | 0,67 | 0,74 | 0,88 | 0,99 | 1,19 | 1,29 | 1,41 |

 Thornthwaite y Matter, 1948

Tabla 32. Cálculo del índice de humedad

| CLIMAS HUMEDOS | | |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Símbolos | Tipo de Clima | Índice Hídrico |
| A | Súper húmedo | Mayor de 100 |
| B4 | Muy húmedo | 80 a 100 |
| B3 | Húmedo | 60 a 80 |
| B2 | Moderadamente húmedo | 40 a 60 |
| B1 | Ligeramente húmedo | 20 a 40 |
| C2 | Sub húmedo húmedo | 0 a 20 |
| CLIMAS SECOS | | |
| C1 | Sub húmedo seco | 0 a -20 |
| D | Semiárido seco | -20 a -40 |
| E | Árido | -40 a -60 |

 Thornwaite y Matter, 1948

Tabla 33. Índices de variación estacional de la humedad.

| PARA CLIMAS HUMEDOS: Índice de aridez (Ia) | | |
|--|------------------------------------|----------------------------|
| Símbolos | Tipo de Variación | Índice de variación |
| r | Nula o pequeña deficiencia de agua | 0 a 16,7 |
| s | Moderada deficiencia en verano | 16,7 a 33,3 |
| w | Moderada deficiencia en invierno | 16,7 a 33,3 |
| S₂ | Gran deficiencia en verano | Más de 33,3 |
| W₂ | Gran deficiencia en invierno | Más de 33,3 |
| PARA CLIMAS SECOS: Índice de humedad (ih) | | |
| d | Nulo o pequeño exceso de agua | 0 a 10 |
| s | Moderado exceso en verano | 10 a 20 |
| w | Moderado exceso en invierno | 10 a 20 |
| S₂ | Gran exceso en verano | Más de 20 |
| W₂ | Gran exceso en invierno | Más de 20 |

 Los términos verano e invierno se refieren a las estaciones astronómicas de cada hemisferio

Thornwaite y Matter, 1948

Tabla 34. Tipos de climas según el índice de eficiencia térmica

| Símbolos | Región térmica | ETP (mm) |
|----------|-----------------------------|--------------|
| A | Megatérmica o cálida | 1140 y mas |
| B'4 | Mesotérmica semi cálida | 997 a 1140 |
| B'3 | Mesotérmica templada cálida | 855 a 997 |
| B'2 | Mesotérmica templada fría | 712 a 855 |
| B'1 | Mesotérmica semi fría | 570 a 712 |
| C'2 | Microtérmica fría moderada | 427 a 570 |
| C'1 | Microtérmica fría acentuada | 285 a 427 |
| D' | Tundra | 142 a 285 |
| E' | Helado o Glacial | Menos de 142 |

ETP: Evapotranspiración potencial

Thornwaite y Matter, 1948

Tabla 35. Concentración de la eficacia térmica en verano

| Tipo de clima | % verano/año |
|---------------|----------------|
| a' | Menos del 48% |
| b'4 | 48% a 51,9% |
| b'3 | 51,9% a 56,3% |
| b'2 | 56,3% a 61,6% |
| b'1 | 61,6% a 68,0% |
| c'1 | 68% a 76,3% |
| d' | 76,3% a 88,0 % |

Thornwaite y Matter, 1948

Tabla 36. Ficha de muestreo de Suelo en campo

| FICHA DE MUESTREO SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|---------|----------|----------|----------|--------|----------------------|------------|---------|---|-------|----------------|--------|--------------|----------------------|----------|------------|
| Perturbación: | | PMD | BAD | BM | Operador | | | | | | | | | | | | | |
| Parcela | | fecha | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hora | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ambiente Hídrico | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ambiente Geomorfológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Horizontes | Profundidad | Elemento Grueso | Grietas | | Fauna | Raíces | | Reacción al HCL (3%) | Estructura | Moteado | | | Color de Matiz | | Consistencia | Textura más probable | Mat. Org | Morfofones |
| | | | Ancho | Longitud | | Cantidad | Tamaño | | | Color | % | Clase | Seco | Húmedo | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 37. Criterios para la evaluación de suelos respecto a su pH

| Categoría | Valor de pH |
|--------------------------|--------------------|
| Ultra ácido | <3.5 |
| Extremadamente ácido | 3.5 – 4.4 |
| Muy fuertemente ácido | 4.5 – 5.0 |
| Moderadamente ácido | 5.6 – 6.0 |
| Ligeramente ácido | 6.1 – 6.5 |
| Neutro | 6.6 -7.3 |
| Ligeramente alcalino | 7.4 – 7.8 |
| Moderadamente alcalino | 7.9 – 8.4 |
| Fuertemente alcalino | 8.5 – 9.0 |
| Muy fuertemente alcalino | > 9.0 |

 USDA, 2017
Tabla 38. Clase de Efervescencia

| Clase de Efervescencia | Criterios |
|-------------------------------|---|
| No efervescente | No se forman burbujas |
| Muy Ligeramente efervescente | Se forman pocas burbujas |
| Ligeramente efervescente | Se forman numerosas burbujas |
| Fuertemente efervescente | Las burbujas forman una espuma baja |
| Violentamente efervescente | Las burbujas forman rápidamente una espuma espesa |

 USDA, 2017

Tabla 39. Balance hídrico de las comunidades vegetales con diferente capacidad de almacenamiento de agua

| | | MESES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL | |
|-------------|-------|-----------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | | P | 213,2 | 269,2 | 285,5 | 195,4 | 80,4 | 30,7 | 15,6 | 3,5 | 5,1 | 5,2 | 12,6 | 44,5 | 1160,8 | |
| | | T °C | 27,1 | 27,1 | 27,5 | 27,5 | 26,7 | 25,9 | 25,1 | 25,3 | 25,8 | 26 | 26,3 | 26,9 | | |
| | | ETP (mm) | 150,2 | 136,1 | 158,5 | 153,0 | 142,2 | 122,6 | 111,8 | 115,5 | 121,2 | 130,5 | 132,5 | 147,8 | 1622,0 | |
| | | ÍNDICE DE CALOR MENSUAL (I) | 12,95 | 12,89 | 13,19 | 12,67 | 12,07 | 11,48 | 11,56 | 11,61 | 11,98 | 12,16 | 12,36 | 12,77 | 149,30 | |
| | | # días del mes | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | | |
| | | ETP diaria | 4,84 | 4,69 | 5,11 | 5,10 | 4,59 | 4,09 | 3,61 | 3,73 | 4,04 | 4,21 | 4,42 | 4,77 | | |
| PROFUNDIDAD | CAA | COMUNIDAD VEGETAL | BALANCE HIDRICO (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| (0–40 CM) | 86,54 | BOSQUE SECO | ALMACEN | 63,0 | 86,5 | 86,5 | 86,5 | 24,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 347,4 |
| | | | EXCESO | 0 | 109,5 | 127,0 | 42,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 278,9 |
| | | | ETR | 150,2 | 136,1 | 158,5 | 153,0 | 142,2 | 55,5 | 15,6 | 3,5 | 5,1 | 5,2 | 12,6 | 44,5 | 882,0 |
| | | | DEFICIT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67,2 | 96,1 | 112,0 | 116,1 | 125,3 | 120,0 | 103,3 | 740,0 |
| | 91,37 | BOSQUE PALMAR MUY DENSO | ALMACEN | 63,0 | 91,4 | 91,4 | 91,4 | 29,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 366,7 |
| | | | EXCESO | 0,0 | 104,7 | 127,0 | 42,3 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 274,0 |
| | | | ETR | 150,2 | 136,1 | 158,5 | 153,0 | 142,2 | 60,3 | 15,6 | 3,5 | 5,1 | 5,2 | 12,6 | 44,5 | 886,8 |
| | | | DEFICIT | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 59,0 | 96,1 | 112,0 | 116,1 | 125,3 | 120,0 | 103,3 | 731,9 |
| | 68,93 | BOSQUE MANGLAR | ALMACEN | 63,0 | 68,9 | 68,9 | 68,9 | 7,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 277,0 |
| | | | EXCESO | 0 | 127,1 | 127,0 | 42,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 296,5 |
| | | | ETR | 150,2 | 136,1 | 158,5 | 153,0 | 142,2 | 37,8 | 15,6 | 3,5 | 5,1 | 5,2 | 12,6 | 44,5 | 864,4 |
| | | | DEFICIT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 84,8 | 96,1 | 112,0 | 116,1 | 125,3 | 120,0 | 103,3 | 757,6 |

* Dónde: T= temperatura media mensual considerando una serie de 50 años; P= Precipitación media mensual considerando una serie de 50 años; ETP: Evapotranspiración potencial; ETR= Evapotranspiración real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua*

Vera, 2022

Tabla 40. Ficha morfológica del suelo del Bosque Seco

| FICHA DE MUESTREO SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|---------|----|-------|----------|--------|---------------------------------|------------|---------|-------------|------------------------|------------------|----------------------|----------|----------|
| Perturbación: | Bosque Seco | Operador | | | | | | TATIANA VERA | | | | | | | | |
| Parcela | Fecha | | | | | | | Lunes 14/septiembre/2021 | | | | | | | | |
| Hora | | | | | | | | 12:30 | | | | | | | | |
| Ambiente Hídrico | | | | | | | | Údico | | | | | | | | |
| Ambiente Geomorfológico | | | | | | | | Región Costa, Delta del Guayas | | | | | | | | |
| Horizontes | Profundidad | Elemento Grueso | Grietas | | Fauna | Raíces | | Reacción al HCL (3%) | Estructura | Moteado | | Color de Matiz Humedo | Consistencia | Textura más probable | Mat. Org | Morfores |
| | | | SI | NO | | Cantidad | Tamaño | | | Color | % | | | | | |
| A | 40 | SI | SI | NO | 30 | 3-5 | NO | Bloque angular | (5YR 6/8) | 25% | (5 YR 4/4) | Moderadamente plástico | Arcillosa | SI | NO | |
| B | 40-85 | NO | NO | NO | 12 | 1 | NO | Bloque angular | (5YR 6/8) | 34% | (2,5 Y 7/6) | Moderadamente plástico | Franco arcillosa | SI | NO | |
| C | 85-114+ | NO | NO | NO | NO | NO | NO | Blocosa | NO | NO | 10 YR (5/4) | Moderadamente plástico | Arcillosa | SI | NO | |

Vera, 2022

Tabla 41. Ficha morfológica del suelo Bosque Palmar muy denso

| FICHA DE MUESTREO SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------------------------|---------|----------|--|----------|--------|----------------------|----------------|------------|-----|--------------------------|------------------------|----------------------|----------|----------|--|
| Perturbación: Parcela Hora Ambiente Hídrico Ambiente Geomorfológico | | Bosque Palmar muy denso | Fecha | Operador | TATIANA VERA Miércoles 15/septiembre/2021 10:30 Acuico, mal drenado Región Costa, Delta del Guayas | | | | | | | | | | | | |
| Horizontes | Profundidad | Elemento Grueso | Grietas | | Fauna | Raíces | | Reacción al HCL (3%) | Estructura | Moteado | | Color de Matiz Húmedo | Consistencia | Textura más probable | Mat. Org | Morfores | |
| | | | Ancho | Longitud | | Cantidad | Tamaño | | | Color | % | | | | | | |
| A | 35 | NO | NO | NO | NO | 36 | 13 | NO | Bloque angular | (10 R 5/6) | 22% | (10 YR 7/8) | Moderadamente plástico | Arcilloso | SI | NO | |
| B | 35-77 | NO | NO | NO | NO | 24 | 4 | NO | Bloque angular | (10 R 5/6) | 49% | (10YR 7/8) | Moderadamente plástico | Arcilloso | SI | NO | |
| C | 77-98+ | NO | NO | NO | NO | 0 | 0 | NO | Bloque | 0 | 0 | (10 YR 7/8) | Moderadamente plástico | Arcilloso | SI | NO | |

Vera, 2022

Tabla 42. Ficha morfológica del suelo del Bosque manglar

| FICHA DE MUESTREO SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------------|---------|---------------------------|-------|--------------|--------|----------------------|-----------------|-----------|-----|-----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|
| Perturbación: | | Bosque Manglar | | Operador | | TATIANA VERA | | | | | | | | | | |
| Parcela | | Fecha | | Jueves 16/septiembre/2021 | | | | | | | | | | | | |
| Hora | | 9:30 | | | | | | | | | | | | | | |
| Ambiente Hídrico | | Acuico , mal drenado | | | | | | | | | | | | | | |
| Ambiente Geomorfológico | | Región Costa, Delta del Guayas | | | | | | | | | | | | | | |
| Horizontes | Profundidad | Elemento Grueso | Grietas | | Fauna | Raíces | | Reacción al HCL (3%) | Estructura | Moteado | | Color de Matiz Húmedo | Consistencia | Textura más probable | Mat. Org | Morfores |
| | | | Ancho | Longitud | | Cantidad | Tamaño | | | Color | % | | | | | |
| A | 30 | NO | NO | NO | SI | 22 | 7 | NO | Blocosa angular | (5YR 6/8) | 18% | (10 YR 4/1) | Ligeramente plástico | Arcillo limoso | SI | NO |
| B | 30-58+ | NO | NO | NO | SI | 20 | 7 | NO | Blocosa angular | (5YR 5/1) | 24% | (10 YR 4/1) | Ligeramente plástico | Arcillo limoso | SI | NO |
| C | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

Vera, 2022

Tabla 43. Puntos de muestreo del Bosque Manglar

| Puntos de muestreo | Profundidad | Coordenadas | |
|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| | | (X) | (Y) |
| P1 | 0-20 | 0625214 E | 9755395 S |
| P1 | 20-40 | 0625214 E | 9755395 S |
| P2 | 0-20 | 0625209 E | 9755394 S |
| P2 | 20-40 | 0625209 E | 9755394 S |
| P3 | 0-20 | 0625210 E | 9755388 S |
| P3 | 20-40 | 0625210 E | 9755388 S |
| P4 | 0-20 | 0625204 E | 9755387 S |
| P4 | 20-40 | 0625204 E | 9755387 S |
| P5 | 0-20 | 0625207 E | 9755381 S |
| P5 | 20-40 | 0625207 E | 9755381 S |
| P6 | 0-20 | 0625202 E | 9755381 S |
| P6 | 20-40 | 0625202 E | 9755381 S |
| P7 | 0-20 | 0625204 E | 9755375 S |
| P7 | 20-40 | 0625204 E | 9755375 S |
| P8 | 0-20 | 0625200 E | 9755376 S |
| P8 | 20-40 | 0625200 E | 9755376 S |
| P9 | 0-20 | 0625207 E | 9755400 S |
| P9 | 20-40 | 0625207 E | 9755400 S |
| P10 | 0-20 | 0625214 E | 9755399 S |
| P10 | 20-40 | 0625214 E | 9755399 S |

 Vera, 2022

Tabla 44. Puntos de muestreo del bosque Palmar muy denso.

| Puntos de muestreo | Profundidad | Coordenadas | |
|--------------------|-------------|--------------|--------------|
| | | (X) | (Y) |
| P1 | 0-20 | 0626789.05 E | 9754359.15 S |
| P1 | 20-40 | 0626789.05 E | 9754359.15 S |
| P2 | 0-20 | 0626788.12 E | 9754360.99 S |
| P2 | 20-40 | 0626788.12 E | 9754360.99 S |
| P3 | 0-20 | 0626789.0 E | 9754364.06 S |
| P3 | 20-40 | 0626789.0 E | 9754364.06 S |
| P4 | 0-20 | 0626790.91 E | 9754363.14 S |
| P4 | 20-40 | 0626790.91 E | 9754363.14 S |
| P5 | 0-20 | 0626786.89 E | 9754365.90 S |
| P5 | 20-40 | 0626786.89 E | 9754365.90 S |
| P6 | 0-20 | 0626951 E | 9754010 S |
| P6 | 20-40 | 0626951 E | 9754010 S |
| P7 | 0-20 | 0626946 E | 9754010 S |
| P7 | 20-40 | 0626946 E | 9754010 S |
| P8 | 0-20 | 0626942 E | 9754013 S |
| P8 | 20-40 | 0626942 E | 9754013 S |
| P9 | 0-20 | 0626942 E | 9754012 S |
| P9 | 20-40 | 0626942 E | 9754012 S |
| P10 | 0-20 | 0626943 E | 9754012 S |
| P10 | 20-40 | 0626943 E | 9754012 S |

 Vera, 2022

Tabla 45. Puntos de muestreo del Bosque Seco

| Puntos de muestreo | Profundidad | Coordenadas | |
|--------------------|-------------|-------------|-----------|
| | | (X) | (Y) |
| P1 | 0-20 | 0628073 E | 9755324 S |
| P1 | 20-40 | 0628073 E | 9755324 S |
| P2 | 0-20 | 0628079 E | 9755327 S |
| P2 | 20-40 | 0628079 E | 9755327 S |
| P3 | 0-20 | 0628076 E | 9755327 S |
| P3 | 20-40 | 0628076 E | 9755327 S |
| P4 | 0-20 | 0628080 E | 9755327 S |
| P4 | 20-40 | 0628080 E | 9755327 S |
| P5 | 0-20 | 0628077 E | 9755324 S |
| P5 | 20-40 | 0628077 E | 9755324 S |
| P6 | 0-20 | 0628075 E | 9755321 S |
| P6 | 20-40 | 0628075 E | 9755321 S |
| P7 | 0-20 | 0628076 E | 9755322 S |
| P7 | 20-40 | 0628076 E | 9755322 S |
| P8 | 0-20 | 0628078 E | 9755322 S |
| P8 | 20-40 | 0628078 E | 9755322 S |
| P9 | 0-20 | 0628080 E | 9755323 S |
| P9 | 20-40 | 0628080 E | 9755323 S |
| P10 | 0-20 | 0628081 E | 9755322 S |
| P10 | 20-40 | 0628081 E | 9755322 S |

 Vera, 2022

Tabla 46. Datos de interpretación para análisis de suelos

| | | BAJO | MEDIO | ÓPTIMO | ALTO |
|-------------------|---------------|-------------|--------------|---------------|-------------|
| pH | cmol/L | < 5 | 5-6 | 6-7 | >7 |
| Ca | cmol/L | < 4 | 4-6 | 6 - 15 | >15 |
| Mg | cmol/L | < 1 | 1 - 3 | 3 - 6 | > 6 |
| K | cmol/L | < 0,2 | 0,2 – 0,5 | 0,5 – 0,8 | >0, 8 |
| Acidez | cmol/L | - | 0,3 - 1 | < 0,3 | >1 |
| Sat. Al | % | - | 10 - 30 | < 10 | >30 |
| P | mg/L | <12 | 12- 20 | 20 - 50 | >50 |
| Fe | mg/L | < 5 | 5 - 10 | 10 - 50 | >50 |
| Cu | mg/L | < 0,5 | 0,5 - 1 | 1 - 20 | >20 |
| Zn | mg/L | < 2 | 2 -3 | 3 - 10 | >10 |
| Mn | mg/L | <5 | 5 - 10 | 10 - 50 | >50 |
| B | mg/L | <0,2 | 0,2 – 0,5 | 0,5 - 1 | >1 |
| S | mg/L | <12 | 12 - 20 | 20 - 50 | >50 |
| MO | % | <2 | 2 - 5 | 5 - 10 | >10 |
| RELACIONES | | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | (Ca+Mg)/K |
| CATIONICAS | | 2 - 5 | 5 - 25 | 2,5 -15 | 10 - 40 |









Meléndez y Molina, 2002

Tabla 47. Cuadro resumen de las características morfológicas

| BOSQUE SECO | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|----------------|------------------------|-------------------|-----------------|-------|------------|--------------|---------|
| HORIZONTE GENÉTICO | PROFUNDIDAD | MOTEADOS (COLOR) | MOTEADOS (CANTIDAD) | ESTRUCUTURA | CONSISTENCIA | RACIES (CANTIDAD) | RACIES (TAMAÑO) | FAUNA | CARBONATOS | PEDREGOSIDAD | GRIETAS |
| A | 0- 40 cm | (5 YR 4/6) | 25% | Bloque angular | Moderadamente plástica | 30% | 3 y 5 mm | NO | NO | 60% | SI |
| B | 40 - 85 cm | (5 YR 4/6) (5YR 6/8) | 34% | Bloque angular | Moderadamente plástica | 12% | 1 mm | NO | NO | 0% | NO |
| C | 85-114+ cm | 0% | 0% | Bloque | Moderadamente plástica | 0% | NO | NO | NO | 0% | NO |
| BOSQUE PALMAR MUY DENSO | | | | | | | | | | | |
| HORIZONTE GENÉTICO | PROFUNDIDAD | COLOR | MOTEADOS | ESTRUCUTURA | CONSISTENCIA | RACIES (CANTIDAD) | RACIES (TAMAÑO) | FAUNA | CARBONATOS | PEDREGOSIDAD | GRIETAS |
| A | 0-35 cm | (5 YR 4/6) | 22% | Bloque angular | Moderadamente plástica | 36% | 13 mm | NO | NO | 0% | NO |
| B | 35-77 cm | (5 YR 4/6) | 49% | Bloque angular | Moderadamente plástica | 24% | 4 mm | NO | NO | 0% | NO |
| C | 77-98+ cm | 0% | 0% | Bloque | Moderadamente plástica | 0% | NO | NO | NO | 0% | NO |
| BOSQUE MANGLAR | | | | | | | | | | | |
| HORIZONTE GENÉTICO | PROFUNDIDAD | COLOR | MOTEADOS | ESTRUCUTURA | CONSISTENCIA | RACIES (CANTIDAD) | RACIES (TAMAÑO) | FAUNA | CARBONATOS | PEDREGOSIDAD | GRIETAS |
| A | 30 cm | (5YR 6/8) | 24% | Bloque angular | Ligeramente plástica | 22% | 7 mm | SI | NO | 0% | NO |
| B | 30-58+ cm | (5YR 6/8) | 28% | Bloque angular | Ligeramente plástica | 20% | 7 mm | SI | NO | 0% | NO |

Vera,2022

Tabla 48. Sistema Munsell y atributos cromáticos de las tres parcelas experimentales

| Atributos | Bosque Seco | | Bosque palmar muy denso | | Bosque manglar | |
|--------------------|---|---|---|------|---|------|
| Horizonte A | | | | | | |
| | Húmedo | Seco | Húmedo | Seco | Húmedo | Seco |
| Munsell | | (5 YR 4/4) Marrón rojizo mate | (10 YR 7/8) Naranja amarillento | | 10 YR (4/1) Gris parduzco | |
| Color | |  |  | |  | |
| Horizonte B | | | | | | |
| Munsell | (2,5 Y 7/6) Amarillento | | (10 YR 7/8) Naranja amarillento | | 10 YR (4/1) Gris parduzco | |
| Color |  | |  | |  | |
| Horizonte C | | | | | | |
| Munsell | (10 YR 5/4) Marrón amarillento mate | | (10 YR 7/8) Naranja amarillento | | | |
| Color |  | |  | | | |

Vera, 2022

Tabla 49. Cuadro resumen (características composicionales) 0-20 cm

| Bosque Seco | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|-----------|-------|----------|--------------|--------------|
| A | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 10,4 | 36 | 52,6 | Arcillosa | 14,51 | 1,56 | 89,51 | 8,507 | 5,91 | 0,1260 | 3,10 | 25,04 |
| 2 | 13,2 | 30 | 56,8 | Arcillosa | 13,02 | 1,85 | 72,61 | 6,330 | 5,9 | 0,1162 | 7,38 | 26,01 |
| 3 | 7,2 | 37,2 | 55,6 | Arcillosa | 14,24 | 1,85 | 70,11 | 5,860 | 5,77 | 0,1994 | 5,28 | 25,14 |
| 4 | 9,2 | 39,2 | 51,6 | Arcillosa | 14,72 | 1,85 | 74,81 | 7,611 | 5,42 | 0,1288 | 2,98 | 21,59 |
| 5 | 9,2 | 37,2 | 53,6 | Arcillosa | 12,90 | 1,78 | 87,71 | 6,793 | 5,79 | 0,1372 | 3,91 | 24,52 |
| X | 9,84 | 35,92 | 54,24 | | 13,88 | 1,78 | 78,95 | 7,020 | 5,76 | 0,1215 | 4,53 | 24,46 |
| Bosque Palmar muy denso | | | | | | | | | | | | |
| B | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 6,4 | 36 | 57,6 | Arcillosa | 39,21 | 1,61 | 94,41 | 13,23 | 6,14 | 0,1134 | 4,58 | 21,33 |
| 2 | 11,2 | 36 | 52,8 | Arcillosa | 40,63 | 1,65 | 73,61 | 24,71 | 5,65 | 0,1946 | 5,56 | 20,14 |
| 3 | 7,2 | 45,2 | 47,6 | Arcillo limosa | 40,97 | 1,71 | 88,31 | 20,52 | 6,13 | 0,1862 | 4,58 | 20,30 |
| 4 | 7,2 | 46 | 46,8 | Arcillosa | 52,91 | 1,71 | 75,51 | 12,54 | 6 | 0,1624 | 4,89 | 19,43 |
| 5 | 5,2 | 49,2 | 45,6 | Arcillo limosa | 47,56 | 1,65 | 75,01 | 11,49 | 6,19 | 0,2100 | 4,57 | 18,38 |
| X | 7,44 | 42,48 | 50,08 | | 44,26 | 1,67 | 81,37 | 16,50 | 6,02 | 0,1733 | 4,83 | 19,91 |
| Bosque Manglar | | | | | | | | | | | | |
| C | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 14,4 | 32,8 | 52,8 | Arcillosa | 65,70 | 1,56 | 65,01 | 10,71 | 6,43 | 0,0882 | 5,62 | 10,04 |
| 2 | 13,2 | 32 | 54,8 | Arcillosa | 78,83 | 1,85 | 59,81 | 9,52 | 6,47 | 0,1316 | 4,37 | 9,33 |
| 3 | 2,4 | 52,8 | 44,8 | Arcillo Limosa | 70,54 | 1,85 | 62,61 | 8,02 | 5,66 | 0,1190 | 7,69 | 9,80 |
| 4 | 6,4 | 46,8 | 46,8 | Arcillo limosa | 85,40 | 1,85 | 70,81 | 10,35 | 5,89 | 0,1652 | 4,56 | 8,89 |
| 5 | 12,4 | 34,8 | 52,8 | Arcillosa | 62,27 | 1,78 | 55,91 | 11,41 | 6,03 | 0,1498 | 3,29 | 12,94 |
| X | 9,76 | 39,84 | 50,4 | | 72,75 | 1,80 | 62,83 | 10,00 | 6,096 | 0,1308 | 5,11 | 10,20 |

Donde: MO = Materia orgánica; DR = Densidad real; CAA = Capacidad de almacenamiento de agua; N = Nitrógeno; P = Fósforo; S = Azufre

Vera, 2022

Tabla 50. Cuadro resumen (características composicionales) 20-40 cm

| Bosque Seco | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|-----------|-------|----------|--------------|--------------|
| A | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 20,4 | 32 | 47,6 | Arcillosa | 22,13 | 2,17 | 83,21 | 8,179 | 5,86 | 0,1022 | 9,54 | 22,78 |
| 2 | 11,2 | 31,2 | 57,6 | Arcillosa | 21,44 | 1,72 | 84,41 | 9,187 | 6,02 | 0,1232 | 5,99 | 25,14 |
| 3 | 11,2 | 33,2 | 55,6 | Arcillosa | 28,25 | 1,92 | 79,41 | 7,748 | 5,63 | 0,1162 | 2,96 | 26,72 |
| 4 | 17,2 | 31,2 | 51,6 | Arcillosa | 28,46 | 1,92 | 113,11 | 8,606 | 6,13 | 0,1624 | 4,41 | 26,67 |
| 5 | 7,2 | 33,2 | 59,6 | Arcillosa | 28,85 | 1,91 | 110,51 | 8,024 | 5,69 | 0,1344 | 3,54 | 31,55 |
| X | 13,44 | 32,16 | 54,4 | | 25,88 | 1,93 | 94,13 | 8,349 | 5,87 | 0,1277 | 5,29 | 26,57 |
| Bosque Palmar muy denso | | | | | | | | | | | | |
| B | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 31,2 | 22 | 46,8 | Arcillosa | 39,21 | 1,77 | 100,1 | 9,894 | 5,81 | 0,1610 | 10,40 | 25,75 |
| 2 | 7,6 | 45,6 | 46,8 | Arcillo limosa | 35,78 | 1,91 | 118,5 | 12,146 | 5,49 | 0,1778 | 3,45 | 22,70 |
| 3 | 5,2 | 31,2 | 63,6 | Arcillosa | 42,42 | 1,50 | 105,2 | 9,370 | 5,84 | 0,1022 | 4,81 | 15,90 |
| 4 | 11,6 | 30,8 | 57,6 | Arcillosa | 61,11 | 1,71 | 85,21 | 8,480 | 5,68 | 0,1344 | 4,96 | 17,22 |
| 5 | 5,2 | 43,2 | 51,6 | Arcillo limosa | 58,60 | 1,77 | 97,81 | 7,123 | 5,53 | 0,1358 | 5,49 | 18,95 |
| X | 12,16 | 30,56 | 57,28 | | 47,39 | 1,73 | 101,37 | 9,403 | 5,67 | 0,1422 | 5,82 | 20,10 |
| Bosque manglar | | | | | | | | | | | | |
| C | (%) Arena | (%) Limo | (%) Arcilla | Clase Textural | (mm) Humedad | (g/ml) DR | (mm) CAA | (%) MO | pH | (%) N | (mg/Kg) P | (mg/Kg) S |
| 1 | 0,4 | 52,8 | 46,8 | Arcillo Limosa | 86,67 | 1,66 | 71,91 | 10,55 | 5,97 | 0,0602 | 4,61 | 11,09 |
| 2 | 5,6 | 48,8 | 45,6 | Arcillo Limosa | 56,79 | 1,66 | 76,71 | 10,07 | 5,88 | 0,1190 | 4,62 | 22,74 |
| 3 | 9,2 | 38,4 | 52,4 | Arcillo limosa | 93,41 | 1,92 | 72,11 | 10,48 | 5,82 | 0,0910 | 6,14 | 11,97 |
| 4 | 6,4 | 41,2 | 52,4 | Arcillo Limosa | 61,95 | 1,92 | 78,81 | 10,58 | 5,64 | 0,1344 | 5,40 | 10,04 |
| 5 | 13,2 | 35,2 | 51,6 | Arcillosa | 112,24 | 1,85 | 75,61 | 9,92 | 5,51 | 0,1358 | 5,32 | 15,66 |
| X | 6,96 | 43,28 | 49,76 | | 82,21 | 1,80 | 75,03 | 10,32 | 5,764 | 0,1081 | 5,22 | 14,30 |

Donde: MO = Materia orgánica; DR = Densidad real; CAA = Capacidad de almacenamiento de agua; N= Nitrógeno; P = Fósforo; S = Azufre

Tabla 51. Diferencia de medias entre las características composicionales (propiedades físicas y químicas) de las tres parcelas experimentales

| | | (%) | (%) | (%) | (mm) | (g/ml) | (mm) | (%) | pH | (%) | (mg/Kg) | (mg/Kg) | |
|-------------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|-----------|-----|-----------|--------|-----------|---------|----------|
| | | Arena | Limo | Arcilla | Humedad | DR | CAA | MO | | N | P | S | |
| 0 – 20 cm | | | | | | | | | | | | | |
| Zona | N | M | M | M | M | M | M | N | M | M | M | M | |
| BS | 5 | 9,84 a | 35,92 a | 54,24 a | 13,88 c | 1,78 a | 78,95 a | 5 | 7,020 b | 5,76 a | 0,1215b | 4,53 a | 24,46 a |
| BPMD | 5 | 7,44 a | 42,48 a | 50,08 a | 44,26 b | 1,67 a | 81,37 a | 5 | 16,50 a | 6,02 a | 0,1733 a | 4,84 a | 19,91 b |
| BM | 5 | 9,76 a | 39,84 a | 50,04 a | 72,75 a | 1,80 a | 62,83 b | 5 | 10,00 b | 6,03 a | 0,1308 ab | 5,10 a | 10,20 c |
| 20 – 40 cm | | | | | | | | | | | | | |
| Zona | N | M | M | M | M | M | M | N | M | M | M | M | |
| BS | 5 | 13,44 a | 32,16 b | 54,4 a | 25,88 c | 1,93 a | 94,13 a b | 5 | 8,349 a b | 5,87 a | 0,1277 a | 5,29 a | 26,57 a |
| BPMD | 5 | 12,16 a | 30,56 b | 57,28 a | 47,39 b | 1,73 a | 101,37 a | 5 | 9,403 a b | 5,67 a | 0,1422 a | 5,82 a | 20,10 ab |
| BM | 5 | 6,96 a | 43,28 a | 49,76 a | 82,21 a | 1,80 a | 75,03 b | 5 | 10,32 a | 5,76 a | 0,1081 a | 5,20 a | 14,30 b |

Donde: DR= Densidad Real; CAA= Capacidad de almacenamiento de agua; BS= Bosque seco; BPMD= Bosque palmar muy denso; BM= Bosque manglar; MO= Materia orgánica; N= Nitrógeno; P= Fósforo. S= Azufre; N= Número de muestras de la población de estudio; M= Media *Las medias con una letra común no son significativamente diferentes p (0,05) *

Vera, 2022


 AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL ÁREA NACIONAL DE RECREACIÓN ISLA
SANTAY E ISLA GALLO No. 0006

1. ANTECEDENTES

Según lo estipulado en el Código Orgánico del Ambiente, publicado registro Oficial Suplemento 983 de 12 de abril del 2017, en su Libro segundo; del "Patrimonio natural" Título I; "De la conservación de la biodiversidad" Artículo 30, literal 8: *"[...] Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son: promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioc conocimiento [...]"*.

Además de lo descrito en el Capítulo VIII "Otros instrumentos de gestión y control", en su Artículo 133: *"[...] Investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal. La Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, la Autoridad Única del Agua y la Autoridad Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Saberes Ancestrales identificarán y propondrán iniciativas para la investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico y extensión forestal en base a sus competencias. [...]"*.

Por lo expuesto, mediante lo establecido en el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, del 12 de junio de 2019, en su Capítulo IX, Investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico, en su artículo 367: *"[...] Investigaciones en áreas de competencia de la Autoridad Ambiental Nacional. Toda investigación o estudio que implique colección de especímenes o elementos de la flora y la fauna silvestres, obtención de datos e información de campo dentro del Patrimonio Forestal Nacional, Sistema Nacional de Áreas Protegidas o Áreas de Conservación, y las que se ejecuten utilizando recursos biológicos, requerirán autorización administrativa de la autoridad competente, conforme lo establecido en el Código Orgánico de la Economía Social, Conocimientos, Creatividad e Innovación y en el Código Orgánico del Ambiente. [...]"*.

Además de acuerdo a lo estipulado en del Plan de Manejo del área protegida del año 2011, en donde se establece como objetivo básico de manejo: *"[...] Fomentar la educación, comunicación e interpretación ambiental, la investigación científica y la integración del hombre en el uso de bienes y servicios de sistemas naturales. [...]"*.

Mediante oficio s/n de fecha 13 de septiembre de 2021, la señora **Vera Segura Tatiana Patricia**, solicita al Bija. José Andrés Murán Cedeño en calidad de Administrador de Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Área Nacional de Recreación Isla Santay e Isla Gallo como representante del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica en el área protegida, *"[...] me autorice el ingreso Al Área Nacional De Recreación Isla Santay con fines investigativos para el desarrollo del proyecto de tesis titulado: "CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY". [...]"*



2. AUTORIZACION

Por lo antes expuesto y una vez analizada la información solicitada; previa autorización; se establece la siguiente:

Entregar la presente autorización de investigación científica en el Área Nacional de Recreación Isla Santay e Isla Gallo a la señora Vera Segura Tatiana Patricia con cédula de identidad No. 0942354293 respectivamente, perteneciente a la Universidad Agraria del Ecuador, para la realización del proyecto de investigación "CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS SUELOS ASOCIADOS A LAS COMUNIDADES VEGETALES PRESENTES EN EL HUMEDAL RAMSAR ISLA SANTAY"; dentro del Área Nacional de Recreación Isla Santay e Isla Gallo.

3. DURACIÓN DEL PROYECTO

La presente autorización tiene vigencia de un año a partir de la emisión de la presente autorización de investigación, pudiéndose solicitar prórroga s/o renovación de la misma mediante una nueva solicitud, previa cumplimiento de las obligaciones contraídas por el solicitante e investigadores.

4. COMPONENTES AUTORIZADOS DENTRO DE LA INVESTIGACIÓN

Evaluar las características físicas - químicas de los suelos asociados a las comunidades vegetales presentes en el humedal Ramsar Isla Santay, mediante procedimientos de campo y laboratorio, determinando así la relación existente entre suelo y vegetación.

Aplicar la metodología descrita el apartado 3.2.4.2 del presente anteproyecto de investigación, entregado previamente con la solicitud de autorización.

5. RESPONSABILIDADES QUE DEBEN CUMPLIR TODOS LOS INVESTIGADORES

1. Entregar al Área Nacional de Recreación Isla Santay e Isla Gallo, dos copias de los resultados finales de la investigación en Castellano, impreso y digital en formato PDF.
2. Cualquier cambio o modificación en función del tiempo, área o método deberá ser comunicado anticipadamente a la presente autoridad ambiental.
3. Todo uso indebido de esta autorización, así como el incumplimiento de aspectos legales, administrativos o técnicos establecidos en la misma serán sancionados de acuerdo con el Código Orgánico Ambiental (COA), y al Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria y el Código Orgánico Integral Penal (COIP).
4. Se podrá solicitar prórroga quince días antes de la fecha de vencimiento que indica este documento en el cual deberá justificarse la razón de la prórroga.
5. El registro de la localización exacta de los especímenes observados, así como el escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

6. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica podrá utilizar la información generada con fines, técnicos, científicos y educativos, no con fines lucrativos.

7. El investigador identificado será responsable de cumplir con las exigencias descritas en el actual permiso de investigación para lo cual, y de acuerdo a lo detallado el proyecto de investigación durará desde el 13 de septiembre del 2021 hasta el 13 de septiembre del 2022, tiempo en que los resultados deberán ser entregados.

8. Esta autorización no habilita la recolección, movilización, ni exportación de muestras de flora o fauna, microorganismos, hongos, o material genético.

9. Se prohíbe el ingreso a las Áreas Naturales del Estado portando armas, explosivos, tóxicos, contaminantes, especies vegetales, material vegetativo, especies animales y en general todo aquello que atente a la integridad del área.



JOSÉ ANDRÉS
MORÁN CEDAÑO

JOSÉ ANDRÉS MORÁN CEDAÑO
Administrador De Áreas Protegidas Y Vida Silvestre
Área Nacional De Recreación Isla Santay E Isla Galle
Ministerio Del Ambiente, Agua Y Transición Ecológica